รายงานการวิจัย

โครงการเชื่อมโยงอุตสาหกรรมของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

กรอบการออกแบบระบบการผลิตอย่างรวดเร็ว สำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม
Rapid Manufacturing System Design Framework for SMEs

โดย

ปวีณา เชาวลิตวงศ์

นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี

ภูมิ เหลืองจามีกร

สุรพงษ์ ศิริกุลวัฒนา

ทุนวิจัยร่วมภาครัฐกับภาคเอกชนปี 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ

มีนาคม 2561

กิตติกรรมประกาศ

การดำเนินการโครงการวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์ด้านงบประมาณจากงบประมาณแผ่นดินจากเงินอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ 2560 ผลผลิตเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีโครงการวิจัยร่วมภาครัฐกับภาคเอกชน และความอนุเคราะห์จากผู้ประกอบการและเจ้าหน้าที่ทุกท่านในอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์โครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ อันได้แก่ ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะขาม ผลิตภัณฑ์ประเภทพริกแกง ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้โลหะผสม ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาและผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกาย พร้อมทั้งได้เล็งเห็นถึงความสำคัญและประโยชน์ของโครงการต่อภาคการผลิตของประเทศ พร้อมทั้งให้การสนับสนุนและเสียสละเวลาอันมีค่าในการให้ข้อมูลและแสดงความคิดเห็น จนเป็นผลให้โครงการนี้สามารถดำเนินการวิจัยได้อย่างราบรื่น และผลงานวิจัยได้รับการพัฒนาและปรับปรุงจนเกิดเป็นกรอบการออกแบบระบบการผลิตที่มีคุณค่าทั้งในเชิงวิชาการและในเชิงการนำไปใช้งานจริง

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณ หน่วยงานของคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้พิจารณาเห็นความสำคัญและประโยชน์ของโครงการนี้ โดยให้การสนับสนุนด้านในการดำเนินงานต่างๆจนทำให้ โครงการนี้สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์โดยสมบูรณ์ และเกิดสัมฤทธิผลเป็นอย่างดีในที่สุด

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

ระบบการผลิตมีความสำคัญต่อความสามารถต่อการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ โดยที่ระบบการผลิตเป็นการทำงานร่วมกันขององค์ประกอบต่างๆ ทั้งปัจจัยการผลิตเชิงกายภาพและการบริหารจัดการ เช่น เครื่องจักร อุปกรณ์ แรงงาน เส้นทางการไหลของพัสดุในระบบการผลิต เป็นต้น นอกจากนี้ เมื่อต้องมีการออกแบบระบบการผลิต ก็ต้องคำนึงถึงข้อมูลแวดล้อมและธรรมชาติต่างๆ ที่เกี่ยวกับการผลิต เช่น ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต กระบวนการจัดส่ง เป็นต้น เนื่องด้วยเงื่อนไขและข้อจำกัดต่างๆ ที่หลากหลายในทางปฏิบัติ อีกทั้งข้อจำกัดด้านองค์ความรู้ของการออกแบบระบบการผลิต ที่ยังแบ่งออกเป็นส่วนๆ จึงทำให้การออกแบบระบบการผลิตที่นั้นมีความยุ่งยาก ซับซ้อน และต้องพึงพาประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญเป็นสำคัญ จึงก่อให้ค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงในการออกแบบระบบการผลิตที่ดีและมีประสิทธิภาพ ซึ่งทำให้ผู้ประกอบการด้านการผลิตบางรายเท่านั้นที่สามารถมีระบบการผลิตที่ดีได้ ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอกรอบวิธีคิดในการออกแบบอย่างรวดเร็วสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม กรอบวิธีคิดที่นำเสนอนี้จะช่วยให้ผู้ออกแบบระบบการผลิตมีแนวคิดและขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นระบบเพื่อให้สามารถออกแบบระบบการผลิตได้อย่างรวดเร็วและได้ประสิทธิผล ซึ่งจะเป็นการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ กรอบวิธีคิดนี้ยังสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในกรณีที่ต้องการสร้างระบบการผลิตขึ้นมาใหม่ หรือกรณีมีต้องการปรับปรุงระบบการผลิตที่มีอยู่แล้ว

กรอบความคิดในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบในระบบการผลิต โครงสร้างข้อมูลในการออกแบบ หลักการออกแบบระบบการผลิตแต่ละส่วน ได้แก่ ผลลัพธ์ที่ต้องได้จากการออกแบบ ข้อมูลนำเข้า ตัวแปรที่ต้องพิจารณาและหลักการตัดสินใจ ความสัมพันธ์ระหว่างการออกแบบแต่ละส่วน รวมทั้งตัวชี้วัดสำหรับควบคุมทิศทางการออกแบบให้ตรงตามจุดประสงค์ของการออกแบบระบบการผลิต โดยงานวิจัยนี้เกิดจากการศึกษาการออกแบบอุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นจริง และการศึกษาหลักการการออกแบบระบบการผลิตของงานวิจัยต่างๆ นำมาวิเคราะห์ผ่านการแยกย่อยความต้องการ (Requirements Decomposition) ซึ่งสามารถสร้างเป็นกรอบการออกแบบระบบการผลิตในรูปแบบของคำอธิบายผ่านแผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram, DFD) และนำไปสู่การสร้างระบบสนับสนุน เพื่อใช้ออกแบบระบบการผลิตได้อย่างมีประสิทธิผล ผลลัพธ์จากงานนี้ ถูกประเมินการใช้งานผ่านการนำเสนอกรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้กับผู้ใช้งานทั้งสองฝ่าย คือ ผู้เชี่ยวชาญการออกแบบระบบการผลิต และผู้ประกอบการ SMEs เพื่อให้มั่นใจว่าผลลัพธ์มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานต่อไป

Abstract

To satisfy customer needs as effectively and efficiently as possible, a good manufacturing system is vital. A manufacturing system is a collection of integrated resources, both tangible and intangible, such as machines, tools, human resources, production routing etc. working together to achieve a common goal or a deliverable. Its design is both challenging and comprehensive, requiring a complete understanding of the manufacturing system characteristics including the characteristic of the product, manufacturing process and transportation systems. Additionally, cohesive integration of knowledge from various fields is often a prerequisite to such manufacturing system design. Needless to say, designing an efficient manufacturing system is a complex endeavor.

In most cases, the design of a manufacturing system requires the support and supervision of a manufacturing expert due to its complex nature. The design of an efficient manufacturing system is costly and time-consuming. With such impediments, not all manufacturers can afford to implement an efficient manufacturing system.

In catering to the Small and Medium-sized Enterprises (SMEs), whose monetary resources and time are limited, the proposed framework in this research report has been developed to allow for a rapid designing of the manufacturing system. This framework provides systematic processes and steps to achieve an efficient manufacturing system design at low cost and in short time. Additionally, this framework is developed to be applicable to both new and existing manufacturing systems.

The framework comprises of an analysis of the manufacturing system components, data structure and design components (e.g., inputs, outputs, decision variables, decision criterion, relationships between the components and their performance indicators). The research is performed in multiple steps. First, we study the manufacturing system design process both in theoretical and practical contexts. Then, we analyze all the related information and manufacturing system components. All requirements are decomposed and the manufacturing system design framework is then developed. The Data Flow Diagrams (DFDs) are used to graphically illustrate components and the flow of information in the system. Once components and flows are identified, the supporting system is designed. To validate and verify our design for practicality and ease of use, we would subject our framework to experimentation by both experts and enterprises.

สารบัญ

1 ข้อมูลเบื้องต้นของโครงการ 1

1.1 ชื่อโครงการวิจัยและชื่องานวิจัย 1

1.2 ที่มาและความสำคัญ 1

1.3 ปัญหางานวิจัย 4

1.4 วัตถุประสงค์งานวิจัย 5

1.5 งบประมาณดำเนินโครงการ 6

1.6 ขอบเขตของงานวิจัย 6

1.7 สมมติฐานของงานวิจัย 8

1.8 นิยามคำศัพท์ในงานวิจัย 9

1.9 ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย 11

1.10 รายนามผู้วิจัย 11

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 12

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

2.3 สรุปทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 24

3 การออกแบบระบบการผลิต 29

3.1 การสำรวจและศึกษารวบรวมข้อมูลระบบการผลิตในภาคปฏิบัติ 29

3.2 นิยามของระบบการผลิต 39

3.3 องค์ประกอบของระบบการผลิต 44

3.4 หลักการออกแบบระบบการผลิต 49

3.5 มิติชี้วัดของระบบการผลิต 59

3.6 กรอบการออกแบบระบบการผลิต 65

4 ส่วนสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต 70
4.1 โครงสร้างข้อมูลสำหรับฐานข้อมูล 70
4.2 ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน 88
5 การทดลองใช้งานกับกรณีศึกษา 102
5.1 การควบคุม 102
5.2 การออกแบบและการประเมิน 104
5.3 การสรุปผล 109
6 การประเมินผลการใช้งาน 111
6.1 วิธีการประเมินผล 111
6.2 ผลการประเมิน และข้อเสนอแนะ 113
6.3 สรุปผลการประเมิน 114
7 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ 115
7.1 สรุปงานนำส่ง 115
7.2 สรุปผลการสร้างกรอบการออกแบบระบบการผลิต 121
7.3 ข้อเสนอแนะ 122
เอกสารอ้างอิง 123
ภาคผนวก 129

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: ขอบเขตงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบระบบการผลิต 26

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: ขอบเขตงานวิจัยเกี่ยวกับระบบสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต..... 27

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบระหว่าง นโยบายทำแค่หนึ่งกระบวนการผลิตต่อวัน กับ นโยบายทำทุกกระบวนการผลิตต่อวันด้านกำลังการผลิต 35

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่าง นโยบายทำแค่หนึ่งกระบวนการผลิตต่อวัน กับ นโยบายทำทุกกระบวนการผลิตต่อวัน ด้านเส้นทางการผลิต 35

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบระหว่าง นโยบายทำแค่หนึ่งกระบวนการผลิตต่อวัน กับ นโยบายทำทุกกระบวนการผลิตต่อวัน ด้านการจัดเก็บพัสดุคงคลัง 36

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: นิยามของระบบการผลิต..... 43

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: องค์ประกอบของระบบการผลิต 46

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: หลักการออกแบบระบบการผลิต 51

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: การออกแบบกำลังการผลิต 53

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: การออกแบบเส้นทางการผลิต 55

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง 57

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: มิติชี้วัด 61

ตารางที่ 13 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Project Class ได้ 77

ตารางที่ 14 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Criteria Class ได้ 78

ตารางที่ 15 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Item Class ได้..... 79

ตารางที่ 16 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Input and Output Class ได้..... 80

ตารางที่ 17 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Process Class ได้ 81

ตารางที่ 18 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Resource Class ได้ 83

ตารางที่ 19 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Setup Class ได้ 84
ตารางที่ 20 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Selected Resource Class ได้.. 85
ตารางที่ 21 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Workstation Class ได้ 86
ตารางที่ 22 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Path Class ได้..... 87
ตารางที่ 23 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Stock point Class ได้ 88
ตารางที่ 24 ตัวแปรออกแบบ และองค์ประกอบ ที่เกี่ยวข้องกับส่วนการออกแบบกำลังการผลิต ... 117
ตารางที่ 25 ตัวแปรออกแบบ และองค์ประกอบ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเส้นทางการผลิต 117
ตารางที่ 26 ตัวแปรออกแบบ และองค์ประกอบ ที่เกี่ยวข้องกับส่วนการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง 118
ตารางที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละส่วนการออกแบบระบบการผลิต..... 118

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1 กราฟแสดงร้อยละที่เกิดจากภาคการผลิตต่อ GDP รวมของประเทศไทย 3
รูปที่ 2 กรอบการออกแบบระบบการผลิต 5
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ภายในระบบ 12
รูปที่ 4 โครงสร้างที่เกิดขึ้นภายในส่วนประกอบ 13
รูปที่ 5 ตัวอย่างการทำ Requirements Decomposition 14
รูปที่ 6 ตำแหน่งของ Manufacturing ใน Supply Chain 15
รูปที่ 7 โครงสร้างของระบบสารสนเทศ 16
รูปที่ 8 สัญลักษณ์แทนการประมวลผล 16
รูปที่ 9 สัญลักษณ์แทนกระแสข้อมูล 17
รูปที่ 10 สัญลักษณ์แทนแหล่งเก็บข้อมูล 17
รูปที่ 11 สัญลักษณ์แทนสิ่งที่อยู่นอกระบบ 17
รูปที่ 12 ตัวอย่างการเขียน DFD ในระดับสูงสุดและระดับรายละเอียด 18
รูปที่ 13 การอธิบายขั้นตอนการการแก้ไขข้อมูลด้วยผังงานระบบ 19
รูปที่ 14 ตัวอย่างฟอร์มการนัดสัมภาษณ์ 20
รูปที่ 15 ตัวอย่างฟอร์มบันทึกการสัมภาษณ์ 21
รูปที่ 16 ตัวอย่าง Business Model Canvas พร้อมคำอธิบายแนวทางการใส่ข้อมูล 24
รูปที่ 17 แบบจำลองอุตสาหกรรมการผลิตที่ไม่เป็นระบบ 40
รูปที่ 18 แบบจำลองอุตสาหกรรมการผลิตที่เป็นระบบ 41
รูปที่ 19 พีระมิดแสดงระดับขั้นของระบบอุตสาหกรรม 42
รูปที่ 20 แนวทางการนำเสนองานวิจัย 44
รูปที่ 21 แบบจำลองระบบการผลิตตัวอย่าง 47
รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนการออกแบบระบบการผลิต 58

รูปที่ 23 สรุปภาพรวมในการออกแบบ 59
รูปที่ 24 กรอบการออกแบบระบบการผลิต 66
รูปที่ 25 Conceptual Class Diagram แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล 76
รูปที่ 26 ตัวอย่างข้อมูลที่เกิดจาก Item Input & Output และ Process Class 82
รูปที่ 27 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมหน้าแรก 90
รูปที่ 28 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมสำหรับผู้ประกอบการผู้ประกอบการ 92
รูปที่ 29 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมสำหรับผู้ออกแบบระบบการผลิต 94
รูปที่ 30 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไป 95
รูปที่ 31 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า ส่วนที่ 2: เป้าหมาย 96
รูปที่ 32 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า ส่วนที่ 3: ชิ้นงาน 96
รูปที่ 33 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า ส่วนที่ 4: กระบวนการ 97
รูปที่ 34 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า ส่วนที่ 5: ทรัพยากรการผลิต 97
รูปที่ 35 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า ส่วนขยายของส่วนที่ 5: ทรัพยากรการผลิต –เวลาปรับตั้ง 97
รูปที่ 36 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 1: สรุปภาพรวม 98
รูปที่ 37 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต 98
รูปที่ 38 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต 98
รูปที่ 39 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 2: การประเมินผลตามเกณฑ์ (ส่วนที่ 2.1: ผลการประเมินแบบที่ 1 และผลการประเมินแบบที่ 2) 99
รูปที่ 40 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 2: การประเมินผลตามเกณฑ์ (ส่วนที่ 2.2: ความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการสินค้า) 99
รูปที่ 41 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 3: หน้าที่ของแต่ละสถานีงาน 99
รูปที่ 42 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 4: ขีดจำกัดในการปรับตั้ง 100
รูปที่ 43 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 5: จุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง 100

รูปที่ 44 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 6.1: แผนผังระบบการผลิตโดยรวม 100
รูปที่ 45 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 6.2: แผนผังระบบการผลิตแบ่งตามผลิตภัณฑ์ 101
รูปที่ 46 คำตอบของการออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 1 105
รูปที่ 47 คำตอบของการออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 2 106
รูปที่ 48 คำตอบของการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง รอบที่ 1 107
รูปที่ 49 คำตอบของการออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 3 107
รูปที่ 50 คำตอบของการออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 4 108
รูปที่ 51 คำตอบของการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง รอบที่ 2 109
รูปที่ 52 สัญลักษณ์แทนทรัพยากรการผลิต 115
รูปที่ 53 สัญลักษณ์แทนสถานีงาน 116
รูปที่ 54 สัญลักษณ์แทนเส้นทางการผลิต 116
รูปที่ 55 สัญลักษณ์แทนจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง 116
รูปที่ 56 สัญลักษณ์แทนกลุ่มการผลิต 117
รูปที่ 57 มิติชี้วัดทั้ง 4 ด้าน แสดงถึงระบบการผลิตที่ดี 119

1 ข้อมูลเบื้องต้นของโครงการ

1.1 ชื่อโครงการวิจัยและชื่องานวิจัย

- โครงการเชื่อมโยงอุตสาหกรรมของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ระยะที่ 6 ปีที่ 1 (พ.ศ. 2560-2562)
- “กรอบการออกแบบระบบการผลิตอย่างรวดเร็ว สำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม” (Rapid Manufacturing System Design Framework for SMEs)

1.2 ที่มาและความสำคัญ

วิสาหกิจขนาดกลางกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises: SMEs) ในอุตสาหกรรมการผลิตถือเป็นกลุ่มที่มีความสำคัญต่อประเทศเป็นอย่างมาก จากรายงานสถานการณ์วิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ปี 2559 (สสว. 2559) พบว่าสัดส่วนผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) ของภาคการผลิตจากกลุ่มผู้ประกอบการที่มีขนาดกลางและขนาดย่อมในปี พ.ศ. 2558 รวมกันคิดเป็น 9.06 เปอร์เซ็นต์ โดยผู้ประกอบการที่อยู่ในกลุ่มนี้มีปริมาณมากถึง 504,567 ราย หรือคิดเป็นร้อยละ 99.47 ของผู้ประกอบการในภาคการผลิตทั้งหมด

จากข้อมูลของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 12 ปีพ.ศ.2560-2564 พบว่าภาคการผลิตของประเทศไทยกำลังจะเผชิญกับภาวะการแข่งขันที่สูงขึ้น และการเปลี่ยนแปลงของอุปสงค์และอุปทานที่รวดเร็วและหลากหลายมากขึ้น ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การสื่อสาร และการขนส่ง ส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนทั้งทางวัตถุและข้อมูลอย่างกว้างขวางและรวดเร็ว และทำให้ภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา แผนการพัฒนาในโมเดลประเทศไทย 4.0 จึงมุ่งเปลี่ยนการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยการพัฒนาประสิทธิภาพเป็นการขับเคลื่อนเทคโนโลยี และนวัตกรรม โดยมีสนับสนุนให้พัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมแบบเดิมให้มีศักยภาพสูงมากขึ้น ต่อยอดอุตสาหกรรมเดิม (First S-Curve) และส่งเสริมอุตสาหกรรมอนาคต (New S-Curve) ได้แก่ (1) กลุ่มเกษตรแปรรูป อาหาร และเทคโนโลยีชีวภาพ (2) กลุ่มสาธารณสุข สุขภาพ และเทคโนโลยีทางการแพทย์ (3) กลุ่มเครื่องกลที่ใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ควบคุม อุปกรณ์อัจฉริยะ และหุ่นยนต์ (4) กลุ่มดิจิทัล (5) กลุ่มอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ ทุนวัฒนธรรมและบริการที่มีมูลค่าสูง ซึ่งจะส่งผลให้สภาวะการแข่งขันในตลาดจะทวีความรุนแรงขึ้น (กระทรวงอุตสาหกรรม 2559)

ผู้ผลิตจะสามารถตอบสนองความต้องการได้อย่างรวดเร็ว และสามารถปรับตัวให้ทันกับความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างรวดเร็วได้หรือไม่นั้น ระบบการผลิตของโรงงานเป็นพื้นฐานที่สำคัญมาก เนื่องจากระบบการผลิตเป็นกลไกสำคัญที่ก่อให้เกิดกระบวนการผลิตและผลผลิตขึ้น โดยระบบการผลิตยังเป็นเงื่อนไขและข้อจำกัดสำหรับการวางแผนการผลิตทั้งในระยะยาว กลาง และสั้น รวมทั้งการจัดตารางการทำงานของคนงานและเครื่องจักรในลำดับถัดไป ระบบการผลิตที่ดีจะทำให้สามารถวางแผนการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถวางแผนการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดได้อย่างคุ้มค่า โดยผลลัพธ์เหล่านี้จะส่งผลให้ผู้ประกอบการมีความสามารถในการแข่งขันกับคู่แข่งอื่นๆในตลาดได้

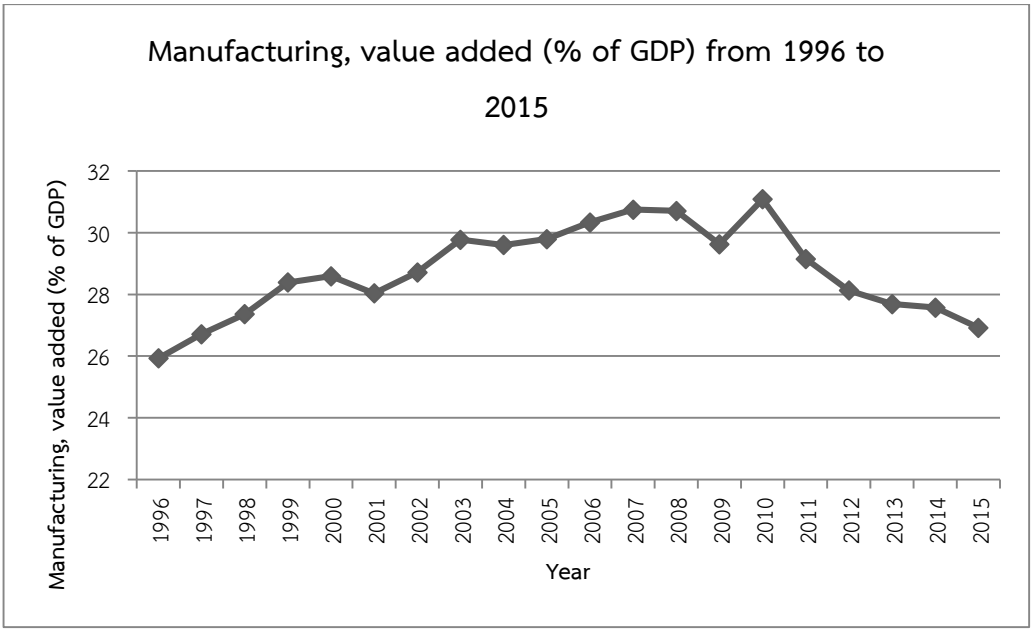
การออกแบบระบบการผลิตที่ดีต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก และต้องมีการตัดสินใจในหลายมุมมองที่มีความซับซ้อนและส่งผลกระทบต่อกันได้ ดังตัวอย่างเช่น การพิจารณาปัจจัยการผลิตสำหรับการทำโดนัท ซึ่งกรรมวิธีการผลิตโดยทั่วไปจะประกอบด้วยการจัดเตรียมวัตถุดิบ การผสมวัตถุดิบให้เข้ากันเป็นก้อนแป้ง การกดขึ้นรูปให้เป็นโดนัท การทอดแป้งโดนัท และสุดท้ายเป็นการตกแต่งตัวโดนัท เมื่อพูดถึงระบบการผลิตสำหรับโดนัท ระบบการผลิตย่อมมีความแตกต่างกันตามวัตถุประสงค์ของการผลิต ระหว่างการผลิตเพื่อทานในครัวเรือน การผลิตเพื่อจำหน่ายในร้านเบเกอรี่ หรือการผลิตเป็นอุตสาหกรรมเพื่อขายในซุปเปอร์มาร์เกต ถึงแม้ว่าทุกระบบจะได้โดนัทออกมาเหมือนกัน แต่รูปแบบของระบบการผลิตย่อมแตกต่างกัน นั่นหมายถึงวิธีการผลิต (Method) ที่เลือกใช้ต่างกัน จึงทำให้เครื่องจักร/อุปกรณ์ (Machine) แรงงาน (Man) รูปแบบของวัตถุดิบ (Material) ที่ใช้ต่างกัน และนั่นย่อมส่งผลต่อรูปแบบการบริหารจัดการการผลิต (Management) แตกต่างกันตามไปด้วย ซึ่งสุดท้ายแล้วจะทำให้ประสิทธิภาพการผลิต ต้นทุน และความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการก็ขึ้นกับระบบการผลิตที่ออกแบบมา จะสังเกตได้ว่า กระบวนการออกแบบระบบการผลิต จึงไม่ได้มีขอบเขตอยู่แค่รู้ขั้นตอนการผลิตของสินค้าที่ต้องการผลิต แต่ต้องมีการรวบรวมข้อมูลอื่นๆ ที่สำคัญต่อการผลิตและมีการตัดสินใจในประเด็นต่างๆระหว่างการออกแบบ เช่น การเลือกเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ให้เหมาะสมกับการผลิตในแต่ละขั้นตอน การกำหนดจำนวนเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ให้เหมาะสมกับความต้องการของลูกค้าหรือกำลังการผลิตที่ต้องการจะให้มี การกำหนดเส้นทางการไหลของแต่ละวัตถุดิบในสายการผลิตให้เหมาะกับทรัพยากรที่มี การกำหนดนโยบายการผลิตเพื่อสั่งการผลิตได้อย่างเหมาะสม และการกำหนดจุดพักสินค้าระหว่างสายการผลิตเพื่อให้สามารถรองรับความต้องการของลูกค้าที่หลากหลายได้ เป็นต้น

การคิดวิเคราะห์และออกแบบระบบการผลิตให้ครอบคลุมประเด็นที่เกี่ยวข้องอย่างเพียงพอ โดยเชื่อมโยงความสัมพันธ์ทั้งหมดเข้าด้วยกันนั้น ทำได้ยากและต้องใช้เวลา หรือต้องอาศัยผู้มีความรู้ความสามารถซึ่งอาจจะจำกัดอยู่ในแวดวงวิชาการ หรือผู้ที่มีประสบการณ์จากภาคอุตสาหกรรม ซึ่งไม่สอดคล้องกับบริบทของความต้องการการผลิตที่เปลี่ยนไป คืออายุผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสั้นลงเรื่อยๆ ซึ่งเกิดจากการแข่งขันที่จะตอบสนองผู้บริโภครุนแรงขึ้นเรื่อยๆ จึงทำให้กระบวนการผลิตต้องมีการปรับเปลี่ยนบ่อยครั้ง

ผู้ประกอบการจะสามารถวิเคราะห์และออกแบบระบบการผลิตได้ง่ายขึ้นและได้ระบบการผลิตที่เหมาะสมกับตนเองได้เมื่อทราบว่าองค์ประกอบของระบบการผลิตที่ควรพิจารณามีอะไรบ้าง ข้อมูลไหนที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์และออกแบบระบบการผลิตบ้าง ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์และออกแบบระบบการผลิตทำอย่างไร และสุดท้ายจะประเมินระบบการผลิตที่เป็นอยู่หรือที่ออกแบบได้อย่างไร โดยมุมมองการพิจารณาควรจะครอบคลุมในหลายประเด็นเช่น ความสามารถการผลิต ความยืดหยุ่นการผลิต เป็นต้น ถ้าผู้ประกอบการทราบข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจะช่วยทำให้ผู้ประกอบการสามารถวิเคราะห์และออกแบบระบบการผลิตที่เหมาะสมกับตนเองได้ง่าย ครอบคลุม และเป็นระบบมากขึ้น

สถิติจาก The World Bank (2015) เผยว่ารายได้จากภาคการผลิตของประเทศไทยมีผลอย่างมากต่อค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) เห็นได้จากรูปที่ 1 โดยที่ร้อยละ GDP ตามข้อมูลของสำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (สสว. 2559) ยัง

พบว่ากลุ่มผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อม (Small and Medium Enterprises: SMEs) มีส่วนในการขับเคลื่อนร้อยละ GDP ของภาคการผลิต นอกจากนี้จำนวนผู้ประกอบการ SMEs ยังมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นทุกปี ความต้องการลูกค้าที่หลากหลายและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทำให้ผู้ประกอบการต้องพัฒนาระบบการผลิตใหม่อยู่เสมอเพื่อตอบสนองให้เท่าทัน



รูปที่ 1 กราฟแสดงร้อยละที่เกิดจากภาคการผลิตต่อ GDP รวมของประเทศไทย ตั้งแต่ ค.ศ. 1996 ถึง 2015

การออกแบบระบบการผลิตต้องเหมาะกับสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ ไม่มีระบบใดที่เหมือนกันตั้งแต่ระดับกลุ่มอุตสาหกรรมที่ต่างกัน เช่น อุตสาหกรรมอาหารคำนึงถึงอายุการเก็บรักษา และอุตสาหกรรมยานยนต์มีการเปลี่ยนรุ่นการผลิตเสมอ รวมถึงระดับรายละเอียดของผู้ประกอบการที่มีข้อจำกัดส่วนตัว เช่น มีต้นทุนจำกัดในการสร้างระบบการผลิต การเลือกใช้เครื่องจักรได้เพียงบางรุ่น และมีความต้องการขยายกำลังการผลิต สถานการณ์เหล่านี้จะเกิดได้อย่างหลากหลาย ความต้องการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีลักษณะเฉพาะไปตามแต่ละระบบการผลิต ไม่สามารถนำวิธีของระบบการผลิตอื่นมาใช้ได้โดยสมบูรณ์ สถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปจะมีเป้าหมาย ข้อจำกัด และขอบเขตการใช้งานที่เปลี่ยนไป จะทำให้ระบบการผลิตต้องปรับตัวเพื่อรองรับสถานการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้น ผู้ประกอบการต้องเก็บข้อมูลใหม่ทุกครั้งซึ่งใช้เวลามากในการรวบรวม แต่ผู้ประกอบการ SMEs มักไม่ทราบว่าควรมีข้อมูลอะไรบ้างจึงจะเพียงพอ ข้อมูลเหล่านั้นจะมีบทบาท รูปแบบ และระดับรายละเอียดที่ต่างกัน หากผู้ประกอบการทราบข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบการผลิต จะทำให้กระบวนการรวบรวมข้อมูลสะดวกขึ้น

ระบบการผลิตมีส่วนประกอบที่จำเป็นมากมายและสามารถแบ่งได้หลายมุมมอง อาจแบ่งเป็นสองส่วนหลัก ส่วนที่หนึ่ง คือ ส่วนประกอบทางกายภาพ เช่น เครื่องจักร พื้นที่ และคนงาน ส่วนที่สอง

คือ ส่วนประกอบทางการบริหารจัดการ เช่น การจัดสายการผลิต นโยบายการผลิต และนโยบายจัดการพัสดุคงคลัง การออกแบบระบบการผลิตต้องตอบได้ว่าในระบบการผลิตควรมีส่วนประกอบอะไรบ้าง การออกแบบแต่ละส่วนประกอบมีความซับซ้อน ผลลัพธ์ส่งผลซึ่งกันและกัน ผู้ออกแบบควรทบทวนการออกแบบจนกว่าจะได้คำตอบที่ถูกต้องทุกส่วน โดยแต่ละส่วนทำงานสอดคล้องกัน การออกแบบระบบการผลิตต้องใช้เวลา และทรัพยากรเกี่ยวกับองค์ความรู้มากมาย จากกระบวนการเหล่านี้นั้นเอง เป็นสาเหตุให้ Karlsson (2008) ได้กล่าวไว้ในงานวิจัยว่า การออกแบบระบบการผลิตเป็นเรื่องยากสำหรับผู้ประกอบการ SMEs เนื่องจากข้อจำกัดด้านความรู้และประสบการณ์ ทำให้มักจะดำเนินการออกแบบไปอย่างลองผิดลองถูก หากมีวิธีการออกแบบที่เข้าใจได้ง่าย และมีหลักการออกแบบที่ถูกต้อง ก็จะช่วยให้ผู้ประกอบการ SMEs ออกแบบระบบการผลิตได้สะดวก ประหยัดเวลา และเหมาะสมกับการทำงานของ SMEs ทั้งนี้เมื่อรวมแนวทางการออกแบบระบบการผลิต เข้ากับหลักการออกแบบในแต่ละส่วน จะสามารถพัฒนาต่อเป็นโปรแกรมช่วยออกแบบระบบการผลิตที่ใช้ได้กว้างขวาง

1.3 ปัญหางานวิจัย

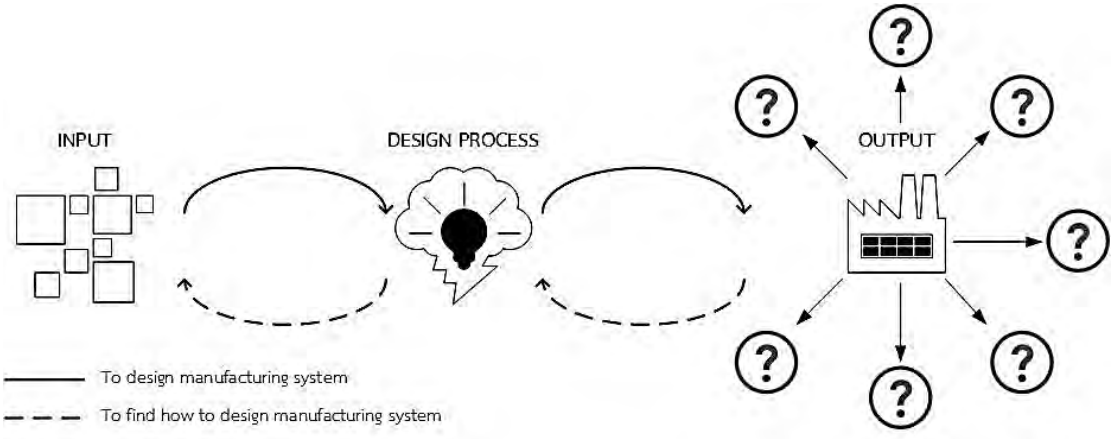
ส่วนประกอบที่ควรมีในระบบการผลิตสามารถแบ่งได้หลายมุมมอง ทั้งการแบ่งเป็นส่วนประกอบทางกายภาพและการจัดการ หรือการแบ่งตามแผนกในการทำงานจริง รายละเอียดของส่วนประกอบอาจแตกต่างกันด้วย จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าขอบเขตของระบบการผลิตมีผู้ให้นิยามไว้มากมาย บางแหล่งพิจารณาเพียงสายการผลิต บางแหล่งมองกว้างไปจนถึงระดับบริหารและบุคคล แต่ส่วนประกอบที่จำเป็นต้องมีเพื่อเกิดเป็นระบบการผลิตได้ควรมีอะไรบ้างยังเป็นสิ่งที่ควรทำการศึกษาอย่างละเอียด เพื่อให้ผู้ออกแบบระบบการผลิต สามารถสรุปได้ว่าการออกแบบระบบการผลิตนั้น ควรจะดำเนินการไปสู่ผลลัพธ์ใด ก็จะทำให้การออกแบบมีแนวทางที่ชัดเจนขึ้น

หลักการการออกแบบในแต่ละส่วนมีความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน เช่น การเลือกเครื่องจักรจะมีผลต่อความคล่องตัวในการจัดสายการผลิตที่จะทำต่อจากนี้ หากเลือกเครื่องจักรเพียงพอดีกำลังการผลิตก็จะทำให้ความคล่องตัวในการจัดการน้อยลงไป ดังนั้นการออกแบบทุกส่วนจะต้องทราบผลกระทบที่ส่วนนั้นมีต่อส่วนอื่น ต้องมีการรับส่งข้อมูลกันเพื่อปรับการออกแบบในแต่ละส่วนให้สอดคล้องกัน คำถามที่น่าสนใจคือ ในแต่ละส่วนมีหน้าที่ในการออกแบบหรือตัดสินใจอะไรบ้าง และส่วนใดจะต้องรับหรือส่งข้อมูลอะไรให้ส่วนใดบ้าง บางงานวิจัยวางแนวทางออกแบบไว้ตายตัวเพื่อให้ออกแบบตามได้ง่าย แต่ความซับซ้อนที่เกิดขึ้นจริงแสดงให้เห็นว่าลำดับการออกแบบไม่จำเป็นต้องตายตัวเสมอไป ทิศทางการออกแบบอาจปรับเปลี่ยนไปตามผลลัพธ์ระหว่างดำเนินการได้ นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาตัวชี้วัดที่ต่างกันไปในแต่ละระบบก็ยังส่งผลให้ ลำดับการออกแบบเปลี่ยนไปได้เช่นกัน กล่าวคือตัวชี้วัดนั้นๆ จะบอกได้ว่าควรจะปรับปรุงหรือออกแบบส่วนใดต่อไป ตัวอย่างเช่น หากระบบให้ความสำคัญต่อความคล่องตัวมาก แต่หลังจากทำการจัดสายการผลิตทุกรูปแบบแล้ว พบว่าเครื่องจักรที่เลือกมาก็ไม่สามารถจัดสายการผลิตได้ยืดหยุ่นพอกับค่าที่ตั้งไว้ อาจต้องกลับไปพิจารณาเลือกเครื่องจักรใหม่เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าการจะออกแบบได้แต่ละส่วนจะมีข้อมูลที่ต้องพิจารณาจำนวนมหาศาล มีข้อมูลที่ต้องส่งต่อกันอย่างซับซ้อน โดยก่อนหน้านั้นก็จะต้องรับข้อมูลตั้งต้นจากภายนอกเข้ามาด้วย การ

ออกแบบระบบการผลิตนั้น จะต้องทำการรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการ โดยจะต้องสามารถระบุว่าผู้ประกอบการจำเป็นต้องมีข้อมูลอะไรบ้างจึงจะเพียงพอต่อการออกแบบ ซึ่งโดยทั่วไปผู้ประกอบการมักมีรายละเอียดข้อมูลที่ต่างกันออกไป มีรูปแบบข้อมูลที่ต่างกันออกไป อย่างไรก็ดีการออกแบบหลังจากนั้นมีรูปแบบข้อมูลมาตรฐานที่ต้องใช้ ต้องอาศัยการแปลงจากข้อมูลดิบที่รวบรวมมาเป็นสารสนเทศที่จะเข้าสู่กระบวนการออกแบบได้ หากมีแนวทางการรวบรวมข้อมูลและรูปแบบข้อมูลที่จำเป็นต้องมี จะทำให้การรวบรวมข้อมูลง่ายขึ้น และสามารถนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปเป็นภาพกรอบการออกแบบระบบการผลิตได้ดังรูปที่ 2 การที่ผลลัพธ์สุดท้ายของระบบการผลิตเป็นได้หลากหลาย ไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน นั้นส่งผลต่อเนื่องให้วิธีออกแบบหลากหลาย เนื่องจากวิธีการออกแบบจะเปลี่ยนไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ต่างกัน ไม่มีวิธีที่ตายตัว และเมื่อวิธีการมีได้หลากหลาย ข้อมูลที่ใช้เพื่อวิธีการที่ต่างกันมีความหลากหลายไปด้วย ทำให้การรวบรวมข้อมูลไม่มีความแน่นอน จะเห็นได้ว่าการสร้างกรอบการดำเนินงานสำหรับออกแบบระบบการผลิตที่เป็นมาตรฐานเพื่อให้ได้ระบบการผลิตที่ดีนั้นเป็นเรื่องที่ซับซ้อน ความหลากหลาย และความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้น ตั้งแต่การตั้งเป้าหมาย จะมีผลต่อวิธีการออกแบบ จนถึงข้อมูลที่ต้องใช้ ความคลุมเครือที่เกิดขึ้นจะส่งผลตลอดการดำเนินการออกแบบ ดังนั้นการสร้างกรอบการ ออกแบบระบบการผลิตอาจเริ่มจากผลลัพธ์ที่ต้องการที่เป็นมาตรฐาน จากนั้นจึงหาวิธีการเพื่อที่จะไปสู่เป้าหมายนั้น และย้อนกลับไปที่จุดเริ่มต้นในการใส่ข้อมูลที่ใช้ออกแบบ เมื่อทำทั้งหมดนั้นก็จะได้เป็นโครงสร้างการออกแบบที่มีการนำเข้า การดำเนินการ และการนำส่งที่ครบถ้วนได้



รูปที่ 2 กรอบการออกแบบระบบการผลิต

1.4 วัตถุประสงค์งานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างกรอบการดำเนินการออกแบบระบบการผลิต เพื่อให้ผู้ออกแบบสามารถออกแบบได้รวดเร็ว ลดการพึ่งพาผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการ SMEs สามารถลดระยะเวลาในการเรียนรู้ ใช้เวลาในการดำเนินการน้อยลง ในขณะที่ยังคงได้ระบบการผลิตที่ดีตามที่ผู้ประกอบการต้องการ สอดคล้องกับวิธีการทำงานจริงที่ผู้ประกอบการสามารถทำตามได้

และสามารถนำไปใช้ออกแบบต่อยอดในระดับรายละเอียดได้ เพื่อจะเป็นแนวทางไปสู่การสร้างโรงงานที่สมบูรณ์

1.5 งบประมาณดำเนินโครงการ

งบประมาณโครงการเป็นงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 เป็นจำนวนเงิน 3,500,000 บาท

1.6 ขอบเขตของงานวิจัย

1.6.1 ขอบเขตเกี่ยวกับระบบการผลิต

1. ระบบการผลิตในที่นี้จะพิจารณาส่วนที่เป็นกระบวนการผลิตเท่านั้น เนื่องจากกระบวนการผลิตเป็นกิจกรรมหลักของระบบการผลิต โดยที่ถือว่ามีข้อมูลการออกแบบระดับบริหารแล้ว และสามารถแปลงมาเป็นข้อมูลเหล่านั้นควบคุมการออกแบบได้ ส่วนระบบสนับสนุนการผลิต ถือว่าเป็นส่วนที่สามารถออกแบบต่อยอดจากส่วนกระบวนการผลิตได้
2. งานวิจัยนี้พิจารณาระบบการผลิตแบบช่วงตอน (intermittent manufacturing process) ไม่รวมถึงการผลิตในระบบการผลิตแบบต่อเนื่อง (continuous manufacturing process) เนื่องจากงานวิจัยนี้ถือว่า การออกแบบระบบการผลิตต้องพิจารณาถึงผลกระทบที่จะส่งผลซึ่งกันและกัน ระหว่างระบบการผลิตและสภาพแวดล้อม
3. ชิ้นงานที่งานวิจัยพิจารณา หมายรวมถึงวัตถุดิบ งานระหว่างผลิต และผลิตภัณฑ์ เนื่องจากพิจารณาเพียงชิ้นงานที่ไหลภายในระบบการผลิตเพื่อถูกแปรรูป และกลายเป็นผลิตภัณฑ์โดยตรง ไม่พิจารณาสิ่งที่ไหลภายในระบบ แต่ไม่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์โดยตรง เช่น เศษชิ้นงาน (scrap) ซึ่งตามความเป็นจริงอาจนำไปขายต่อได้ แต่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการผลิตโดยตรง ไม่ได้คาดหวังจำนวนที่แน่นอน และไม่ได้ทำเพื่อตอบสนองความต้องการที่แน่นอน
4. ทรัพยากรการผลิตที่กล่าวถึงในที่นี้ สามารถเป็นทรัพยากรใดๆ ก็ได้ทีทำหน้าที่แปรรูปชิ้นงานในกระบวนการผลิต อาจเป็นเครื่องจักร คนงาน หรืออุปกรณ์ แต่ต้องเป็นทรัพยากรการผลิตที่มีข้อมูลที่สามารถแสดงความสามารถในการทำงานได้ โดยข้อมูลขั้นต่ำที่จำเป็นต้องมี ได้แก่ กระบวนการที่ทำได้ อัตราเร็วในการผลิต และเงื่อนไขในการปรับตั้ง

1.6.2 ขอบเขตเกี่ยวกับกรอบการออกแบบระบบการผลิต

1. กรอบการออกแบบระบบการผลิตประกอบด้วย องค์ประกอบของระบบการผลิตที่ทำให้มองเห็นภาพผลลัพธ์ได้ หลักการออกแบบระบบการผลิตที่เป็นแนวทางสำหรับการเลือกวิธีการออกแบบ มิติชี้วัดระบบการผลิตที่แสดงถึงระบบการผลิตที่ดี และแนวทางการพัฒนาส่วนสนับสนุน ทั้งโครงสร้างข้อมูล

สำหรับฐานข้อมูล และตัวอย่างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน ที่ช่วยให้สามารถดำเนินการตามกรอบการออกแบบระบบการผลิตได้สะดวกขึ้น

2. ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้องกับกรอบการออกแบบระบบการผลิต ได้แก่ ผู้ประกอบการระดับ SMEs และผู้ออกแบบระบบการผลิต โดยผู้ประกอบการ SMEs จะต้องเป็นผู้ที่สามารถให้ข้อมูลที่ระบบการออกแบบร้องขอได้ รวมถึงมีวิจารณญาณในการตั้งเป้าหมาย และข้อจำกัดของการออกแบบระบบการผลิต ส่วนผู้ออกแบบระบบการผลิต อาจแบ่งตามแต่ละส่วนการออกแบบได้ตามความเชี่ยวชาญ โดยวิธีการออกแบบจะต้องสามารถเปลี่ยนแปลงการให้ความสำคัญแต่ละมิติชี้วัด ตามแต่ละโจทย์การออกแบบระบบการผลิตที่ต่างกันไป อย่างไรก็ตาม ผู้ออกแบบแต่ละส่วนต้องเข้าใจประเด็นที่ส่วนของตนต้องให้ความสำคัญ ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนอื่นๆ และสามารถนำส่งผลลัพธ์ที่กำหนดไว้ได้ ทั้งนี้ หากสามารถเลือกอัลกอริทึม หรือโปรแกรม ที่มีคุณสมบัติดังที่กล่าว ก็สามารถใช้แทนการจ้างวานผู้ออกแบบที่เป็นบุคคลได้
3. ระบบการผลิตที่เป็นไปตามความต้องการของผู้ประกอบการ ถือเป็นระบบการผลิตที่ดี โดยคุณสมบัติของระบบการผลิตที่ดี สามารถสะท้อนได้จากมิติชี้วัดของระบบการผลิตที่งานวิจัยนำเสนอ ซึ่งแต่ละระบบการผลิตจะมีคุณสมบัติโดดเด่นที่ต่างกัน ขึ้นอยู่กับการให้ความสำคัญแต่ละมิติชี้วัด ซึ่งสามารถให้ความสำคัญกับแต่ละมิติชี้วัดไม่เท่ากันได้
4. ผู้ประกอบการเป็นผู้ตั้งเป้าหมาย และระบุข้อจำกัดของระบบการผลิตเอง โดยสามารถให้ความสำคัญกับแต่ละมิติต่างกันได้ ภายใต้เงื่อนไขว่า มิติชี้วัดที่สนใจต้องไม่อยู่นอกเหนือจากที่งานวิจัยนิยามไว้ ซึ่งจะมีผลต่อการออกแบบ และการประเมินผล ทั้งนี้ตัวชี้วัดในแต่ละมิติชี้วัดจะต้องอาศัยผู้ออกแบบระบบการผลิตเป็นผู้ตั้งตัวชี้วัด เพื่อให้สอดคล้องกับประเด็นที่ผู้ออกแบบสนใจ พร้อมกันนั้นตัวชี้วัดต้องสามารถสะท้อนแต่ละมิติชี้วัดได้ด้วย
5. การออกแบบระบบการผลิตจะแบ่งเป็นหลายส่วน โดยการอธิบายหลักการออกแบบระบบการผลิตในแต่ละส่วน หมายรวมถึงการระบุสิ่งที่ต้องนำส่ง ประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญ และความสัมพันธ์ระหว่างส่วนการออกแบบส่วนอื่น
6. งานวิจัยนำเสนอโครงสร้างข้อมูลสำหรับฐานข้อมูล และส่วนประสานกับผู้ใช้งาน ในรูปแบบของแนวทางการนำไปใช้งาน ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูล และตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต โดยรวมอยู่ในส่วนที่เรียกว่า ส่วนสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต โดยข้อมูลที่กล่าวถึง อ้างอิงตามข้อมูลที่จำเป็นต้องมีในการออกแบบระบบการผลิตให้ได้ผลลัพธ์ตามที่งานวิจัยนำเสนอ ซึ่งระบบการผลิตส่วนใหญ่สามารถมองโครงสร้างข้อมูลด้วยมาตรฐานเดียวกันได้ ทั้งนี้สามารถปรับ

วิธีการทำงานให้เหมาะสมกับข้อมูลจริงของระบบการผลิตได้ ซึ่งข้อมูลรายละเอียดจะมีลักษณะต่างกันไปตามแต่ละระบบการผลิต

7. ผลลัพธ์จากการออกแบบตามกรอบการออกแบบระบบการผลิต เป็นคำตอบที่จะเป็นแนวทางในการสร้างระบบการผลิตส่วนอื่นต่อได้ กล่าวคือ ประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐานที่ทุกระบบการผลิตต้องมี สามารถใช้มาตรฐานเดียวกันในการอธิบายระบบการผลิต และผลลัพธ์นี้ต้องเพียงพอสำหรับการเป็นกรอบแนวทาง ในการออกแบบระบบการผลิตในระดับรายละเอียด ซึ่งจะออกแบบต่อจากนี้ได้ เมื่อประกอบกับข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่โรงงานจริง จึงถือว่าเป็นข้อมูลที่มีลักษณะเฉพาะสูง ไม่สามารถใช้มาตรฐานเดียวกันในการพิจารณาได้ จึงไม่กล่าวถึงในงานวิจัยนี้

1.6.3 ขอบเขตเกี่ยวกับการประเมินกรอบการออกแบบระบบการผลิต

ผู้ที่เป็นตัวแทนผู้ใช้งานของกรอบการออกแบบระบบการผลิต ทั้งฝ่ายผู้ออกแบบระบบการผลิต และผู้ประกอบการระดับ SMEs จะเป็นผู้ประเมินกรอบการออกแบบระบบการผลิต เพื่อบอกว่ากรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้ บรรลุวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้งานของผู้ใช้งานทั้งสองฝ่ายหรือไม่ ซึ่งสิ่งที่ผู้ประเมินต้องสนใจ และวิธีการประเมิน มีขอบเขตดังนี้

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบระบบการผลิต เป็นผู้ประเมินว่าหลักการของกรอบการออกแบบระบบการผลิตน่าเชื่อถือหรือไม่ สมเหตุสมผลหรือไม่ โดยผู้ทำวิจัยจะทำการนำเสนอหลักการ งานนำส่ง และตัวอย่างการนำไปใช้งาน ให้ผู้ประเมินพิจาร
2. ผู้ประกอบการระดับ SMEs เป็นผู้ประเมินว่ากรอบการออกแบบระบบการผลิตสามารถนำไปใช้งานได้จริงหรือไม่ โดยผู้ทำวิจัยจะทำการทดลองการใช้งานกรอบการออกแบบระบบการผลิตกับกรณีศึกษาของโรงงานของผู้ประกอบการเอง ตั้งแต่การเก็บข้อมูล ไปจนถึงการนำเสนอผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการออกแบบ

1.7 สมมติฐานของงานวิจัย

1. ข้อมูลที่เกิดจากการตัดสินใจของระบบบริหาร จะเป็นข้อมูลที่ควบคุมการออกแบบระบบการผลิต และเมื่อได้ระบบการผลิตที่เป็นผลลัพธ์จากการออกแบบแล้ว จะส่งผลให้สามารถออกแบบระบบสนับสนุนระบบการผลิตต่อได้ โดยมีระบบการผลิตที่เป็นผลลัพธ์เป็นกรอบเบื้องต้นในการพัฒนาระบบการผลิตต่อไป
2. ระบบการผลิตมีขอบเขตการใช้งานตามข้อมูลที่ผู้ประกอบการระบุ หากในอนาคตสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป ต้องมีการป้อนขอบเขตการใช้งานใหม่ เพื่อให้เกิดการออกแบบระบบการผลิตใหม่ ให้สามารถตอบสนองกับข้อมูลใหม่ได้
3. ความสามารถของระบบการผลิตสามารถสรุปเป็นมุมมองการชี้วัดรูปแบบเดียวกันได้ ต่างกันเพียงการให้ความสำคัญในแต่ละมุมมองของแต่ละระบบการผลิต ซึ่งสามารถให้ความสำคัญไม่เท่ากันได้

4. การออกแบบระบบการผลิตทุกส่วน อยู่ภายใต้เป้าหมายและข้อจำกัดของระบบการผลิตเดียวกัน จึงต้องประเมินทั้งระบบการผลิตร่วมกัน เพื่อยืนยันว่าทุกส่วนทำงานสอดคล้องกัน ภายใต้ข้อจำกัดเดียวกัน และเป้าหมายเดียวกัน
5. ทุกระบบการผลิตมีส่วนประกอบพื้นฐาน ที่สามารถออกแบบได้ด้วยหลักการเดียวกัน แต่ละส่วนมีความสัมพันธ์ระหว่างกันที่ต้องคำนึงถึงในการออกแบบ ความสัมพันธ์นั้นจะส่งผลต่อลำดับและขั้นตอนในการออกแบบ
6. ข้อมูลในการออกแบบระบบการผลิต สามารถแปลงให้อยู่ในรูปแบบมาตรฐานเดียวกันได้ ทั้งข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากผู้ประกอบการ และข้อมูลที่เกิดจากผู้ออกแบบระบบการผลิต

1.8 นิยามคำศัพท์ในงานวิจัย

1. อุตสาหกรรมการผลิต (manufacturing) หมายถึง การอยู่ร่วมกันของกิจกรรม หรือการดำเนินงาน ซึ่งล้วนที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน และมีเป้าหมายเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปชุดหนึ่ง เพื่อตอบสนองความต้องการผลิตภัณฑ์ของลูกค้าชุดหนึ่ง ตัวอย่างกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น การออกแบบผลิตภัณฑ์ การเลือกวัตถุดิบ การวางแผนการผลิต การประกันคุณภาพ การบริหารจัดการ และการตลาด
2. โรงงาน (facility) หมายถึง สถานที่ดำเนินการผลิต สถานีกระจายสินค้า สถานีบริการ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นสิ่งที่เกี่ยวกับอุตสาหกรรมการผลิต แต่มองในแง่ที่เป็นรูปธรรม ที่จับต้องได้ มองเห็นได้
3. ระบบการผลิต (manufacturing system) หมายถึง การดำเนินการผลิตอย่างเป็นระบบ ในอุตสาหกรรมการผลิต ประกอบด้วยองค์ประกอบทางกายภาพ และทางการบริหารจัดการ ซึ่งทุกส่วนมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยระบบจะดำเนินการภายใต้ข้อจำกัด และเพื่อบรรลุเป้าหมาย ในช่วงเวลาหนึ่งๆ ซึ่งเมื่อเวลาเปลี่ยนไปอาจมีข้อจำกัดและเป้าหมายที่เปลี่ยนไป ดังนั้นระบบการผลิตจะมีหลายช่วง ตั้งแต่ระบบการผลิตแรกที่ได้จากการออกแบบ แบบจำลองระบบการผลิตสำหรับการทดสอบการดำเนินงาน และวิเคราะห์การดำเนินงาน จนถึงการนำไปสร้างระบบจริง จนถึงการออกแบบระบบการผลิตใหม่เมื่อข้อจำกัดและเป้าหมายเปลี่ยนไป
4. การออกแบบระบบการผลิต (manufacturing system) สามารถทำได้หลายวิธีการ ได้แก่ การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (operation research) ปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) และการสร้างแบบจำลอง (simulation) โดยการออกแบบจะต้องตอบได้ว่าแต่ละตัวแปรตัดสินใจ (decision variables) ต้องมีค่าเท่าไร เช่น จำนวนเครื่องจักรที่ต้องมีในการผลิตแต่ละกระบวนการ เพื่อสรุปเป็นระบบการผลิตที่มีคุณสมบัติตามที่ระบุไว้ ซึ่งคุณสมบัติของระบบการผลิตที่ต้องการออกแบบได้จะเปลี่ยนไปตามแต่ละโจทย์การออกแบบ และคำตอบของการออกแบบก็จะเปลี่ยนแปลงตาม

5. ความสามารถในการเป็นอุตสาหกรรมการผลิต (manufacturability) หมายถึง การวัดว่าผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตที่ออกแบบไว้ มีความเหมาะสม จัดการได้ง่าย และมีคุณภาพเพียงพอ สำหรับการผลิตในระดับอุตสาหกรรม
6. การผลิต (production) หมายถึง การแปรรูปชิ้นงานนำเข้า จนได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ไม่รวมถึงกิจกรรมอื่น เช่น การขนย้าย การซ่อมบำรุง และการควบคุมคุณภาพ
7. ทรัพยากร (resource) หมายถึง ทรัพยากรใดๆ ก็ตามที่มีส่วนในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ผ่านกระบวนการสร้าง ผลิต หรือการขนส่งก็ตาม
8. ทรัพยากรการผลิต (production resource) หมายถึง ทรัพยากรที่ทำให้เกิดการเพิ่มมูลค่าในส่วนการผลิต โดยทำให้เกิดกระบวนการแปรรูป เช่น เครื่องจักร คนงาน และอุปกรณ์ ไม่รวมถึงชิ้นงานที่จะแปรรูป หรือประกอบกัน เพื่อกลายเป็นผลิตภัณฑ์
9. สถานีงาน (workstation) หมายถึง กลุ่มทรัพยากรการผลิตที่ถูกมอบหมายให้ทำหน้าที่ชุดเดียวกัน และมักถูกจัดให้ทำงานในพื้นที่เดียวกัน
10. กลุ่มการผลิต (work cell) หมายถึง กลุ่มสถานีงานที่มีหน้าที่ต่างกัน แต่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน เพื่อทำให้เกิดการผลิตกลุ่มผลิตภัณฑ์เดียวกัน และมีเส้นทางการผลิตเหมือนกัน
11. เส้นทางการผลิต (path) หมายถึง การส่งต่อชิ้นงานระหว่างสถานีงาน จุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง หรือกลุ่มการผลิต
12. สายการผลิต (production line) หมายถึง กลุ่มทรัพยากรการผลิตที่ทำงานร่วมกัน เชื่อมกันด้วยเส้นทางการผลิต เพื่อให้เกิดอุตสาหกรรมการผลิต สำหรับผลิตภัณฑ์กลุ่มหนึ่งที่เฉพาะเจาะจง
13. จุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง (stock point) หมายถึง พื้นที่ระหว่างสถานีงาน มีไว้เพื่อจัดการควบคุมปริมาณชิ้นงานที่ไหลภายในเส้นทางการผลิต
14. วัตถุดิบ (raw material) หมายถึง ชิ้นงานที่ถูกจัดซื้อไว้ เพื่อรอการแปรรูปด้วยกระบวนการภายในระบบการผลิต เพื่อกลายเป็นงานรอระหว่างผลิต หรือผลิตภัณฑ์
15. งานระหว่างผลิต (work in process, WIP) หมายถึง ชิ้นงานที่กำลังถูกแปรรูปอยู่ในกระบวนการผลิต หรืออยู่ระหว่างสถานีงาน ซึ่งถูกแปรรูปมาแล้ว แต่ยังแปรรูปไม่เสร็จสิ้น กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ไม่อยู่ในสถานะวัตถุดิบ แต่ยังไม่อยู่ในสถานะผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป
16. ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (finished good) หมายถึง ชิ้นงานที่ผ่านการแปรรูปเสร็จสิ้นแล้ว สามารถนำส่งลูกค้าได้
17. ชิ้นงาน (item) หมายถึง ชิ้นงานใดๆ ที่ไหลอยู่ในระบบการผลิต แบ่งได้ 3 สถานะ ได้แก่ วัตถุดิบ งานระหว่างผลิต และผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

1.9 ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย

1. สามารถนำไปเป็นแนวทางในการออกแบบระบบการผลิต สำหรับผู้ประกอบการ และผู้ออกแบบระบบการผลิต โดยช่วยลดการใช้ความรู้ของผู้เชี่ยวชาญ ลดเวลาการสั่งสมประสบการณ์ และลดวิธีการแบบลองผิดลองถูก
2. สามารถนำไปเป็นต้นแบบในการสร้างเครื่องมือสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิตสำหรับผู้ประกอบการ SMEs ทั้งระบบสารสนเทศ และการตัดสินใจออกแบบส่วนต่างๆ โดยลดเวลาการออกแบบ และเพิ่มประสิทธิภาพให้การออกแบบสามารถตอบสนองความต้องการการใช้งานได้

1.10 รายนามผู้วิจัย

รศ.ดร. ปวีณา	เชาวลิตวงศ์	หัวหน้าโครงการวิจัย
ผศ.ดร. นระเกณฑ์	พุ่มชูศรี	ผู้ร่วมโครงการ
ผศ. ภูมิ	เหลืองจามีกร	ผู้ร่วมโครงการ
ผศ. สุรพงษ์	ศิริกุลวัฒนา	ผู้ร่วมโครงการ
ดร. กฤษดา	พัวสกุล	นักวิจัย
ดร. สิรวิชญ์	สว่างนพ	นักวิจัย
ดร. อมรศิริ	วิลาสเดชานนท์	นักวิจัย
นาย อนวัช	อริยสัจจากร	นักวิจัย
นางสาว มัลลิกา	บุญเพ็ง	นักวิจัย
นาย ญาณวโรตม์	พงศ์เศรษฐ์ไพศาล	นิสิตช่วยงานวิจัย
นางสาว สุวรา	บุญภากร	นิสิตช่วยงานวิจัย
นาย บุญญภัทร์	บุญศรี	นิสิตช่วยงานวิจัย
ผศ.ดร. เหรียญ	บุญดีสกุลโชค	ที่ปรึกษาโครงการ
ผศ.ดร.มานพ	เรี่ยวเดชะ	ที่ปรึกษาโครงการ

หน่วยวิจัย Resources and Operations Management
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทร 0-2218-6814 , 0-2218-6845
E-Mail: paveena.c@eng.chula.ac.th

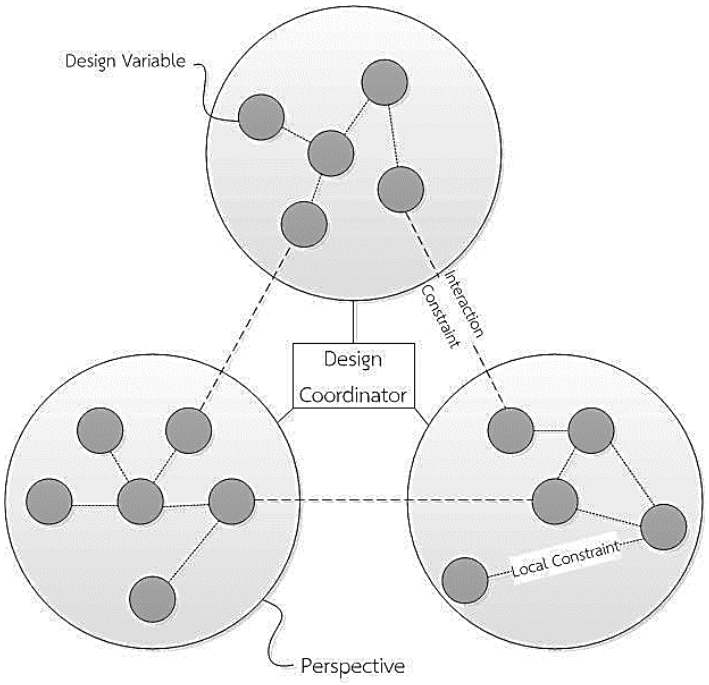
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ระบบ (System)

ระบบ (Blanchard และ Fabrychy, 1998 และ Kusiak และ Larson, 1999) มีได้หลายขนาด ตั้งแต่ขนาดใหญ่มาก ในระดับจักรวาล จนถึงเล็กมาก ในระดับอะตอม ระบบเกิดจากการรวมกันของส่วนประกอบต่างๆ เป็นหนึ่งเดียว แต่ละส่วนมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างซับซ้อน หากจะถือว่าเป็นส่วนประกอบของระบบได้จะต้องมีผลต่อระบบโดยรวมและมีผลต่อส่วนประกอบอื่นๆ ส่วนประกอบย่อย ภายในแต่ละส่วนประกอบหลัก ก็ต้องมีคุณสมบัติดังกล่าวเช่นกัน

ส่วนประกอบแต่ละส่วนจะแบ่งตามมุมมองที่มีต่อระบบ (Perspective) ดังนั้นแต่ละส่วนประกอบจะมีตัวแปรออกแบบในมุมมองของส่วนนั้นเอง (Design Variable) แต่ละตัวแปรมีความสัมพันธ์ระหว่างกันภายในมุมมองเหล่านั้น มีทั้งส่งผลไปในทางเดียวกันและตรงข้ามกัน เกิดเป็นข้อจำกัดที่ควบคุมตัวแปรตัวอื่น (Local Constraint) และยังมีข้อจำกัดที่จะส่งผลระหว่างมุมมองอีกด้วย (Interaction Constraint) นั้นจะทำให้เกิดการถ่วงดุลกันระหว่างแต่ละมุมมอง ภายใต้การทำงานร่วมกันของทั้งระบบให้มีทิศทางเดียวกัน สุดท้ายจะมุ่งไปสู่เป้าหมายและวัตถุประสงค์หลักของระบบ แสดงด้วยรูปที่ 3

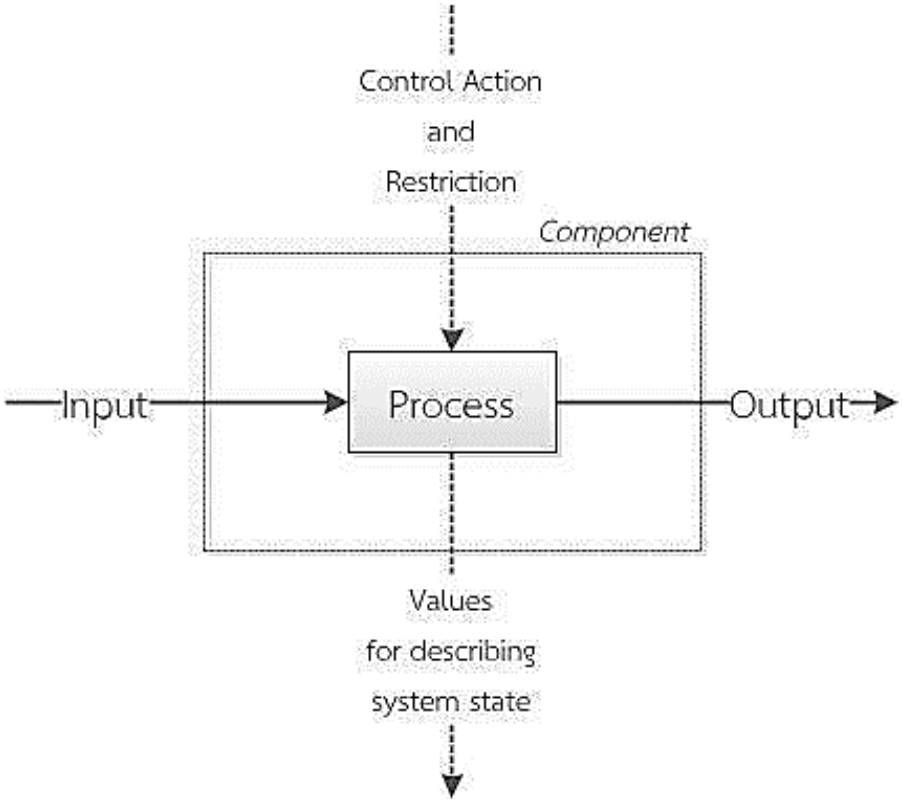


รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ภายในระบบ

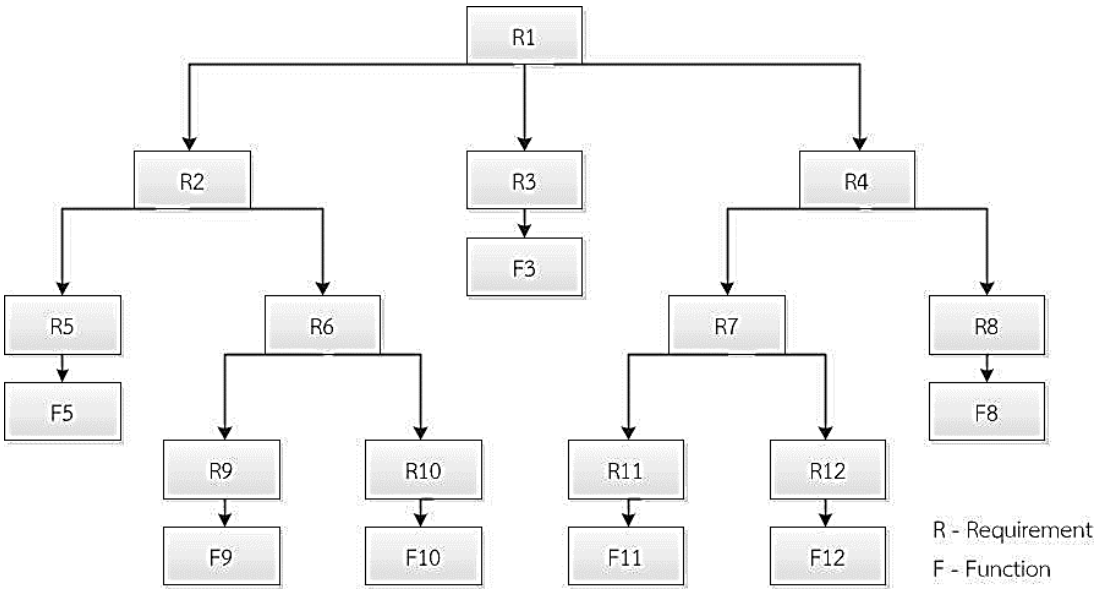
ภายในส่วนประกอบจะมีการนำเข้า กระบวนการ และการส่งออก รวมถึงค่าตัวแปรที่ระบุสถานะของระบบได้ ซึ่งหมายถึงผลกระทบต่อระบบโดยรวม และขอบเขตหรือข้อจำกัดที่ควบคุมส่วนประกอบนั้นๆ เพื่อให้อยู่ในกรอบของระบบนั้น ดังแสดงได้ด้วยรูปที่ 4 ทุกส่วนประกอบจะต้อง

สามารถระบุข้อมูลนำเข้า กระบวนการที่ทำ และข้อมูลส่งออกของส่วนนั้นเองได้ ดังนั้นหากจะสร้างเป็นระบบใหญ่จะต้องสามารถระบุได้ทั้งหมดรวมถึงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบนั้นต่อส่วนประกอบอื่นและต่อระบบซึ่งต้องระบุด้วยขอบเขต ข้อจำกัด และตัวแปรแสดงผลที่ได้

การวิเคราะห์เพื่อออกแบบระบบสามารถทำได้ด้วยการแยกย่อยความต้องการ (Requirements Decomposition) โดยแยกจากความต้องการหลัก (Overall Requirement) แบ่งเป็นสิ่งที่ต้องมีเพื่อให้เกิดความต้องการหลักนั้นได้ (Sub-requirements) โดยเมื่อแบ่งจนได้ความต้องการที่ละเอียดที่สุดแล้วจะต้องระบุว่าจะต้องมีความสามารถหรือคุณสมบัติอะไรเพื่อให้ได้ความต้องการนั้น (Functions) ซึ่งเมื่อตอบความต้องการได้ครบถ้วนทั้งหมด จะสามารถตอบสนองความต้องการหลักได้ในท้ายที่สุด ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 5 จะเห็นได้ว่า R1 แทนความต้องการหลัก เกิดจากการบรรลุความต้องการ R2 R3 และ R4 ซึ่งการจะบรรลุ R2 ได้จะต้องบรรลุ R5 และ R6 ให้ได้ก่อน ส่วน R3 ไม่ต้องบรรลุความต้องการที่ย่อยกว่านั้น สามารถตอบสนองความต้องการ R3 ได้โดยการทำให้เกิด F3 ให้ได้ เป็นต้น



รูปที่ 4 โครงสร้างที่เกิดขึ้นภายในส่วนประกอบ



รูปที่ 5 ตัวอย่างการทำ Requirements Decomposition

2.1.2 ระบบการผลิต (Manufacturing System)

อุตสาหกรรมการผลิต (Manufacturing) (Laperrie`re และ Reinhart, 2014) เกิดจากการประสานการทำงานระหว่างกระบวนการแปรรูปและการจัดการ องค์ประกอบหลายอย่าง เช่น คนงาน เครื่องจักร เครื่องมือ และเส้นทางการผลิต รวมกันกลายเป็นระบบขนาดใหญ่ที่ทำงานสอดคล้องกัน มีขอบเขตที่กว้างกว่ากระบวนการผลิต (Production) เนื่องจากมีการจัดการรวมเข้ามาด้วย เช่น การวางแผนการผลิต อุตสาหกรรมการผลิตมีเป้าหมายในการแปรสภาพวัตถุดิบให้ได้ผลิตภัณฑ์ กิจกรรมเกิดขึ้นจะเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบและตอบสนองความต้องการ ข้อกำหนด และมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ได้ กิจกรรมเหล่านั้นรวมถึงส่วนเพิ่ม และควบคุมคุณภาพให้กับชิ้นงาน สุดท้ายต้องคำนึงถึงความคุ้มค่า และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

เมื่อพิจารณาตำแหน่งในห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) อุตสาหกรรมการผลิตเป็นส่วนที่อยู่กึ่งกลางระหว่างผู้จัดหาวัตถุดิบ (Supplier) และลูกค้า (Customer) ดังแสดงในรูปที่ 6 เริ่มจากการรับจากวัตถุดิบ สิ้นสุดที่ผลิตภัณฑ์สุดท้าย โดยอาจหมายรวมถึงชิ้นงานที่เสีย และข้อมูลที่ได้ด้วย ระบบการผลิตจะต้องมีความคล่องตัวและยืดหยุ่นมากพอรองรับอุปสงค์หรืออุปทานที่เปลี่ยนไป ต้องพัฒนาให้ก้าวทันเทคโนโลยีการผลิตใหม่ๆ ต้องมีการปรับเปลี่ยนทรัพยากร และปรับปรุงแนวทางการจัดการอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ระบบการผลิตยังคงมีผลการดำเนินงานที่ดี ทั้งนี้จะมีการตั้งตัวชี้วัดเพื่อประเมินความสามารถที่ระบบการผลิตทำได้ เช่น อัตราเร็วการผลิต จำนวนงานระหว่างผลิต และความสามารถส่งงานทันตามเวลาที่กำหนด

รูปที่ 6 ตำแหน่งของ Manufacturing ใน Supply Chain

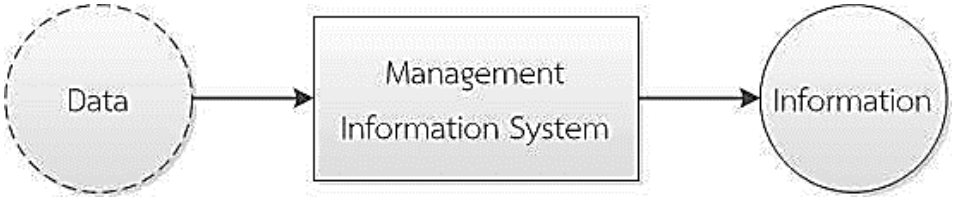
การผลิตเริ่มจากเกษตรกรรมและหัตถกรรม สอดคล้องกับการประกอบอาชีพในสมัยก่อนจึงเกิดผลิตภัณฑ์จากไม้ เครื่องปั้นดินเผา เครื่องหิน และเครื่องโลหะ สินค้าเหล่านั้นอาศัยทักษะในการผลิตจึงเกิดเป็นงานของผู้ที่มีความเชี่ยวชาญที่ต้องผลิตด้วยมือเพื่อขายให้กับลูกค้า แต่หลังจากพ้นยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมจึงเปลี่ยนการผลิตด้วยมือเหล่านั้นมาสู่การพึ่งพาสิ่งประดิษฐ์ เครื่องจักรต่างๆ และพลังงานที่ไม่ใช่แรงงานคน เช่น น้ำ ลม และสัตว์ จากนั้นก็เกิดรูปแบบของอุตสาหกรรมหลากหลายประเภทตามยุคสมัยที่เปลี่ยนไป จนกระทั่งการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่สองซึ่งทำให้เกิดการผลิตเป็นจำนวนมาก (Mass Production) การจัดการกระบวนการอย่างเป็นระบบ (Scientific Management Movement) สายการประกอบ (Assembly line) และ โรงงานที่อาศัยพลังงานไฟฟ้า (Electrification) การพัฒนาทั้งหมดทำให้เกิดเป็นอุตสาหกรรมการผลิตด้วยระบบอัตโนมัติ (Automation of Manufacturing)

จากการที่อุตสาหกรรมการผลิตมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Dynamic) เป็นระบบเปิดที่ได้รับผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ในขณะเดียวกันก็ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเช่นกัน การออกแบบระบบการผลิตจึงต้องเปลี่ยนแปลงเป้าหมายการออกแบบตามความต้องการขณะนั้น ซึ่งจะตั้งเป็นตัวชี้วัดที่ให้ความสำคัญต่างกันไปในแต่ละโจทย์การออกแบบ และจะส่งผลถึงตัวแปรตัดสินใจที่ต้องทำการปรับเปลี่ยน โดยการออกแบบระบบการผลิตมักอาศัย 3 วิธีหลัก ได้แก่ การศึกษาเชิงปฏิบัติการ (Operations Research) การอาศัยปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) และการจำลองแบบ (Simulation) การศึกษาเชิงปฏิบัติการจะอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด โดยบรรลุเป้าหมายมากที่สุด หรือน้อยที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดที่ตั้งไว้ ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สามารถทำได้ยาก ผู้ออกแบบมักจะอาศัยปัญญาประดิษฐ์เข้าช่วยในการหาคำตอบ และเมื่อได้คำตอบแล้ว จะต้องทดสอบการดำเนินงานของระบบการผลิตด้วยแบบจำลอง

2.1.3 ระบบสารสนเทศ (Management Information System)

การดำเนินการระบบ (อำไพ พรประเสริฐสกุล, 2554) เช่น ระบบธุรกิจ และระบบการผลิตต้องมีการเก็บข้อมูลจำนวนมากเพื่อช่วยในการตัดสินใจ ตั้งแต่การตัดสินใจเพื่อปรับแผนการดำเนินงาน และการออกแบบระบบใหม่ สามารถใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการรวบรวมข้อมูลได้ เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลได้เร็วขึ้น แต่การเปลี่ยนจากการจัดการข้อมูลด้วยแรงงานคน เป็นหลักการทำงานแบบคอมพิวเตอร์ จะต้องทำการสร้างระบบสารสนเทศให้ได้ก่อน โดยจะต้องระบุว่าอะไรเป็นข้อมูลนำเข้าสู่ระบบที่จะต้องรวบรวมและสารสนเทศอะไรที่ต้องการได้เป็นผลสุดท้าย สารสนเทศที่

ต้องการจะขึ้นกับความต้องการใช้งานด้านข้อมูลของระบบ ดังนั้นจะต้องวิเคราะห์ไปถึงผู้ใช้งาน ว่าผู้ใช้งานฝ่ายใด ต้องการสารสนเทศอะไร



รูปที่ 7 โครงสร้างของระบบสารสนเทศ

2.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis)

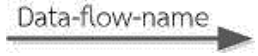
ก่อนที่จะทำการรวบรวมข้อมูลได้จะต้องมีการวิเคราะห์รายละเอียดของข้อมูลทั้งหมดก่อน (อำไพ พรประเสริฐสกุล, 2554) เริ่มจากนิยามข้อมูลแต่ละหมวดหมู่ ว่ามีนิยามอย่างไร (Data Description) สามารถอยู่ได้ทั้งรูปแบบคำอธิบายและสมการ จากนั้นข้อมูลใหม่จะเกิดขึ้นจากการที่ระบบมีการดำเนินกระบวนการ ดังนั้นจะสามารถอธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบ (Procedure Description) ด้วยการแสดงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล อาจอธิบายได้ด้วยแผนภาพแสดงกระแสข้อมูล นอกจากนี้ ต้องนิยามกระบวนการเหล่านั้นด้วย ว่าหมายถึงการทำอะไร (Process Description) เมื่อรวมกันทุกกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบ ข้อมูลจะมีการส่งต่อกัน ข้อมูลส่งออกของกระบวนการหนึ่งอาจไปเข้าสู่กระบวนการอื่นได้ ความสัมพันธ์เหล่านั้นจะต้องสามารถอธิบายเป็นการไหลของข้อมูลทั้งหมดได้ด้วยการสร้างแบบจำลองระบบ (System Modeling)

แผนภาพกระแสข้อมูล (Data Flow Diagram, DFD) (อำไพ พรประเสริฐสกุล, 2554) นิยมใช้ในการเขียนอธิบายระบบสารสนเทศ โดยให้ความสำคัญกับกระบวนการที่เกิดขึ้น ด้วยการอธิบายการไหลของข้อมูล อาศัยสัญลักษณ์ 4 อย่าง ดังนี้

1. สัญลักษณ์แทนการประมวลผล (Process) แทนด้วยวงกลม หมายถึงกระบวนการที่มีการรับข้อมูลเข้าแล้วมีการส่งข้อมูลออกซึ่งต่างจากข้อมูลที่นำเข้าไป อาจกล่าวได้ว่าเป็นกล่องดำอย่างหนึ่ง ซึ่งจะช่วยแบ่งกระบวนการทำงานว่าส่วนใดที่เกิดงานบ้าง ควรตั้งชื่อเป็นคำกิริยาที่ทำเพื่อให้เกิดงานได้

รูปที่ 8 สัญลักษณ์แทนการประมวลผล

2. สัญลักษณ์แทนกระแสข้อมูล (Data Flow) แทนด้วยลูกศร สามารถเป็นได้ทั้งข้อมูลที่ไหลระหว่างกระบวนการหรือเป็นข้อมูลที่ไหลระหว่างกระบวนการกับนอกระบบก็ได้ แม้เป็นข้อมูลที่ไปในทิศทางเดียวกันแต่ถ้าเป็นข้อมูลต่างประเภท ต่างหน้าที่กัน ก็ต้องแยกเส้นลูกศรออกจากกัน ห้ามรวมกันเป็นลูกศรเดียว



รูปที่ 9 สัญลักษณ์แทนกระแสข้อมูล

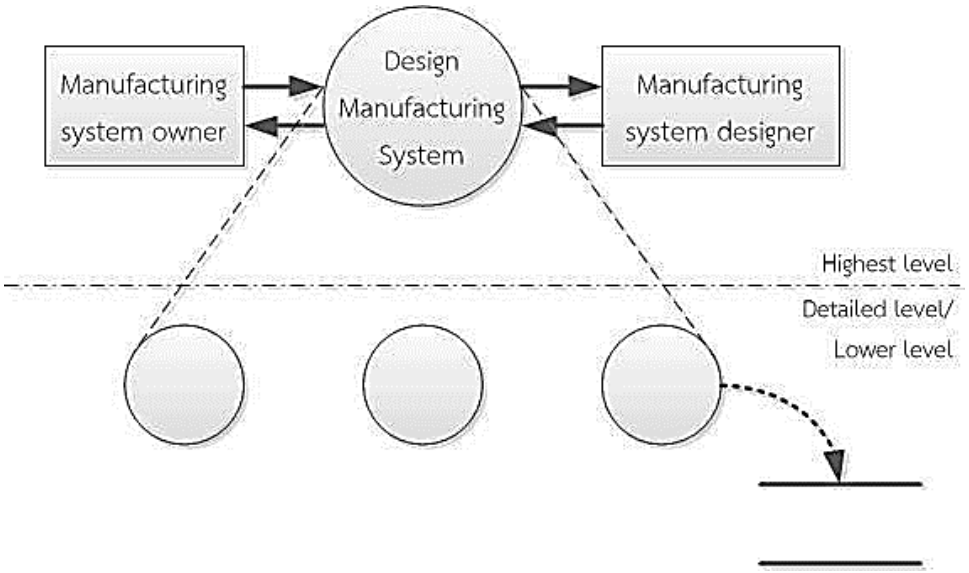
3. สัญลักษณ์แทนแหล่งเก็บข้อมูล (Data Store) แทนด้วยเส้นขนาน 2 เส้น มีชื่อกำกับซึ่งควรเป็นคำนาม เป็นแหล่งข้อมูลที่สามารถเรียกใช้ได้เมื่อต้องการ ถ้าลูกศรเข้าสู่แหล่งเก็บข้อมูลแสดงว่ามีการเขียนหรือแก้ไขข้อมูล ถ้าลูกศรออกจากแหล่งข้อมูลแสดงว่ามีการอ่านข้อมูล

รูปที่ 10 สัญลักษณ์แทนแหล่งเก็บข้อมูล

4. สัญลักษณ์แทนสิ่งที่อยู่นอกระบบ (Terminator) แทนด้วยสี่เหลี่ยมผืนผ้า กำกับด้วยชื่อที่เป็นบุคคลหรือองค์กร สามารถเป็นทั้งฝ่ายส่งข้อมูลเข้าระบบ หรือรับข้อมูลที่ออกจากระบบก็ได้ โดยที่เราไม่สนใจการทำงานภายในกล่องนั้น สนใจเพียงข้อมูลที่มีการรับส่งระหว่างกัน

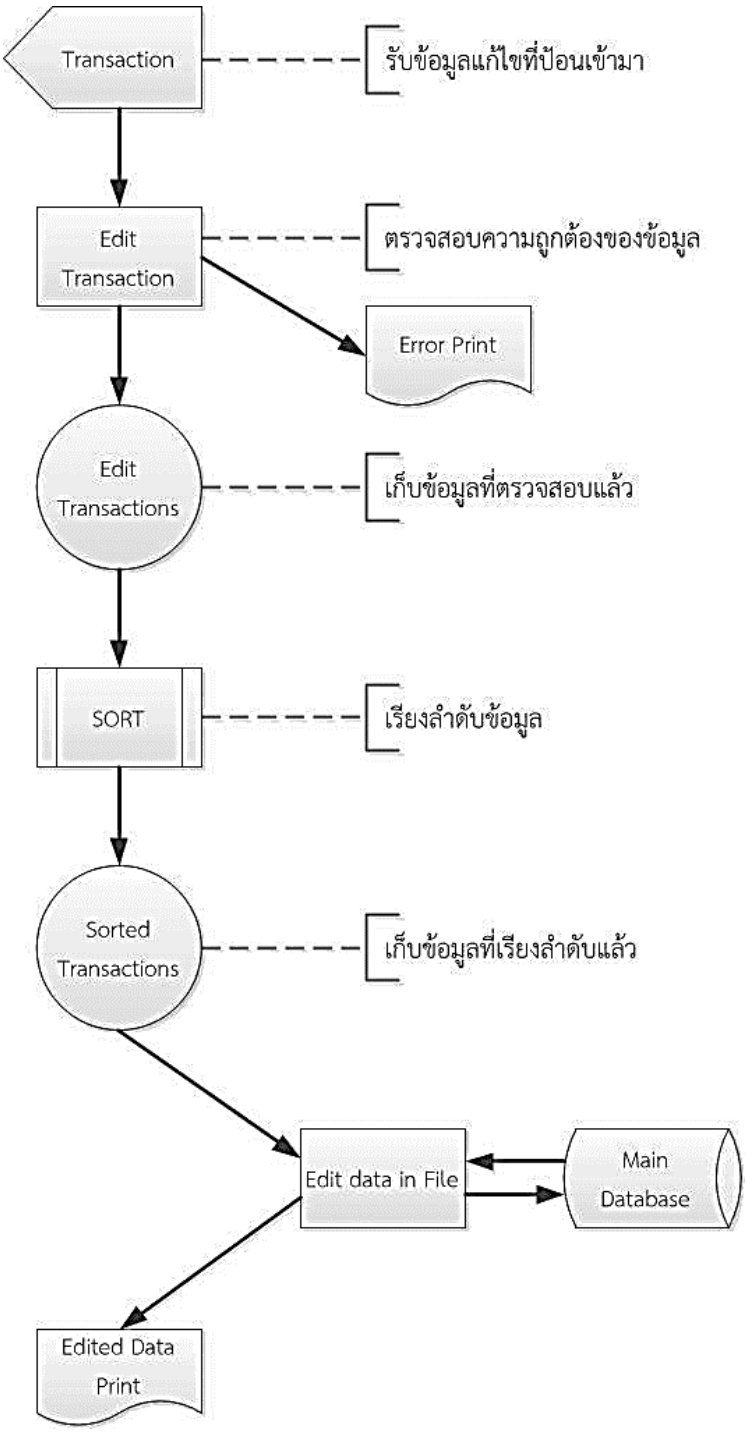
รูปที่ 11 สัญลักษณ์แทนสิ่งที่อยู่นอกระบบ

การเขียน DFD จะเริ่มจากการเขียนระดับสูงสุด โดยที่มองกลุ่มกระบวนการทั้งหมดเป็นกระบวนการใหญ่กระบวนการเดียว มีการรับและส่งข้อมูลกับภายนอกระบบแต่ยังไม่มีการเก็บข้อมูล การเก็บข้อมูลจะแสดงภายในระบบเมื่อแยกย่อยเป็นหลายกระบวนการแล้ว ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 12



รูปที่ 12 ตัวอย่างการเขียน DFD ในระดับสูงสุดและระดับรายละเอียด

ผังงานระบบ (System Flowchart) ใช้สำหรับการแสดงข้อมูลนำเข้าและส่งออกได้เช่นกัน โดยเหมาะกับการแสดงรายละเอียดการแก้ไขข้อมูล ภายในแหล่งจัดเก็บข้อมูล ซึ่งมีหลักการแก้ไขข้อมูลเป็นขั้นตอนพื้นฐาน ตั้งแต่การรับข้อมูลแก้ไขเข้ามา ทำการแก้ไข จนสิ้นสุดที่รายงานข้อมูลที่แก้ไขแล้ว ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 การอธิบายขั้นตอนการการแก้ไขข้อมูลด้วยผังงานระบบ

2.1.5 การรวบรวมข้อมูล

ก่อนจะรวบรวมข้อมูลต้องทราบก่อนว่าข้อมูลที่ต้องการนำเข้ามีอะไรบ้าง มีรูปแบบของข้อมูลอย่างไร ใครเป็นคนป้อนข้อมูลเข้ามา เพื่อสร้างรูปแบบฟอร์มการกรอกข้อมูลนำเข้าได้ จากนั้นต้องสรุปข้อมูลส่งออกทั้งหมดด้วย รวมถึงต้องทราบว่ากระบวนการส่วนใด สร้างข้อมูลอะไร มีรูปแบบอย่างไร เพื่อให้ใครนำไปใช้งาน ซึ่งจะสามารถสร้างรูปแบบรายงานข้อมูลได้เช่นกัน โดยสรุปแล้วหมายถึงการตระหนักถึง และเข้าใจการไหลของข้อมูลทั้งหมด เมื่อทราบแล้วจะสามารถสร้างฟอร์มการกรอกข้อมูลและรายงานได้ การรวบรวมข้อมูลไม่อาจหลีกเลี่ยงการสัมภาษณ์จากคนได้ (อำไพ พรประเสริฐสกุล, 2554) ซึ่งจะต้องอาศัยความชำนาญของผู้สัมภาษณ์และความร่วมมือของผู้ให้สัมภาษณ์ กล่าวได้ว่าไม่มีใครสามารถออกแบบระบบให้ผู้อื่นได้ แต่ผู้เชี่ยวชาญสามารถช่วยให้เขาออกแบบระบบของตนเองได้ โดยการที่จะได้ข้อมูลที่แท้จริง จะต้องใช้วิธีการพูดเพื่อให้ได้ข้อมูลตามที่ต้องการครบถ้วน ต้องไม่ชี้นำคำตอบ รวมถึงไม่ออกความเห็น และไม่ใช้อารมณ์

การสัมภาษณ์จะต้องเตรียมคำถามและสิ่งที่ต้องการเก็บข้อมูลไว้ เพื่อให้แน่ใจว่าเมื่อสัมภาษณ์แล้วจะได้ข้อมูลครบถ้วน ต้องอธิบายจุดประสงค์ในการสัมภาษณ์ และนัดหมายผู้สัมภาษณ์ก่อนจะทำการสัมภาษณ์ อย่างน้อย 3-4 วันเพื่อให้เวลาในการเตรียมข้อมูล เมื่อถึงวันสัมภาษณ์จะต้องทวนจุดประสงค์การสัมภาษณ์อีกครั้ง การถามคำถามเพื่อให้ได้คำตอบหนึ่งๆ อาจต้องถามหลายคำถามเพื่อให้ได้คำตอบสุดท้าย ไม่ใช่ทุกข้อมูลจะสามารถถามตรงๆ แล้วได้คำตอบได้ ทั้งนี้ต้องอาศัยการฟังคำตอบที่ได้มาในแต่ละคำถาม เพื่อใช้ในการตั้งคำถามถัดไป นอกจากจะทำให้ได้รายละเอียดมากขึ้นยังจะทำให้รู้สึกเหมือนพูดคุยมากกว่า รู้สึกถึงความตั้งใจในการรับสารมากกว่า

บริษัท_____ เตรียมโดย_____

เรื่อง_____

ผู้ให้สัมภาษณ์	ผู้สัมภาษณ์	วัน เวลา	สถานที่	หัวข้อการสัมภาษณ์
1. ..... 2. ..... 3.				

รูปที่ 14 ตัวอย่างฟอร์มการนัดสัมภาษณ์

เมื่อการสัมภาษณ์สิ้นสุดลงควรมีการทำรายงานข้อมูลที่ได้ไปทั้งหมดเพื่อสรุปว่ายังขาดข้อมูลอะไรอีกหรือไม่ เนื่องจากการจดบันทึกข้อมูลขั้นต้นอาจเป็นคำพูดทั่วไป ดังนั้นจะต้องมีการแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่จะนำไปใช้งานจริง เมื่อสรุปแล้วควรส่งรายงานให้ผู้สัมภาษณ์ช่วยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลอีกครั้งด้วย การสัมภาษณ์อาจทำมากกว่าหนึ่งครั้งเพื่อแก้ไข หรือเพิ่มรายละเอียดข้อมูล ไม่จำเป็นต้องให้จบภายในครั้งเดียวก็ได้ ทั้งนี้ข้อมูลชุดเดียวกันอาจมีการรวบรวมเพื่อให้ครบถ้วนจากการสัมภาษณ์หลายคนได้เช่นกัน เนื่องจากเป็นไปได้ยากที่จะมีคนที่ทราบรายละเอียดทั้งหมดได้ครบถ้วน

รูปที่ 15 ตัวอย่างฟอร์มบันทึกการสัมภาษณ์

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การออกแบบระบบการผลิต

การออกแบบระบบการผลิตมีความซับซ้อน ตั้งแต่ส่วนประกอบที่ควรมีในระบบการผลิต ขั้นตอนการออกแบบที่ควรจะทำ ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการออกแบบ และสุดท้ายคือตัวชี้วัดที่บอกได้ว่าระบบการผลิตนั้นดีหรือไม่ อย่างไร งานวิจัยมากมายพยายามสร้างวิธีการออกแบบที่สามารถนำไปใช้งานได้ง่าย ลดการลงทุนในขั้นตอนการออกแบบจากการจ้างวานผู้เชี่ยวชาญ แต่แนวทางการออกแบบก็ต่างกันไป ต้องออกแบบให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าที่มีพฤติกรรมต่างกันและมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ Karlsson (2008) เล็งเห็นว่า การมีแนวทางการออกแบบระบบการผลิตจะช่วยให้ออกแบบได้เร็วขึ้น ง่ายขึ้น เริ่มจากการวิเคราะห์คุณสมบัติที่ระบบการผลิตต้องการ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้แบ่งไว้ 4 ด้านหลัก คือ ด้านปริมาณที่ผลิตได้ ด้านความยืดหยุ่นในการพัฒนาระบบต่อ ด้านความไวในการจัดการระบบ และด้านความทนทานของระบบ จากนั้นใช้แผนผัง Functional Process Area (FPA) ช่วยในการวางโครงสร้างระบบที่ต้องพิจารณารวมถึงการนำเข้า และส่งออกข้อมูล พร้อมระบุคุณสมบัติที่ต้องการ แบ่งเป็นการออกแบบในส่วนที่ใหญ่ที่สุด แล้วแบ่งรายละเอียดเล็กลงไป ซึ่ง

การออกแบบจะเป็นคำแนะนำสิ่งที่ควรทำเพื่อบรรลุตามคุณสมบัติต่างๆ ทั้งนี้ไม่ได้แนะนำส่วนประกอบที่ต้องพิจารณาและลำดับการออกแบบที่แน่ชัด เป็นกรอบแนวคิดเพื่อให้มีหลักการในการพิจารณาออกแบบ ทั้งนี้ไม่ได้มีการพิจารณาการปรับปรุงหรือออกแบบใหม่ในขั้นตอนที่ออกแบบไปในลำดับต้น

Sivard และ Lundgren (2008) มีแนวคิดที่ต่างออกไป พวกเขาคาดว่าจะต้องมีการออกแบบในลักษณะวนซ้ำแน่นอน โดยพวกเขาได้แบ่งส่วนการออกแบบเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ การวางแผนกระบวนการผลิต การออกแบบระบบ และการจัดการทรัพยากร สามารถเริ่มออกแบบจากส่วนใดก็ได้ แต่เชื่อว่าจะกระบวนต่ออีก 2 ส่วนที่เหลือเสมอ ดังนั้นจึงต้องทำการทดสอบกับแบบจำลองของระบบการผลิต เพื่อประเมินผลซ้ำทุกครั้งที่มีการแก้ไขแบบ แล้วจึงดูว่าควรปรับปรุงส่วนใดต่อไป ในส่วนรายละเอียดภายใน 3 ส่วนนั้นไม่ได้ระบุไว้ชัดเจน มีเพียงคำแนะนำว่าควรพิจารณาในขอบเขตเหล่านั้น โดยมีแนวคิดว่า เมื่อโจทย์การออกแบบเปลี่ยนไป ระบบก็จะพิจารณาในรายละเอียดที่ต่างกัน ซึ่งมีลักษณะเฉพาะแยกย่อยมากมายเกินกว่าจะระบุได้ ควรพิจารณาเป็นกรณีไป

หลายงานวิจัยมีแนวคิดที่จะแตกแยกรายละเอียดของการออกแบบด้วยวิธี Requirements Decomposition (Cochran และ Reynal, 1996, Cochran, 1999, Cochran และคณะ, 2002, Suh และคณะ, 2008, Mohamed และ Khan, 2012 และ Cochran และคณะ, 2016) อาศัยการระบุว่า เพื่อจะบรรลุแต่ละความต้องการได้ ต้องมีหลักการในการออกแบบอย่างไร โดยเรียกความต้องการแต่ละส่วนว่าเป็น Functional Requirements และเรียกส่วนที่ต้องทำการออกแบบว่า Design Parameters ซึ่งต้องอาศัยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และผลกระทบต่างๆ จากการออกแบบแต่ละส่วน นอกจากนั้นยังวางแนวทางให้ออกแบบจากส่วนที่อยู่ในระดับล่างกว่าขึ้นมาระดับบน ความต้องการระดับบนสุดของการออกแบบ คือ การได้ผลกำไรสูงสุดในการดำเนินงาน ระดับรองลงมาแบ่งเป็นสองส่วนหลัก คือ การลดต้นทุน และการเพิ่มผลกำไร ระดับล่างลงมาจะเป็นการดำเนินการในด้านต่างๆ ได้ดี ซึ่งเกิดได้จากการออกแบบหลายส่วน นอกจากนั้นยังมีการแนะนำแนวทางในการออกแบบต่อไปในแนวระดับเดียวกัน เรียงลำดับจากซ้ายไปขวา อย่างไรก็ตาม จะไม่มีการพูดถึงการกลับไปปรับปรุงในส่วนที่ทำการออกแบบในลำดับก่อนหน้า เป็นการเดินหน้าออกแบบทิศทางเดียวด้วยลำดับที่ตายตัว

การออกแบบระบบการผลิตที่สร้างเพื่อให้สามารถใช้ได้กับโจทย์การออกแบบที่หลากหลาย มักจะแนะนำเพียงแนวทาง ไม่สามารถลงรายละเอียดได้มากนัก ในขณะที่หากสร้างแนวทางการออกแบบระบบการผลิตที่เจาะจงสำหรับระบบการผลิตแบบใดแบบหนึ่ง จะสามารถวางแนวทางได้ชัดเจนขึ้น ตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ Liraviasl (2015) และคณะ วางแนวทางการออกแบบสำหรับระบบการผลิตที่สามารถกำหนดค่าได้ (Reconfigurable Manufacturing Systems) ระบบจะมีขอบเขตในการใช้งานเครื่องมือ เครื่องจักรที่มีการปรับค่าได้ โดยมีแนวคิดว่าหากระบบการผลิตจะสามารถปรับตัวต่อความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ ควรจะเป็นระบบที่มีคุณสมบัติ ในการปรับตัวสูง ดังนั้นจึงพิจารณาตัวชี้วัดด้านความไวในการดำเนินการผลิต และความยืดหยุ่นในการรับมือกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไปมากกว่าระบบทั่วไป ข้อจำกัดก็คือไม่ใช้ทุกระบบจะมีกำลังในการลงทุนกับเทคโนโลยีการผลิตที่สามารถปรับค่าได้ซึ่งมีราคาสูง

2.2.2 การออกแบบระบบสารสนเทศ

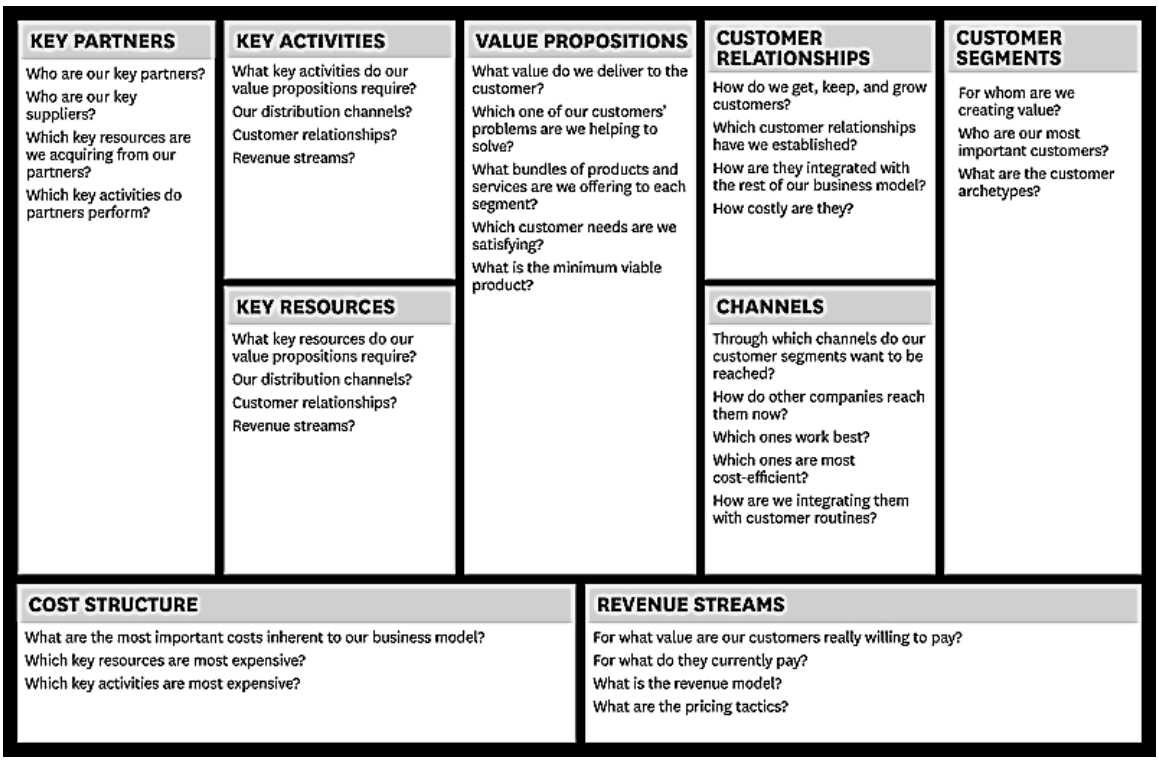
การจะออกแบบระบบสารสนเทศซึ่งเป็นระบบสนับสนุนกระบวนการใดก็แล้วแต่จะต้องมีการศึกษาการทำงานที่เกิดขึ้น และผู้ใช้งานระบบ ในงานของ อตินุช ลิมป์มณีรักษ์ (2013) ได้ทำการออกแบบระบบซื้อ-ขายความจุรถบรรทุก จึงต้องทำการศึกษาแนวทางการทำงานจริงที่เกิดขึ้น เพื่อวิเคราะห์ระบบการทำงาน มีผู้ที่เกี่ยวข้องกับระบบหลายส่วน โดยที่ต้องออกแบบส่วนประสานกับผู้ใช้ให้เหมาะกับแต่ละประเภทผู้ใช้ และเมื่อสร้างระบบขึ้นมาแล้ว จะให้ผู้ใช้งานจริงทดสอบ ว่าระบบสารสนเทศนั้น สามารถใช้ประกอบกับระบบการทำงานหลักได้จริงหรือไม่

ข้อมูลมากมายที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบการผลิต มีทั้งข้อมูลที่รับจากผู้ประกอบการและข้อมูลที่รับจากส่วนการออกแบบแต่ละส่วน ซึ่งมีความละเอียดต่างกันไป และสามารถให้ข้อมูลได้หลายรูปแบบ ข้อมูลเหล่านั้นจะมีคุณลักษณะเฉพาะของข้อมูลนั้นเองที่ต้องพิจารณา Bruch และ Bellgran (2013) ได้แบ่งคุณลักษณะของข้อมูลที่ควรพิจารณาเป็น 6 อย่าง ได้แก่ ประเภทของข้อมูล แหล่งที่มา สื่อที่ใช้ในการส่งข้อมูล รูปแบบการเก็บข้อมูล คุณภาพของข้อมูล และการนำไปใช้งานได้จริงของข้อมูล คุณสมบัติเหล่านี้มีผลต่อการออกแบบระบบสารสนเทศที่จะสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิตแต่ละส่วน การรับข้อมูลเข้าสู่ส่วนการออกแบบนั้นต้องพิจารณาประเภทของข้อมูลและแหล่งที่มา เพื่อจะออกแบบการรองรับให้เหมาะกับสิ่งที่ส่งมา ส่วนใดที่มีการใช้ข้อมูลจะคำนึงถึงสื่อกางและรูปแบบข้อมูลซึ่งจะต้องสามารถส่งต่อกันได้ สามารถใช้ร่วมกันได้ที่รูปแบบการเก็บข้อมูลเดียวกัน สุดท้ายคือ การนำข้อมูลไปใช้งานจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของข้อมูล และการนำไปใช้ตัดสินใจออกแบบในส่วนการออกแบบได้จริง

2.2.3 การรวบรวมข้อมูลจากผู้ประกอบการ

การออกแบบระบบการผลิตเริ่มจากการตั้งโจทย์ของการออกแบบก่อน เพื่อตั้งเป้าหมาย ขอบเขต และสภาพแวดล้อมที่ระบบกำลังเผชิญ นั้นจะนำไปสู่การรวบรวมข้อมูลเพื่อการออกแบบต่อไป รวมถึงจะส่งผลต่อทิศทางการออกแบบระบบหลังจากนั้นด้วย Na และคณะ (2016) ได้เสนอแนวทางการระดมความคิดในการออกแบบระบบการผลิต การสร้างบรรยากาศการทำงานที่ช่วยให้เกิดความรวมมือกันของแต่ละฝ่ายที่เชี่ยวชาญต่างกันไป และแนวทางการสื่อสารเพื่อให้เกิดการรวบรวมข้อมูล มีวัตถุประสงค์ในการมองภาพรวมของข้อมูลได้ครอบคลุมแต่ยังไม่ได้เน้นรายละเอียดการทำงาน เป็นเพียงหลักการเท่านั้น

Business Model Canvas เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการสรุปความคิดและข้อมูลเพื่อตั้งธุรกิจบางอย่างขึ้นมา โดยจะต้องหาข้อมูลเติมลงในส่วนต่างๆ ให้ครบถ้วนตามที่แผนภาพแบ่งให้ แสดงในรูปที่ 16 งานวิจัยของ Onken และ Campeau (2016) ได้นำเสนอการใช้ Business Model Canvas กับการตั้งธุรกิจใหม่เช่นกัน ซึ่งถือเป็นทางเลือกที่ดีสำหรับผู้ประกอบการ SMEs ที่ยังไม่มีแนวทางในการเริ่มต้น สามารถใช้ในการแบ่งสัดส่วนข้อมูลได้ง่ายและสามารถนำเสนอให้ผู้ไม่เกี่ยวข้องเข้าใจได้ง่ายภายในเวลาสั้นๆ อีกด้วย Joyce และ Paquin (2016) ได้พัฒนาแผนภาพนี้ไปใช้งานกับอีกสองด้านนอกเหนือจากด้านธุรกิจ ได้แก่ Environmental layer และ Social layer เพื่อพิจารณาสิ่งแวดล้อมและสังคมที่เกี่ยวข้องในฐานะลูกค้าตามลำดับ จะเห็นได้ว่าสามารถนำ Business Model Canvas สามารถนำไปใช้ได้กับหลายมุมมอง เชื่อว่าระบบการผลิตก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้เช่นกัน



รูปที่ 16 ตัวอย่าง Business Model Canvas พร้อมคำอธิบายแนวทางการใส่ข้อมูล
ที่มา : https://hbr.org/2013/05/a-better-way-to-think-about-yo

2.3 สรุปทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบระบบการผลิตเป็นปัญหาที่มีศึกษากันอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่การกำหนดขอบเขตความหมายของระบบการผลิต (Manufacturing System) งานวิจัยส่วนใหญ่ให้คำนิยามว่าระบบการผลิตไม่ใช่เพียงส่วนประกอบทางกายภาพ แต่หมายรวมถึงส่วนประกอบทางการบริหารจัดการด้วย (Laperrie`re และ Reinhart, 2014) ส่วนประกอบที่ต้องออกแบบก็ยังสามารถแบ่งได้เป็นหลายส่วน บางงานวิจัยไม่ได้แบ่งรายละเอียดไว้เลยว่าในสองส่วนหลักนั้นมีอะไรบ้าง (Karlsson, 2008) นอกจากนี้ หลายงานวิจัยก็ยังไม่นำเสนอวิธีการออกแบบอย่างละเอียด เนื่องจากแต่ละโจทย์การออกแบบมีรายละเอียดแตกต่างกัน ไม่เหมาะกับวิธีการออกแบบเดียวกัน แต่ก็ยังมีงานวิจัยที่แบ่งเป็นกลุ่มย่อยของส่วนประกอบในมุมมองที่ต่างๆ (Sivard และ Lundgren, 2008) และมีงานวิจัยที่แบ่งละเอียดไปจนถึงส่วนย่อยในแต่ละกลุ่ม (Cochran และ Reynal, 1996, Cochran, 1999, Cochran และคณะ, 2002, Suh และคณะ, 2008, Mohamed และ Khan, 2012 และ Cochran และคณะ, 2016) ในบางงานวิจัยที่สร้างวิธีการออกแบบเพื่อรูปแบบระบบการผลิตเดียว จึงสามารถทำได้ละเอียดมากกว่า (Liraviasl, 2015)

การที่กลุ่มของระบบการผลิตถูกแบ่งย่อย ก็เทียบเคียงได้กับการได้ข้อมูลการออกแบบเพิ่มขึ้นมา ที่ทำให้ระบุได้ชัดเจนขึ้นว่าเป็นระบบการผลิตแบบใด กล่าวได้ว่า ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบ

การผลิตมีความสำคัญต่อการเลือกแนวทางการออกแบบระบบการผลิตให้ได้คำตอบที่เหมาะสมกับโจทย์แต่ละโจทย์ (Bruch และ Bellgran, 2013) ซึ่งต้องอาศัยการเก็บรวบรวมข้อมูลให้ครบถ้วน (Na และคณะ, 2016, Onken และ Campeau, 2016 และ Joyce และ Paquin, 2016) ข้อมูลเหล่านั้นจะเป็นเหมือนขอบเขตของโจทย์การออกแบบระบบการผลิตนั้น ซึ่งจะมีผลต่อการออกแบบ ทำให้เข้าใกล้เป้าหมายที่ต้องการได้มากขึ้น

จากงานวิจัยที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่า ยิ่งระบุขอบเขตการออกแบบระบบการผลิตที่เฉพาะเจาะจงมาก ก็จะทำให้ขั้นตอนการออกแบบมีลำดับตายตัว ทำให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปใช้ต่อได้โดยไม่ต้องตัดสินใจวิธีการออกแบบเอง อย่างไรก็ตามขั้นตอนการออกแบบนั้นจะเหมาะสำหรับโจทย์ที่มีรายละเอียดตามที่ระบุเท่านั้น มีขอบเขตการนำไปใช้งานต่อที่แคบเท่าที่รายละเอียดได้กำกับไว้ ในทางกลับกัน ถ้าขอบเขตที่กำกับการออกแบบไม่ได้ลงรายละเอียดมาก จะเปิดโอกาสให้ผู้นำไปใช้พิจารณาลำดับการออกแบบตามความเหมาะสมกับโจทย์นั้น ซึ่งจะสามารถนำไปใช้งานต่อได้กว้างกว่า พร้อมกับการยอมรับว่ามีส่วนที่ต้องตัดสินใจเพิ่มเติมเอง ไม่ได้มีวิธีการสำเร็จรูปวางไว้ให้ หากมีงานวิจัยที่สามารถบอกโครงสร้างข้อมูลที่ใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันได้ ที่สามารถใช้ระบุขอบเขต และเป้าหมายของการออกแบบ นำไปสู่การออกแบบที่เหมาะสม โดยนำเสนอหลักการที่สามารถทำตามได้และให้ผลลัพธ์ที่น่าพึงพอใจ ก็จะทำให้สามารถนำไปใช้ได้กว้างขวาง และสะดวกต่อการใช้งานด้วย ตามรายละเอียดของแต่ละงานวิจัย จะสามารถสรุปเป็นข้อเปรียบเทียบระหว่างงานวิจัยอื่นๆ กับงานวิจัยนี้ได้ โดยแบ่งเป็นการเปรียบเทียบขอบเขตงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบระบบการผลิต และการเปรียบเทียบขอบเขตงานวิจัยเกี่ยวกับระบบสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต จะทำได้ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2ตามลำดับ ซึ่งหากงานวิจัยนั้นๆ มีคุณสมบัติใดก็จะทำเครื่องหมายถูก (/) ในช่องตารางนั้น

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: ขอบเขตงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบระบบการผลิต

ประเด็นเปรียบเทียบ / งานวิจัย		Laperrie`re และ Reinhart (2014)	Karlsson (2008)	Sivard และ Lundgren (2008)	Series ของกลุ่ม Cochran	Liraviasl (2015)	งานวิจัยนี้
ผู้ใช้งาน	ผู้เชี่ยวชาญ		/	/			
	มีความรู้ปานกลาง	/			/		/
	มีความรู้น้อย					/	/
ระดับผู้ประกอบการที่สนใจ	SME						/
	LE					/	
	ไม่ได้ระบุ	/	/	/	/		
ขอบเขตการใช้งาน	ทุกระบบ	/	/	/	/		/
	เฉพาะเป้าหมาย					/	
องค์ประกอบของระบบการผลิต	มีแนวทางในการแบ่ง						
	แบ่งไม่ละเอียด	/	/	/			
	แบ่งละเอียด				/	/	/
ส่วนการออกแบบ	มีแนวทางในการแบ่ง		/				
	แบ่งไม่ละเอียด	/		/			
	แบ่งละเอียด				/	/	/
ลำดับการออกแบบ	ไม่มีลำดับ	/	/				
	มีแนวทางสร้างลำดับ			/			/
	มีหลายลำดับให้เลือกได้				/		
	มีลำดับเดียว					/	
วิธีการทำงานวิจัย	พัฒนาขึ้นมาใหม่		/	/	/	/	/
	รวบรวมงานวิจัยอื่น	/				/	/
	ศึกษากรณีจริงของโรงงาน						/

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: ขอบเขตงานวิจัยเกี่ยวกับระบบสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต

ประเด็นเปรียบเทียบ / งานวิจัย		อดินุช ลิมป์ไมณีรักษ์ (2013)	Bruch และ Bellgran (2013)	Na และคณะ (2016)	Onken และ Campeau (2016)	Joyce และ Paquin (2016)	งานวิจัยนี้
ผู้ใช้งาน	ฝ่ายบริหารจัดการ	/	/	/	/	/	/
	ฝ่ายปฏิบัติงาน	/					/
	ผู้ออกแบบ	/	/	/			/
ระดับผู้ประกอบการที่สนใจ	SME	/			/		/
	LE					/	
	ไม่ได้ระบุ		/	/			
ขอบเขตการใช้งาน	ทุกระบบ		/	/	/		/
	เฉพาะเป้าหมาย					/	
	เฉพาะอุตสาหกรรม	/					
ประเภทข้อมูล	ภาพใหญ่ และมีแนวทาง		/	/	/	/	/
	แบ่งละเอียดตามจริง	/					
วิธีการทำงานวิจัย	พัฒนาขึ้นมาใหม่	/	/	/		/	/
	รวบรวมงานวิจัยอื่น		/				/
	ใช้เครื่องมือที่มีอยู่แล้ว				/	/	
	ศึกษากรณีจริงของโรงงาน	/					/

เพื่อแก้ปัญหาทั้งในแง่ของความลำบากในการใช้งาน และขอบเขตที่เฉพาะเจาะจงเกินกว่าจะนำไปใช้งานได้ จึงต้องมีการสร้างวิธีการออกแบบระบบการผลิตที่ช่วยให้การออกแบบของผู้ประกอบการ SMEs ง่ายขึ้น ทั้งนี้จะต้องเป็นกรอบการออกแบบระบบการผลิตที่ทำให้ผู้ประกอบการเข้าใจการออกแบบระบบการผลิตได้มากขึ้น ซึ่งจะทำให้ลดการพึ่งพาความรู้ของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบระบบการผลิตน้อยลง โดยกรอบการออกแบบระบบการผลิตควรประกอบด้วยส่วนการออกแบบแต่ละส่วน ซึ่งสามารถปรับลำดับการออกแบบส่วนประกอบเหล่านั้น ตามเป้าหมายของโจทย์นั้นๆ โดยเป้าหมายจะทราบได้จากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมากำกับทิศทางการออกแบบ ทั้งหมดนี้จะช่วยวางแนวทางการออกแบบตั้งแต่รวบรวมข้อมูล ออกแบบ จนสุดท้ายได้เป็นระบบการผลิตที่เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของระบบการผลิตนั้นๆ และนั้นจึงเป็นที่มาของงานวิจัยนี้ในการสร้างกรอบการออกแบบระบบการผลิตนั่นเอง

3 การออกแบบระบบการผลิต

ระบบการผลิตสามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้หลากหลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งประเภท เช่น ขนาดของระบบการผลิต ลักษณะการไหลของวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ระหว่างผลิต ลักษณะการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า เป็นต้น ซึ่งการแบ่งระบบการผลิตในแต่ละรูปแบบก็จะเหมาะสมกับการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันออกไป

การออกแบบระบบการผลิตจะเริ่มจากการสำรวจและศึกษารวบรวมข้อมูลระบบการผลิตในรูปแบบต่างๆผ่านการผลิตที่ไม่ซับซ้อนเกินไปเพื่อให้เข้าใจถึงระบบการผลิตก่อน จากนั้นจึงให้คำ**นิยามของระบบการผลิต** เพื่อให้ทราบถึงบทบาทของแต่ละ**องค์ประกอบของการผลิต** ซึ่งระบบการผลิตในอุตสาหกรรมนั้นมีองค์ประกอบมากมาย ทำให้การออกแบบจำเป็นต้องมีส่วนประกอบหลายส่วนตามไปด้วย โดยเมื่อระบบของแต่ละอุตสาหกรรมนั้นมีลักษณะเฉพาะที่ต่างกัน จะทำให้มีองค์ประกอบที่ต่างกันออกไปตามความเหมาะสม โดยในส่วนที่แต่ละอุตสาหกรรมสามารถพิจารณาด้วยมาตรฐานเดียวกัน และทุกระบบจำเป็นต้องมีเพื่อที่จะดำเนินการได้นั้นจะเรียกว่าเป็น**ระบบการผลิต**

การออกแบบระบบการผลิตนั้นจะต้องออกแบบตาม**หลักการออกแบบระบบการผลิต**เพื่อให้สามารถนำส่งผลลัพธ์ตามองค์ประกอบของการผลิตได้ นอกจากนี้การออกแบบจะต้องดำเนินการตามเป้าหมายที่ผู้ประกอบการต้องการ ทำให้ผลที่คาดหวังจากระบบการผลิตนั้นมีหลากหลาย ซึ่งระบบการผลิตที่ต่างกัน ก็จะให้ความสำคัญกับแต่ละคุณสมบัติต่างกันไป ดังนั้นจึงต้องพิจารณาถึง**มิติชี้วัด**ในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับแต่ละองค์ประกอบ ที่จะสามารถสะท้อนให้เห็นได้ว่าระบบมีคุณสมบัติที่ดีในด้านใด เนื่องจากมิติชี้วัดนั้นจะสามารถใช้สะท้อนลักษณะของระบบการผลิตนั้นได้ สามารถชี้นำได้ว่าจะออกแบบระบบการผลิตไปในลักษณะใด และสามารถประเมินระบบการผลิตนั้นได้ ซึ่งแต่ละระบบการผลิต สามารถเลือกตัวชี้วัดให้สอดคล้องกับเป้าหมายที่สนใจได้ ซึ่งจากองค์ประกอบของระบบการผลิต หลักการออกแบบระบบการผลิต และมิติชี้วัดระบบการผลิตที่กล่าวมาข้างต้น จะทำให้สามารถสรุปเป็นกรอบการดำเนินงานเพื่อออกแบบระบบการผลิตได้

3.1 การสำรวจและศึกษารวบรวมข้อมูลระบบการผลิตในภาคปฏิบัติ

แนวคิดการดำเนินงานวิจัยในการออกแบบระบบการผลิตอย่างรวดเร็วสำหรับผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมนั้นจะเริ่มจากการศึกษาระบบการผลิตของอุตสาหกรรมต่างๆ โดยคณะผู้วิจัยได้เลือกเข้าศึกษาการผลิตทั้งในโรงงานขนาดย่อมหรือวิสาหกิจชุมชนหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) และการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป คณะผู้วิจัยเลือกที่จะศึกษาการผลิตในวิสาหกิจชุมชนก่อนเพราะมีระบบการผลิตไม่ซับซ้อน ทำให้สามารถวิเคราะห์หาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์และออกแบบระบบการผลิตได้ไม่ยากนัก ประกอบกับข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการผลิตมีไม่มาก และมีกรรมวิธีการผลิตที่เข้าใจได้ง่าย จึงเป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการกำหนดโครงสร้างของข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และองค์ประกอบมาตรฐานในระบบการผลิต

จากการที่ผู้วิจัยได้เข้าไปศึกษาวิสาหกิจชุมชนในหลายประเภทเพื่อให้ทราบถึงธรรมชาติของอุตสาหกรรม เช่น ในด้านของธรรมชาติผลิตภัณฑ์ ธรมชาติความต้องการสินค้าของลูกค้า และการตัดสินใจในการวางแผนการผลิต เป็นต้น พบว่าชนิดของอุตสาหกรรมที่เข้าไปศึกษานั้นแตกต่างกันไป

ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดในด้านการเข้าไปสำรวจและเก็บข้อมูล จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่าวิสาหกิจชุมชนหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ยังไม่มีรูปแบบของระบบการผลิตที่ชัดเจนและเป็นมาตรฐาน อันเป็นผลมาจากการมีวัตถุประสงค์ในการผลิตที่แตกต่างกัน โดยแต่ละโรงงานจะดำเนินการโดยเน้นที่กระบวนการผลิตเป็นหลัก นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากปัจจัยในด้านสภาพแวดล้อม พื้นฐานความรู้ด้านการผลิตของผู้ประกอบการ ตลอดจนการเข้าถึงการส่งเสริมความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบการผลิตของผู้ประกอบการด้วย ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลทำให้วิสาหกิจชุมชนที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันมีรูปแบบของระบบการผลิตจะแตกต่างกันไป เนื่องจากกรรมวิธีการผลิตที่เลือกใช้ต่างกัน ส่งผลให้รูปแบบของการบริหารจัดการการผลิตแตกต่างกัน นอกจากนี้ความต้องการของผู้ประกอบการแต่ละแห่งในด้านประสิทธิภาพการผลิต ต้นทุน และความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้ายังส่งทำให้มีรูปแบบของระบบการผลิตที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ผู้ประกอบการวิสาหกิจชุมชนหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ยังขาดความรู้ ความเข้าใจในเรื่องระบบการผลิต ขาดการตระหนักถึงความสำคัญของการมีระบบการผลิตที่ดี และขาดการวางแผนเพื่อพัฒนาระบบการผลิต ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีความสำคัญมากต่อการขยายขนาดธุรกิจ และปรับตัวเพื่อในทันต่อการแข่งขันที่นับวันจะทวีความรุนแรงมากขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้ระบบการผลิตที่มีไม่สามารถสนองต่อวัตถุประสงค์ของผู้ผลิตได้ในหลายๆด้านดังนี้

1. ด้านกำลังการผลิต โดยไม่สามารถผลิตได้ตามความต้องการ
2. ด้านคุณภาพ ไม่ผ่านการรับรองมาตรฐานคุณภาพ และ/หรือระบบการควบคุมคุณภาพ
3. ด้านความต่อเนื่องของกระบวนการผลิต ทำให้เกิดปัญหาการขาดวัตถุดิบ และการส่งงานล่าช้าให้แก่ลูกค้า

การที่ผู้ประกอบการขาดความชำนาญ และขาดประสบการณ์ในการออกแบบ และนำระบบการผลิตมาประยุกต์ใช้เพื่อให้เข้ากับธุรกิจของตนเอง ขาดการวิเคราะห์เชื่อมโยง การมองธุรกิจแบบองค์รวม รวมถึงผลกระทบของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อสมรรถนะโดยรวมของระบบ ซึ่งในขณะที่ขนาดของธุรกิจยังไม่ใหญ่มากนัก การขาดระบบการผลิตที่ดี อาจจะไม่ส่งผลหรือก่อให้เกิดปัญหาที่รุนแรงมากนัก แต่หากต้องการเพิ่มขีดความสามารถในการปรับตัว เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงความต้องการของลูกค้าที่นับวันจะมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้น และสภาวะการแข่งขันที่สูงขึ้นจากคู่แข่ง จึงจำเป็นต้องยกระดับการผลิตของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนขนาดกลาง และขนาดเล็กให้มีศักยภาพ และมาตรฐานเทียบเท่ากับโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อให้สามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันและตอบสนองต่อความต้องการของตลาด และเพื่อให้สามารถรับรองต่อการเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการออกแบบให้การผลิตทำงานอย่างเป็นระบบ มีการเลือกองค์ประกอบเพื่อนำมาใช้ให้เหมาะสมกับงานอย่างคุ้มค่า และวางแผนการทำงานร่วมกันตั้งแต่การออกแบบ จะทำให้ทุกองค์ประกอบสามารถทำงานเพื่อบรรลุเป้าหมายได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

ผลิตภัณฑ์จากโครงการหนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ หรือที่เรียกกันว่า โอทอป (OTOP) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตขึ้นจากวัตถุดิบที่หาได้หรือเป็นวัตถุดิบที่มีชื่อเสียงในแหล่งนั้น จากความเป็นเอกลักษณ์ทำให้สินค้าโอทอปมีความน่าสนใจ ก่อให้เกิดรายได้ให้กับผู้คนตามท้องถิ่น และสร้างรายได้ให้แก่ประเทศ โดยนายอารยะ มาอินทร์ รองผู้อำนวยการสำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ (2558) เปิดเผยว่า “ผลวิจัยแนวโน้มความต้องการผลิตภัณฑ์โอทอป ในตลาดพบ 3 กลุ่มผลิตภัณฑ์

ดาวรุ่ง มีความต้องการในท้องตลาดสูงสุด ได้แก่ 1. อาหารแปรรูปและเครื่องดื่ม 2. ของใช้ ของตกแต่ง ของที่ระลึก และ 3. กลุ่มผ้า เครื่องแต่งกายและเครื่องประดับ

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิสาหกิจชุมชน 2 กลุ่มผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งเป็น 5 กรณีศึกษา ได้แก่

1. โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์เภทอาหารแปรรูปและเครื่องดื่ม ประกอบด้วย
    - กรณีศึกษาที่ 1 ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะขาม
    - กรณีศึกษาที่ 2 ผลิตภัณฑ์พริกแกง
2. โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทของใช้ ของตกแต่ง ของที่ระลึก ประกอบด้วย
    - กรณีศึกษาที่ 3 ผลิตภัณฑ์ประเภทของใช้โลหะผสม
    - กรณีศึกษาที่ 4 ผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องปั้นดินเผา
    - กรณีศึกษาที่ 5 ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกาย

จากวัตถุประสงค์หลักของการศึกษาระบบการผลิตที่มีอยู่ที่ต้องการนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อหาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์และออกแบบระบบการผลิต ดังนั้นในการศึกษากรณีศึกษาต่างๆดังต่อไปนี้ ก็จะดำเนินการศึกษาในประเด็นที่สำคัญคือด้านกำลังการผลิตเพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อออกแบบการสร้างกำลังการผลิตให้กับระบบการผลิต ด้านเส้นทางการผลิตเพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อออกแบบเส้นทางการผลิตซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดจากการส่งต่องานกันระหว่างแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งเป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละองค์ประกอบของระบบการผลิต และด้านการจัดเก็บพัสดุคงคลังเพื่อนำข้อมูลพฤติกรรมของความต้องการผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์เพื่อออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง

3.1.1 กรณีศึกษาที่ 1 ระบบการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะขาม

เนื่องจากปัจจุบันการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ยังคงเป็นรูปแบบของอุตสาหกรรมครัวเรือน ที่ยังคงมีศักยภาพการผลิตที่ไม่ดีเท่าที่ควร นั่นเป็นเพราะการผลิตในปัจจุบันยังคงใช้ประสบการณ์ในการตัดสินใจที่ไม่มีหลักการแน่ชัด ไม่มีข้อมูลที่เพียงพอมาสนับสนุนในการตัดสินใจ และมองไม่เห็นภาพรวมของการทำงาน ทำให้ไม่สามารถมั่นใจได้ว่าการตัดสินใจถูกต้องหรือไม่ จึงส่งผลให้เกิดระบบการผลิตที่มีศักยภาพการทำงานที่ไม่ดีตามมา ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าการออกแบบระบบการผลิตจะทำให้สามารถผลิตสินค้าได้ตรงตามความต้องการของลูกค้าทั้งในด้านคุณภาพ ปริมาณ และเวลา ในการออกแบบระบบการผลิตจำเป็นต้องเห็นถึงภาพรวมของระบบการผลิตทั้งหมดว่าระบบการผลิตประกอบด้วยอะไรบ้าง แต่ละส่วนมีความสำคัญอย่างไร มีความเชื่อมโยงกันอย่างไร และส่งผลต่อการทำงานอย่างไรบ้าง

- ด้านกำลังการผลิต

ในการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะขามยังคงเป็นการทำงานโดยใช้คนงานเป็นหลัก ทุกคนสามารถทำการผลิตได้เกือบทุกขั้นตอนภายในกระบวนการผลิต แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการใช้คนงานจำนวนมากในโรงงานก็มีข้อเสียตรงที่การทำงานของคนงานจะมีความแปรปรวนเยอะทั้งทางด้านเวลาและคุณภาพ นอกจากนี้กำลังการผลิตก็ยังน้อยกว่าการใช้เครื่องจักรอยู่มาก และที่สำคัญที่สุดแม้ว่า

คนงานจะมีค่าจ้างในรายวันที่ต่ำ แต่การซื้อเครื่องจักรมาใช้ในการทำงานอาจคุ้มค่าด้านราคามากกว่าเมื่อพิจารณาในระยะยาวก็เป็นได้ และอีกประเด็นหนึ่งที่มีความน่าสนใจคือจากนโยบายการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาที่ว่าออกแบบรูปแบบระบบการผลิตที่ค่อนข้างแบ่งแยกตามกลุ่มผลิตภัณฑ์ เป็นผลให้การเข้าไปเยี่ยมชมโรงงานเห็นถึงเครื่องจักรที่ไม่ถูกใช้งานอยู่หลายกระบวนการ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงเห็นว่าหากมีการวางแผนรูปแบบการผลิตใหม่โดยให้กระบวนการที่มีการทำงานที่เหมือนกันสามารถใช้เครื่องจักร และเครื่องมือร่วมกันได้อาจจะสามารถทำให้เครื่องจักร และเครื่องมือว่างงานน้อยลงได้

- ด้านเส้นทางการผลิต

ผลิตภัณฑ์แปรรูปจากมะขามนั้นสามารถแบ่งชนิดและรูปแบบของผลิตภัณฑ์ได้ 4 กลุ่มผลิตภัณฑ์ ดังนี้

- กลุ่มมะขามคลุกเสวย (TAMARIND WITH SUGAR)
- กลุ่มมะขามเคี้ยวหนึบ (TAMARIND SOFT CANDY)
- กลุ่มกล้วยกรอบแก้วไส้มะขาม (CRISPY BANANA WITH TAMARIND JAM)
- กลุ่มมะขามเปรี้ยวแซ่บ (SOUR TAMARIND SNACKS)

และกระบวนการผลิตจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนผลิตและส่วนบรรจุภัณฑ์ ทำให้เกิดเป็นเส้นทางการผลิตที่หลากหลาย การผลิตร่วมกันทุกกลุ่มผลิตภัณฑ์ในการผลิตจริงจะมีการทำงานที่ซับซ้อนกว่าการผลิตแยกกันในแต่ละกลุ่มผลิตภัณฑ์ ทั้งในด้านการทำงานของคนงานที่จะเกิดความสับสนหากต้องทำงานเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์หลายรูปแบบ การตัดสินใจของคนงานว่าควรผลิตผลิตภัณฑ์ในกระบวนการไหนก่อนหากต้องรับผิดชอบหลายกระบวนการทำงาน

- ด้านการจัดเก็บพัสดุคงคลัง

ธรรมชาติของมะขามที่เป็นผลไม้ตามฤดูกาล และมีอายุประมาณ 2 ปี ทำให้ต้องคำนึงวิธีการจัดเก็บ และการใช้วัตถุดิบเพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด และจากความต้องการของตลาดที่มีความแปรปรวนทั้งตามช่วงฤดูกาล และความต้องการในกลุ่มของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไป ส่งผลให้ต้องคำนึงถึงความยืดหยุ่นในระบบการผลิตด้วย

นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ประเภทผลไม้แปรรูปจัดเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทอาหาร ดังนั้นวัตถุดิบบางอย่าง หรือผลิตภัณฑ์ทั้งที่ผลิตเสร็จแล้ว และยังไม่เสร็จไม่ควรมีการวางทิ้งไว้ข้ามคืน และบางกระบวนการผลิตจำเป็นต้องผลิตต่อกันไม่เช่นนั้นอาจทำให้ผลิตภัณฑ์เสียรสชาติได้ ดังนั้นต้องกำหนดว่าระหว่างกระบวนการผลิตใดที่วัตถุดิบในขั้นตอนไม่สามารถค้างคืนได้

3.1.2 กรณีศึกษาที่ 2 ระบบการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภทพริกแกง

ในปัจจุบันกระแสของอาหารไทยกำลังได้รับความนิยมจากชาวต่างชาติมากขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอาหารไทยเครื่องปรุงรสประเภทพริกแกงก็ถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมอาหาร และถือว่าเป็นหนึ่งในอาหารไทยที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นจากวัตถุดิบและเครื่องแกงที่มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวของประเทศไทย และสามารถส่งออกโดยมีระยะเวลาเก็บรักษาเพื่อนำไปรับประทานต่อที่ยาวนานกว่าอาหารปกติ

- ด้านกำลังการผลิต

จากการศึกษาพบว่า ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตพริกแกงในไทย โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะเป็นการผลิตโดยกลุ่มชุมชนหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) หรือธุรกิจกลุ่มครัวเรือนซึ่งเป็นกลุ่มที่มีกำลังในการผลิตขนาดเล็ก จึงทำให้กำลังการผลิตนั้นไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคพริกแกง เพราะเหตุนี้จึงทำให้ผู้ผลิตในระดับกลุ่มชุมชน หรือผู้ประกอบการในธุรกิจครัวเรือนมีความต้องการที่จะเพิ่มกำลังการผลิตของตัวเองให้มากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการของตลาด ซึ่งอาจจะใช้วิธียกระดับการผลิตของตัวเองให้เข้าสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรม

ดังนั้นเครื่องมือที่ช่วยสนับสนุนการออกแบบและพัฒนาระบบกระบวนการผลิต จึงเป็นตัวช่วยสำคัญของผู้ผลิตที่จะใช้ช่วยในการประกอบการตัดสินใจในเรื่องต่าง ๆ ในช่วงที่คิดจะสร้างโรงงานอุตสาหกรรมในการผลิต เช่น ช่วยในการเลือกว่าควรจะใช้วิธีไหนในกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอน ช่วยเลือกเครื่องจักรที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอน ช่วยเลือกอุปกรณ์ที่ควรมีภายในโรงงาน ช่วยคำนวณจำนวนพนักงานในแต่ละกิจกรรม ช่วยคำนวณกำลังการผลิตของกระบวนการในโรงงาน รวมไปถึงช่วยในการประเมินต้นทุนเบื้องต้นที่จำเป็นต้องใช้ในการซื้อเครื่องจักรต่าง ๆ นอกจากนี้ยังช่วยประหยัดเวลาที่ใช้ในการศึกษาหาข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการสร้างโรงงานการผลิตเพิ่มเติม ซึ่งในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือที่สามารถสนับสนุนกระบวนการออกแบบระบบการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตพริกแกงโดยเฉพาะ

- ด้านเส้นทางการผลิต

พริกแกงที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา คือผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเครื่องแกง และเครื่องปรุงต่าง ๆ โดยมีพริก และพืชสมุนไพรต่าง ๆ เป็นส่วนประกอบหลัก ซึ่งพริกแกงนั้นมีอยู่หลากหลายชนิด แต่ละชนิดนั้นมีกระบวนการการผลิตที่คล้ายคลึงกัน โดยอาจจะมีความแตกต่างกันตามกระบวนการผลิต ชนิดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตของพริกแกงนั้น ๆ รวมถึงรายละเอียดเล็ก ๆ น้อย ๆ ในการจัดเตรียมวัตถุดิบ ขึ้นอยู่กับความแตกต่าง และสูตรการผลิตของแต่ละผู้ผลิต ตัวอย่างเช่น พริกแกงเขียวหวาน พริกแกงมัสมั่น พริกแกงคั่ว พริกแกงเผ็ด พริกแกงส้ม เป็นต้น ซึ่งในแต่ละชนิดของพริกแกงนั้นมีคุณประโยชน์ทางด้านสุขภาพที่แตกต่างกันไป ตามแต่ละส่วนประกอบจากพืชสมุนไพรในแต่ละชนิดของพริกแกง นอกจากนี้รสชาติของพริกแกงก็มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวในแต่ละผู้ผลิตที่มีสูตรในการผลิตที่ไม่เหมือนกัน ซึ่งพริกแกงนั้นก็เป็นอาหารที่มีกระบวนการการผลิตที่ไม่ซับซ้อนจนเกินไป ส่งผลให้อุตสาหกรรมพริกแกงนั้นเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่น่าสนใจในการนำมาใช้เป็นอุตสาหกรรมอาหารตัวอย่างเพื่อทำการศึกษาในเรื่องของการออกแบบและพัฒนาระบบกระบวนการผลิต

เนื่องจากการมีจำนวนสายการผลิต (Line production) ที่แยกไปตามแต่ละชนิดของพริกแกง หรือการมีจำนวนสายการผลิตที่มากนั้น จะส่งผลต่อจำนวนเครื่องจักรหรือเครื่องมือที่จะต้องมีมากขึ้น เมื่อเทียบกับการมีสายการผลิตเพียง 1 สาย ดังนั้นการออกแบบให้มีจำนวนสายการผลิตน้อยที่สุดเท่าที่ระบบการผลิตจะสามารถผลิตได้ตามกำลังการผลิตต่อวันที่กำหนดไว้ได้

นั้น จะส่งผลในเรื่องของการช่วยลดจำนวนเครื่องจักรหรือเครื่องมือที่ใช้ได้ รวมถึงในการเปลี่ยนชนิดพริกแกงที่จะทำการผลิตจะต้องใช้เวลาสำหรับทำความสะอาดเครื่องจักรหรือเครื่องมือทุกครั้ง จึงไม่เหมาะสมถ้าหากจะทำการผลิตพริกแกงชนิดหนึ่ง ๆ สลับไปสลับมากับพริกแกงอีกชนิดหนึ่ง ดังนั้น ลักษณะการผลิตที่เหมาะสม คือ การออกแบบระบบการผลิตให้มีเพียงแค่ 1 สายการผลิต และทำการผลิตพริกแกงแบบทีละชนิดในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ โดยผลิตพริกแกงชนิดนั้นให้เสร็จในคราวเดียวเลย แล้วจึงค่อยเปลี่ยนไปผลิตพริกแกงชนิดอื่นต่อไป

- ด้านการจัดเก็บพัสดุคงคลัง

โดยจากลักษณะธรรมชาติของพริกแกง วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตนั้นจะเป็นของสดที่มีข้อจำกัดในเรื่องของอายุการจัดเก็บ และปริมาณกับชนิดของวัตถุดิบจะเปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการในแต่ละชนิดพริกแกงของลูกค้า จึงมีความจำเป็นที่ภายหลังจากการเตรียมวัตถุแล้วจะต้องทำการผลิตในช่วงหลังเตรียมวัตถุดิบให้เสร็จภายในวันที่ผลิต แต่ทั้งนี้ถ้าหากมีความจำเป็นที่จะต้องจัดเก็บงานที่อยู่ในระหว่างการผลิต (Work in process) ข้ามวัน ก็อาจจะสามารถทำได้ แต่โดยลักษณะธรรมชาติของพริกแกง ที่พริกแกงชนิดเดียวกันจะมีลักษณะ สี กลิ่น รสเดียวกัน ส่งผลให้วิธีการผลิตที่ตอบสนองต่อธรรมชาติของพริกแกง คือ การผลิตเป็นรอบ เพื่อคงคุณภาพของพริกแกงแต่ละชนิดให้ใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งจะมีผลต่อการกำหนดนโยบายการผลิต

3.1.3 กรณีศึกษาที่ 3 ระบบการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องใช้โลหะผสม

ผลิตภัณฑ์โอทอปประเภทเครื่องใช้ของตกแต่งโลหะผสม มีแนวโน้มที่ดีและมีการเติบโตอย่างต่อเนื่องดังนั้นหากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ก็จะเป็นการสร้างรากฐานในการเติบโตในภาคธุรกิจ และช่วยให้เพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับตลาดโลกในเรื่องของต้นทุนได้อีกด้วย ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำหลักการของการออกแบบระบบการผลิต (Manufacturing Design) มาพัฒนาเพื่อสร้างเครื่องมือที่จะช่วยออกแบบระบบการผลิตให้กับสินค้ากลุ่มเครื่องใช้โลหะผสมโดยเฉพาะ เพื่อยกระดับการผลิตสินค้ากลุ่มเครื่องใช้โลหะผสมนี้โดย เพิ่มความสามารถในการผลิตให้ตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ทันท่วงที และลดต้นทุนในการผลิตให้น้อยที่สุด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องมือในการออกแบบระบบการผลิตของผลิตภัณฑ์โลหะผสมที่มีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อข้อจำกัดต่างๆของผู้ใช้ได้ สามารถใช้งานได้โดยง่าย ลดต้นทุนในการปรับปรุงแก้ไขระบบ ซึ่งอาจส่งผลได้หากการวางระบบการผลิตในระยะต้นไม่ได้รับความสำคัญมากพอ อาจกล่าวได้ว่าเพื่อวางรากฐานระบบการผลิตที่ดีให้แก่โรงงาน

โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโรงงานสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องใช้โลหะผสม 2 โรงงาน โดยทั้งสองโรงงานมีความแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน มีแผนการผลิต แม่พิมพ์ที่ใช้ และเครื่องจักรที่แตกต่างกัน มีนโยบายในการผลิตที่มีความแตกต่างกัน มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป เช่น ในมิติของกระบวนการ เนื่องจากผลิตภัณฑ์หล่อโลหะผสมนั้นมีบางขั้นตอนที่มีเวลาในการผลิตค่อนข้างนาน หรือ มีบางกระบวนการที่ต้องทำก่อนเหมือนๆกันทุกผลิตภัณฑ์ก่อนแยกไปตามขั้นตอนของแต่ละ

ผลิตภัณฑ์ ผู้ผลิตจึงจะต้องพิจารณาว่าในหนึ่งวันจะทำขั้นตอนการผลิตใดบ้าง ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งประเภทนโยบายออกเป็น 2 นโยบาย ได้แก่

1. นโยบายทำแค่หนึ่งกระบวนการผลิตต่อวัน (One process per day) คือนโยบายซึ่งในแต่ละวันผู้ผลิตจะทำแค่กระบวนการผลิตใดกระบวนการหนึ่งเท่านั้น ตัวอย่างเช่น ในการผลิตล็อตๆนึงใช้เวลา 10 วัน ผู้ผลิตก็จะทำการวางแผนได้ว่า จะต้องทำการหลอมและหล่อ 2 วันแรก ทำการกลึงตกแต่ง 3 วันต่อมา ทำการเชื่อมอีก 3 วันต่อมา และทำการตกแต่งขั้นสุดท้ายอีก 2 วันต่อมาเป็นต้น ซึ่งจากตัวอย่างจะสังเกตได้ว่า ผลิตภัณฑ์จะผลิตเสร็จพร้อมกันในช่วงวันท้าย ๆ

2. นโยบายทำทุกกระบวนการผลิตต่อวัน (Every process in a day) คือนโยบายซึ่งในแต่ละวันผู้ผลิตจะทำครบทุกกระบวนการในหนึ่งวัน นั่นหมายความว่าในหนึ่งวัน จะมีทั้งการหลอม หล่อ กลึง เชื่อม และตกแต่ง ครบทุกกระบวนการที่ต้องทำ ซึ่งจะแตกต่างจากนโยบายแบบแรก นโยบายนี้จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เสร็จสิ้นเป็นรายวันไป

ซึ่งการที่มีนโยบายแตกต่างกันนั้นจะส่งผลต่อระบบการผลิตในด้านต่าง ๆ ดังนี้

- ด้านกำลังการผลิต

นโยบายที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดมีข้อดีและข้อเสียในด้านกำลังการผลิต ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบระหว่าง นโยบายทำแค่หนึ่งกระบวนการผลิตต่อวัน กับ นโยบายทำทุกกระบวนการผลิตต่อวันด้านกำลังการผลิต

นโยบายทำแค่หนึ่งกระบวนการผลิตต่อวัน	**นโยบายทำทุกกระบวนการผลิตต่อวัน**
ต้องมีจำนวนเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในแต่ละสถานีงาน **<u>เยอะกว่า</u>**	ต้องมีจำนวนเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในแต่ละสถานีงาน **<u>น้อยกว่า</u>**
มีค่าอรรถประโยชน์ของการใช้เครื่องจักร (Machine Utilization) **<u>ต่ำกว่า</u>**	มีค่าอรรถประโยชน์ของการใช้เครื่องจักร (Machine Utilization) **<u>สูงกว่า</u>**
<u>ไม่จำเป็น</u>ต้องมีแรงงานประจำ	**<u>ต้องมี</u>**แรงงานประจำ

- ด้านเส้นทางการผลิต

นโยบายที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดมีข้อดีและข้อเสียในด้านเส้นทางการผลิต ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบระหว่าง นโยบายทำแค่หนึ่งกระบวนการผลิตต่อวัน กับ นโยบายทำทุกกระบวนการผลิตต่อวัน ด้านเส้นทางการผลิต

นโยบายทำแค่หนึ่งกระบวนการผลิตต่อวัน	**นโยบายทำทุกกระบวนการผลิตต่อวัน**
ค่ารอบเวลาการผลิต(Cycle time) **<u>สูงกว่า</u>**	ค่ารอบเวลาการผลิต(Cycle time) **<u>ต่ำกว่า</u>**

- ด้านการจัดเก็บพัสดุคงคลัง

นโยบายที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดมีข้อดีและข้อเสียในด้านการจัดเก็บพัสดุคงคลัง ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบระหว่าง นโยบายทำแค่หนึ่งกระบวนการผลิตต่อวัน กับ นโยบายทำทุกกระบวนการผลิตต่อวัน ด้านการจัดเก็บพัสดุคงคลัง

นโยบายทำแค่หนึ่งกระบวนการผลิตต่อวัน	**นโยบายทำทุกกระบวนการผลิตต่อวัน**
จำนวนสินค้าคงคลังระหว่างการผลิต (Work-in-Process, *WIP*) **<u>สูงกว่า</u>**	จำนวนสินค้าคงคลังระหว่างการผลิต (Work-in-Process, *WIP*) **<u>ต่ำกว่า</u>**

3.1.4 กรณีศึกษาที่ 4 ระบบการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา

การออกแบบระบบการผลิตเครื่องปั้นดินเผาและเครื่องเคลือบดินเผาของผลิตภัณฑ์โอทอปมีวิธีออกแบบโดยใช้โรงงานที่ก่อตั้งก่อนหน้าเป็นต้นแบบหรือใช้ประสบการณ์ของคนรุ่นก่อนๆในการคาดคะเนเพื่อกำหนดทรัพยากรและนโยบายต่างๆที่ใช้ในการผลิต ทำให้ได้ระบบการผลิตที่ได้ต้องดำเนินงานตามสภาพแวดล้อมเหมือนหรือใกล้เคียงกับต้นแบบ โดยไม่ได้มีการกำหนดกระบวนการออกแบบอย่างชัดเจน ส่งผลให้เมื่อเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการไม่เป็นขั้นเป็นตอนหรือเป็นไปได้ยาก

จากเหตุผลข้างต้นที่ได้กล่าวมานั้น จึงได้เกิดแนวคิดในการทำโครงงานการศึกษากระบวนการออกแบบและออกแบบระบบการผลิตสำหรับโรงงานเครื่องปั้นดินเผาที่มีกระบวนการเคลือบผลิตภัณฑ์ตามลักษณะโดยทั่วไปของการผลิตเครื่องปั้นดินเผา เพื่อให้ได้ระบบการผลิตที่สามารถทำงานได้จริงและมีคุณสมบัติตรงกับความต้องการและใช้เป็นแนวทางในการศึกษาและ ออกแบบระบบการผลิตให้แก่อุตสาหกรรมอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียง โดยมีขอบเขตการศึกษาและออกแบบระบบตั้งแต่การเริ่มนำวัตถุดิบหลักมาใช้จนกระทั่งได้ผลิตภัณฑ์

- ด้านกำลังการผลิต

  ในกระบวนการเตรียมดินพบว่ามีกระบวนการที่แตกต่างกัน 2 แบบ

  1. แบบที่มีการหมักดินแล้วนำไปเข้าเครื่องโม่เลยจะเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความละเอียดของเนื้อดินปานกลางถึงสูง หากผสมทรายมากก็จะทำให้เนื้อดินมีความละเอียดและผลิตภัณฑ์แข็งแรงมากขึ้น และ
  2. แบบที่มีการนำดินไปปั่น กรอง และอัดก่อนนำเข้าเครื่องโม่ดินซึ่งเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความละเอียดของเนื้อดินสูงเป็นพิเศษ นอกจากนี้ระยะเวลาหมักดินในบ่อดินยังส่งผลต่อความละเอียดของเนื้อดินและจำนวนครั้งที่ดินจะต้องผ่านเครื่องโม่อีกด้วย

อีกกระบวนการที่มีความแตกต่างกันนั่นคือกระบวนการเผาดิบ ความแตกต่างอยู่ตรงที่ชนิดของเตาเผาที่ใช้ เตาเผาโบราณจะมีความจุเยอะกว่าเตาแก๊ส แต่ก็จะมีระยะเวลาในการเผานานกว่า รวมถึงต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญที่จะต้องคอยสังเกตอุณหภูมิในเตาจากสีของเปลวไฟและเติมเชื้อเพลิงตลอดเวลา ซึ่งจะเห็นได้ว่ากระบวนการที่แตกต่างกันนั้นมีผลต่อการเลือกเครื่องจักร

นอกจากนี้ระบบการผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่ดีควรจะมี Utilization สูง เพราะส่งผลต่อต้นทุนต่อหน่วยของผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะกระบวนการเผาดิบและเผาเคลือบซึ่งต้นทุนในกระบวนการเผาจะขึ้นกับพื้นที่ว่างในเตาเมื่อเปิดเตาเผา กล่าวคือ หากพื้นที่ว่างในเตาเผาที่ไม่มีการวางผลิตภัณฑ์มีมาก ต้นทุนต่อหน่วยในกระบวนการนี้จะสูงเนื่องจากไม่ว่าภายในเตาจะใส่ผลิตภัณฑ์เท่าใดต้นทุนของเชื้อเพลิงจะเท่ากันเสมอ

- ด้านเส้นทางการผลิต

จากการศึกษาโรงงานกรณีศึกษา 3 แห่งพบว่า ถึงแม้โรงงานทั้ง 3 แห่งจะมีกระบวนการผลิตหลักเหมือนกันทั้ง 4 กระบวนการ ได้แก่ การเตรียมดิน การขึ้นรูป การตกแต่ง และการเผาดิบ แต่ขั้นตอนการผลิตในแต่ละกระบวนการมีความแตกต่างกัน ในการออกแบบระบบการผลิตจำเป็นจะต้องรู้ถึงข้อดีและข้อเสียของแต่ละวิธีเพื่อให้ได้ระบบการผลิตเครื่องปั้นดินเผาที่ตรงกับเป้าหมายมากที่สุด เช่น แนวทางการออกแบบโดยเริ่มจากทำการเลือกขั้นตอนการผลิตที่ต้องการนั้นในกระบวนการเตรียมดิน (Process Selection) จะขึ้นกับลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตภายในระบบว่าต้องการความละเอียดของเนื้อดินสูงมากเป็นพิเศษหรือไม่ ซึ่งขั้นตอนที่เลือกจะส่งผลต่อเวลา Lead Time ในการผลิตของผลิตภัณฑ์

- ด้านการจัดเก็บพัสดุคงคลัง

การออกแบบระบบการผลิตโดยใช้โรงงานที่ก่อตั้งก่อนหน้าเป็นต้นแบบหรือใช้ประสบการณ์ของคนรุ่นก่อนๆทำให้ระบบการผลิตที่ได้ต้องดำเนินงานตามสภาพแวดล้อมเหมือนหรือใกล้เคียงกับต้นแบบ โดยไม่ได้มีการกำหนดกระบวนการออกแบบอย่างชัดเจน ส่งผลให้เมื่อมีจำนวนผลิตภัณฑ์และคำสั่งซื้อเปลี่ยนแปลง ระบบดังกล่าวไม่สามารถปรับตัวได้ทันต่อการเปลี่ยนแปลง ทำให้เกิดการส่งผลิตภัณฑ์ล่าช้าขึ้น รวมถึงเกิดปัญหาการจัดการทรัพยากรเครื่องจักรและบุคคลให้เหมาะสม และการกำหนด WIP ที่เหมาะสม ทำให้การวิเคราะห์และเปลี่ยนแปลงระบบการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการไม่เป็นขั้นเป็นตอนหรือเป็นไปได้ยาก

นอกจากนี้รูปแบบการทำงานของระบบการผลิตที่ต้องการออกแบบจะมีรูปแบบการทำงานที่ไม่ได้ทำทุกกระบวนการภายใน 1 วัน กระบวนการเผาจะเริ่มได้ก็ต่อเมื่อมีจำนวนผลิตภัณฑ์มากพอ รวมถึงระยะเวลาในขั้นตอนการผึ่งแห้งมีระยะเวลานาน จึงต้องมีการกำหนดนโยบายในการจัดเก็บที่เหมาะสม เพื่อให้กระบวนการผลิตนั้นเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

3.1.5 กรณีศึกษาที่ 5 ระบบการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกาย

เนื่องมาจากความต้องการของสินค้าทำความสะอาดร่างกายในตลาดที่มีความต้องการสูงมากขึ้น การตอบสนองความต้องการของสินค้าโดยอาศัยการผลิตในรูปแบบครัวเรือนไม่สามารถตอบสนอง

ต่อโอกาสในการเจริญเติบโตที่เกิดขึ้นได้ การยกระดับการผลิตให้อยู่ในระดับอุตสาหกรรมจึงเป็นเรื่องที่จำเป็น จากการเยี่ยมชมสถานที่ผลิตในระดับชุมชน พบว่าระบบการผลิตสินค้าของผู้ประกอบการมีข้อบกพร่องจากการออกแบบหลายประการ เนื่องจากผู้ประกอบการขาดองค์ความรู้ทางด้านการออกแบบระบบการผลิต ทำให้ระบบการผลิตไม่สามารถตอบโจทย์ผู้ผลิตได้ในหลาย ๆ ด้าน ในขณะที่ในการผลิตระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ มีระบบการผลิตที่มีความพร้อมในการผลิตสินค้าที่มีมาตรฐานปริมาณมาก โดยอาศัยระบบการผลิตแบบต่อเนื่องและระบบการควบคุมที่ดี ดังนั้นการออกแบบขั้นตอนเพื่อช่วยในการออกแบบระบบการผลิตจึงมีความสำคัญต่อผู้ประกอบการสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ ที่ขาดประสบการณ์หรือความชำนาญในด้านการออกแบบระบบการผลิตให้สามารถออกแบบระบบการผลิตที่มีความสามารถตอบสนองความต้องการพื้นฐานได้

- ด้านกำลังการผลิต

ความแตกต่างของการผลิตสินค้าในกลุ่มสินค้าทำความสะอาดร่างกายที่แตกต่างจากสินค้ากลุ่มอื่นๆ คือ มีการทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตทั้งระบบ เนื่องมาจากความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตในเครื่องจักรเดียว ซึ่งการทำความสะอาดจะใช้เวลาขั้นต่ำ 1 ชั่วโมงส่งผลให้เกิดการสูญเสียเกิดขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้ไม่สามารถผลิตสินค้าได้จำนวนมากตามความต้องการของตลาด

การตัดสินใจในการเลือกเครื่องจักรที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตในระบบการผลิต สำหรับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดร่างกาย ก็จะมีเครื่องจักรที่ช่วยเพิ่มกำลังการผลิตให้กับระบบการผลิต ซึ่งแนวทางในการตัดสินใจเลือกเครื่องจักรนั้นผลลัพธ์คือเพื่อหาทางเลือกที่ดีที่สุดที่มีค่าใช้จ่าย ลงทุนเครื่องจักร ค่าดำเนินงานการผลิต หรือค่าซ่อมบำรุงน้อยที่สุด

- ด้านเส้นทางการผลิต

ธรรมชาติของสินค้าทำความสะอาดร่างกายนั้นมีหลากหลายชนิด ได้แก่ สบู่ก้อนขุ่น สบู่ก้อนใส สบู่เหลว ซึ่งมีเส้นทางในการผลิตที่แตกต่างกัน กระบวนการผลิตเป็นแบบต่อเนื่อง (Continuous Process) แต่ในผลิตภัณฑ์เดียวกันจะมีลักษณะเหมือนกันในทุกๆชิ้นของสินค้า กล่าวคือ คุณภาพจะต้องเท่ากัน ส่งผลให้ต้องทำการเลือกวิธีการผลิตที่จะตอบสนองต่อธรรมชาติของสินค้า ได้แก่ การผลิตสินค้ารอบเดียว ซึ่งนโยบายการผลิตเกี่ยวกับวิธีการผลิตที่เหมาะสม คือ การผลิตแบบเป็นรอบการผลิต (Batch Production) เป็นต้น

- ด้านการจัดเก็บพัสดุคงคลัง

การไม่มีการจัดการวัตถุดิบที่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบหรือวัตถุดิบเกิดการเสื่อมสภาพ การออกแบบระบบการผลิตเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบการผลิตของชุมชนกรณีศึกษาที่ถูกสร้างโดยอาศัยประสบการณ์ของผู้จัดการ ทำให้ระบบการผลิตของชุมชนกรณีศึกษาไม่สามารถที่จะตอบสนองความต้องการที่เกิดขึ้นจริงและมีการใช้พื้นที่อย่างไม่คุ้มค่า

วัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปที่มีการจัดเก็บภายในห้องจัดเก็บของระบบการผลิต มีวันเวลาหมดอายุ ดังนั้น การนำวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปมาใช้จะต้องมีการพิจารณาถึงช่วงเวลาการเข้าและการออก ดังนั้น นโยบายในการจัดการวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูปที่เหมาะสม คือ การกำหนดให้

สินค้าที่เข้ามาก่อนต้องหมุนเวียนออกจากคลังก่อน (First in First out) เป็นต้น นอกจากนี้โดยธรรมชาติแล้วสินค้าทำความสะอาดร่างกายนั้นเป็นสินค้าประเภทอุปโภคบริโภค ที่มีความต้องการในตลาดค่อนข้างคงที่ตลอดปี ส่งผลให้ต้องมีสินค้าเพื่อตอบสนองตลอดปี และอายุของสินค้ามีระยะเวลานาน ดังนั้นจึงสามารถที่จะผลิตสินค้าเก็บไว้เพื่อตอบสนองต่อความต้องการที่คาดว่าจะเกิดขึ้นได้ ดังนั้น วัตถุประสงค์ของผลิตที่เหมาะสม คือ การผลิตเพื่อเก็บ (Make to stock) ทำให้ต้องพิจารณาถึงปริมาณที่จะต้องทำการจัดเก็บที่เหมาะสม

3.1.6 สรุปแนวคิดการออกแบบระบบการผลิต

จากการศึกษาโรงงานกรณีศึกษาทั้งหมด 5 กรณีศึกษาที่มีความหลากหลาย ทั้งในด้านของผลิตภัณฑ์และในด้านกระบวนการผลิต แม้จะเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเดียวกันก็อาจจะมีกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันได้ ซึ่งสาเหตุหลักของความแตกต่างและหลากหลายนี้น่าจะมาจากการที่แต่ละวิสาหกิจที่ทำการผลิตสินค้าโอทอปมีวิธีการหรือแนวคิดในการออกแบบกระบวนการผลิตที่แตกต่างกัน รวมถึงการขาดแคลนองค์ความรู้ที่ใช้ในการออกแบบระบบการผลิต ทำให้การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตเพื่อรองรับกับการเติบโตของกิจการจะใช้วิจารณญาณส่วนตัวเป็นหลัก ซึ่งคำตอบของการปรับเปลี่ยนหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตมักจะออกมาในรูปของการเพิ่มทรัพยากรในการผลิตเป็นหลัก เช่น การเพิ่มเครื่องจักร การเพิ่มจำนวนแรงงาน และการเพิ่มอุปกรณ์ในการผลิต เป็นต้น

จากปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานกรณีศึกษาทั้ง 5 กรณีศึกษา พบว่าแม้ผลิตภัณฑ์จะมีประเภทของกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน แต่กลับมีปัญหาในระบบการผลิตที่คล้ายคลึงกัน เช่น เมื่อมีผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย อาจก่อให้เกิดจำนวนสายการผลิต (Line production) ที่หลากหลาย ซึ่งอาจส่งผลต่อจำนวนเครื่องจักรหรือเครื่องมือที่จะต้องมีมากขึ้น เมื่อเทียบกับการมีสายการผลิตเพียง 1 สาย แต่การที่มีสายการผลิตเพียง 1 สายนั้นจะเพียงพอต่อการผลิตหรือไม่ต่อในกรณีที่มีความต้องการที่หลากหลายเข้ามาหรือกำลังการผลิตนั้นถูกแบ่งให้ผลิตผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งการพิจารณาจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังก็เป็นอีกวิธีที่สามารถชดเชยกำลังการผลิตที่ไม่เพียงพอได้

3.2 นิยามของระบบการผลิต

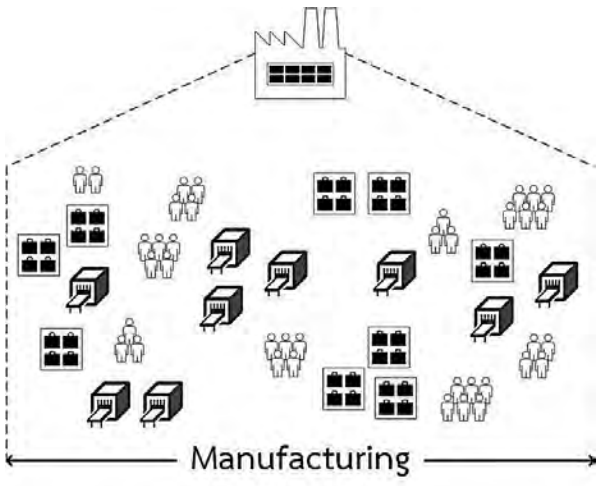
อุตสาหกรรมการผลิต (Manufacturing) ได้ถูกให้นิยามว่าเป็นการรวมกิจกรรมต่างๆ ที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์กลุ่มหนึ่ง เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มลูกค้ากลุ่มหนึ่ง ซึ่งการทำกิจกรรมต่างๆ มาจากการดำเนินการของหลายองค์ประกอบที่ทำงานร่วมกันอย่างซับซ้อน และหากไม่ทำการออกแบบมาอย่างเป็นระบบ จะทำให้ขาดการคำนึงถึงบทบาทของแต่ละองค์ประกอบการผลิต และขาดการให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบ ซึ่งทำให้การผลิตหลังจากนั้นทำงานโดยไม่มีระบบระเบียบ

จากรูปที่ 17 เป็นแบบจำลองอุตสาหกรรมการผลิตที่ไม่เป็นระบบ ซึ่งแสดงถึงองค์ประกอบภายในโรงงานหนึ่งๆ โดยแต่ละองค์ประกอบไม่มีตำแหน่งชัดเจน ไม่มีเส้นทางการส่งต่องานที่ชัดเจน การผลิตที่เกิดขึ้นอาจจะสามารถผลิตสินค้าได้ตามจำนวนที่ต้องการ และสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้ากลุ่มที่สนใจได้ แต่หากเกิดคำถามว่าองค์ประกอบใดทำอะไรได้บ้าง อย่างไร ทำงานส่งต่อกันอย่างไร หรือแม้แต่มีไว้เพื่ออะไร อาจไม่สามารถสรุปหน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบได้ บาง

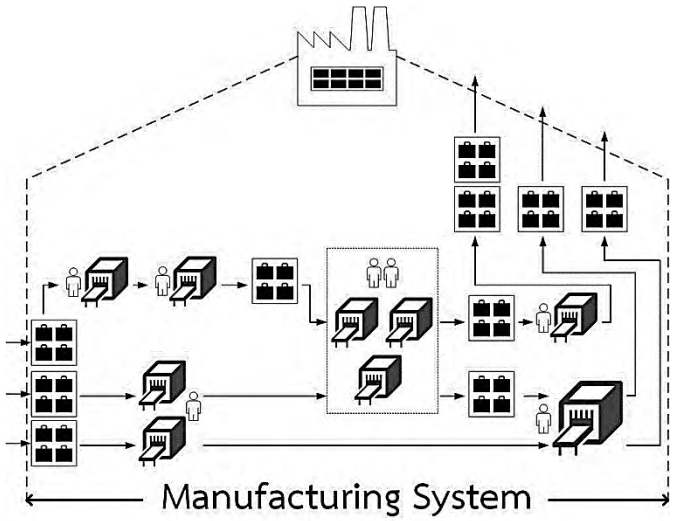
องค์ประกอบอาจไม่จำเป็นต้องมีอยู่ในระบบก็เป็นได้ หรือแท้จริงแล้วอาจยังต้องการบางองค์ประกอบเพิ่มเติมอยู่ก็เป็นได้ ทั้งนี้ต้องการชี้ให้เห็นว่า การผลิตที่ไม่เป็นระบบ มาจากการออกแบบที่ไม่ได้คำนึงถึงเป้าหมายในการทำงานร่วมกัน ทำให้แต่ละองค์ประกอบถูกจัดสรร โดยไม่ได้คำนึงถึงการบรรลุเป้าหมายให้ถี่ถ้วน และไม่ได้คำนึงถึงการทำงานงานร่วมกันเพื่อบรรลุเป้าหมาย

หากมีการออกแบบให้การผลิตทำงานอย่างเป็นระบบ เลือกองค์ประกอบมาเพื่อให้ถูกใช้งานอย่างคุ้มค่า และวางแผนการทำงานร่วมกันตั้งแต่การออกแบบ จะทำให้ทุกองค์ประกอบทำงานเพื่อบรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ไม่มีองค์ประกอบใดที่ไม่มีเหตุผลในการอยู่ในระบบการผลิต ดังแสดงด้วยรูปที่ 18 ซึ่งเป็นแบบจำลองอุตสาหกรรมการผลิตที่เป็นระบบ สังเกตว่าสามารถระบุเป็นเส้นทางการไหลของชิ้นงานได้ มีจุดเริ่มต้น มีสถานีงานที่ต้องผ่าน และมีจุดหมายปลายทางที่ชัดเจน ซึ่งแต่ละองค์ประกอบเองก็ถูกวางแผนมาแล้วว่าควรมีจำนวนเท่าไร จึงจะสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าตามที่คาดการณ์ไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การผลิตที่ทำงานอย่างเป็นระบบ ทำให้องค์ประกอบทุกอย่างมีหน้าที่ชัดเจน ประกอบกับวิธีการจัดการใช้งานองค์ประกอบเหล่านั้น ซึ่งง่ายต่อการดำเนินการผลิตหลังจากนั้น และนำมาสู่ผลลัพธ์ที่หวังไว้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นสาเหตุที่อุตสาหกรรมการผลิตมักเลือกที่จะออกแบบ หรือพัฒนาเพื่อให้เกิดการผลิตที่เป็นระบบ หรือเรียกว่า ระบบการผลิต (Manufacturing System) อย่างไรก็ตาม การออกแบบเพื่อให้ได้ระบบการผลิตที่ตรงกับเป้าหมายที่ตั้งไว้เป็นเรื่องยาก มีองค์ประกอบที่ต้องพิจารณาร่วมกันมากมาย ร่วมถึงการจัดการให้องค์ประกอบเหล่านั้นดำเนินงานร่วมกัน ภายใต้ความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน ทั้งนี้จะกล่าวถึงองค์ประกอบของระบบการผลิต และหลักการออกแบบระบบการผลิตในส่วนถัดไป



รูปที่ 17 แบบจำลองอุตสาหกรรมการผลิตที่ไม่เป็นระบบ



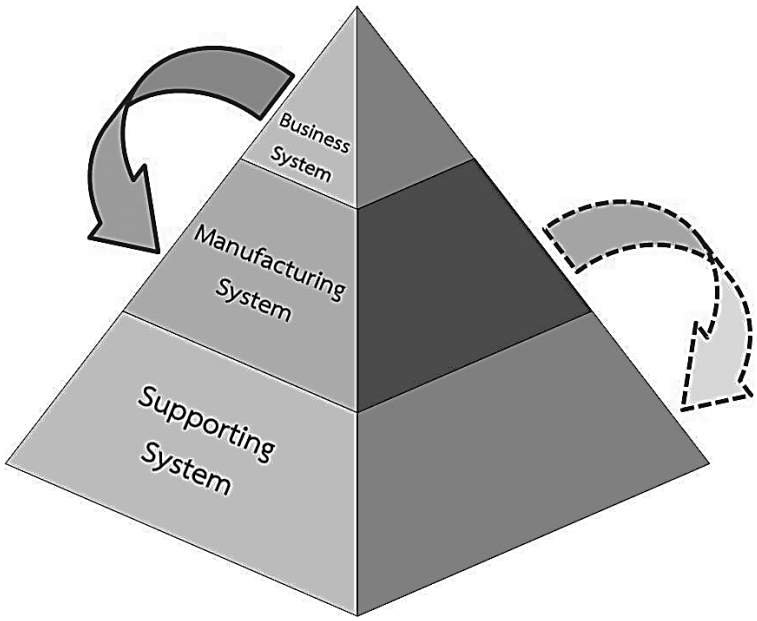
รูปที่ 18 แบบจำลองอุตสาหกรรมการผลิตที่เป็นระบบ

มีผู้ให้ความหมายของระบบการผลิต และวิธีการวิเคราะห์ระบบการผลิตไว้มากมาย เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง และทำให้สามารถออกแบบและพัฒนาต่อได้ ซึ่งขอบเขตของระบบการผลิตจะต่างกันไป ดังเช่น Laperrie`re และ Reinhart (2014) ได้กล่าวไว้ว่าระบบการผลิตหมายรวมถึงทุกกิจกรรมที่ทำให้อุตสาหกรรมดำเนินการได้ ไม่ใช่เพียงส่วนการผลิต แต่รวมถึงส่วนอื่นๆ เช่น การส่งเสริมการขาย การออกแบบ และการจัดส่ง โดยหมายรวมทั้งองค์ประกอบทางกายภาพ และทางด้านการบริหารจัดการ ในขณะที่ Tompkims และคณะ (2003) จะพิจารณาเฉพาะองค์ประกอบที่เพิ่มมูลค่า ทำให้สามารถเพิ่มกำไรจากการดำเนินการได้ แต่ไม่ได้แบ่งเป็นกลุ่มอย่างชัดเจน ซึ่งก็อาจกล่าวได้ว่า เป็นการเน้นไปที่ส่วนการผลิต

จากงานวิจัยหลายๆ งานวิจัย สามารถสรุปได้ว่า การผลิตจำเป็นต้องมีส่วนการผลิตเป็นหลัก แต่ก็จะขาดส่วนอื่นๆ ไม่ได้ เพื่อให้เกิดการดำเนินการผลิตได้อย่างราบรื่น และมีประสิทธิภาพ แต่เพื่อให้เกิดการมองภาพของระบบการผลิตที่ชัดเจน และง่ายต่อการออกแบบต่อไป งานวิจัยนี้จึงขอให้นิยามว่าระบบการผลิตหมายถึง ส่วนการผลิต (Production Function) ซึ่งเป็นการประกอบกันขององค์ประกอบต่างๆ ที่มีบทบาทต่อกิจกรรมหลักของอุตสาหกรรม มาทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบภายใต้ ระบบการบริหาร (Business System) ที่คอยคุมอยู่เหนือระบบย่อยทั้งหมด และเพื่อให้ระบบการผลิตสามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่น จึงจำเป็นต้องมีระบบสนับสนุนการผลิต (Supporting System) ที่ทำหน้าที่เสริมให้กิจกรรมหลักของระบบการผลิตเป็นไปตามที่วางแผนไว้ ดังรูปที่ 19

การสร้างระบบอุตสาหกรรมจึงต้องเริ่มจากระบบบริหาร ไปยังระบบการผลิต แล้วจึงเป็นระบบสนับสนุนเป็นส่วนสุดท้าย นั้นคือต้องสร้างระบบบริหารก่อน เพื่อให้มีนโยบายระดับบริหาร มีการตั้งเป้าหมายของระบบการผลิต จึงจะสามารถสร้างระบบการผลิตตามแผนการบริหารได้ การเริ่มโครงการสำหรับโรงงาน หรือระบบการผลิตขึ้นมา ต้องผ่านการประชุมของระดับผู้บริหารก่อน จึงจะเกิดการสั่งการให้ดำเนินการออกแบบระบบการผลิตได้ งานวิจัยนี้จึงมีข้อสมมติฐานว่า ถ้าจะมีหัวข้อ

การออกแบบระบบการผลิตได้ จะต้องมีข้อมูลระดับบริหารเตรียมไว้พร้อมแล้ว ในทำนองเดียวกัน เมื่อได้ระบบการผลิตแล้ว จึงจะมีระบบสนับสนุนที่ขึ้นกับระบบการผลิตนั้นได้ ระบบการผลิตจึงเป็นส่วนสำคัญที่จะเชื่อมระหว่างแผนระดับบริหาร เพื่อไปสู่ระดับการดำเนินการ รวมทั้งยังเป็นจุดตั้งต้นและแกนหลัก ในการสร้างระบบสนับสนุน เพื่อให้ได้ระบบอุตสาหกรรมที่สมบูรณ์



รูปที่ 19 พีระมิดแสดงระดับขั้นของระบบอุตสาหกรรม

ระบบอุตสาหกรรมมีองค์ประกอบมากมาย การออกแบบจึงมีหลายส่วนตามไปด้วย ซึ่งแต่ละระบบอุตสาหกรรมมีลักษณะเฉพาะที่ต่างกันจะมีองค์ประกอบที่ต่างกันออกไปตามความเหมาะสม ส่วนที่แต่ละอุตสาหกรรมสามารถพิจารณาด้วยมาตรฐานเดียวกัน และทุกระบบต้องมีเพื่อจะดำเนินการได้ เรียกว่าเป็นระบบการผลิต ส่วนที่มีรายละเอียดต่างกันได้หลากหลายและบางส่วนก็ไม่มีก็ได้ เรียกว่าระบบสนับสนุน ซึ่งในงานวิจัยนี้จะพิจารณาการออกแบบระบบการผลิตเท่านั้น เพื่อให้สามารถสร้างวิธีออกแบบมาตรฐานที่ทุกลักษณะอุตสาหกรรมสามารถทำได้ ส่วนระบบสนับสนุนจะสามารถออกแบบต่อยอดได้จากระบบการผลิตนั้นเอง ทั้งนี้จะสามารถสรุปเป็นข้อเปรียบเทียบระหว่างนิยามของระบบการผลิตของงานวิจัยอื่นๆ และงานวิจัยนี้ได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: นิยามของระบบการผลิต

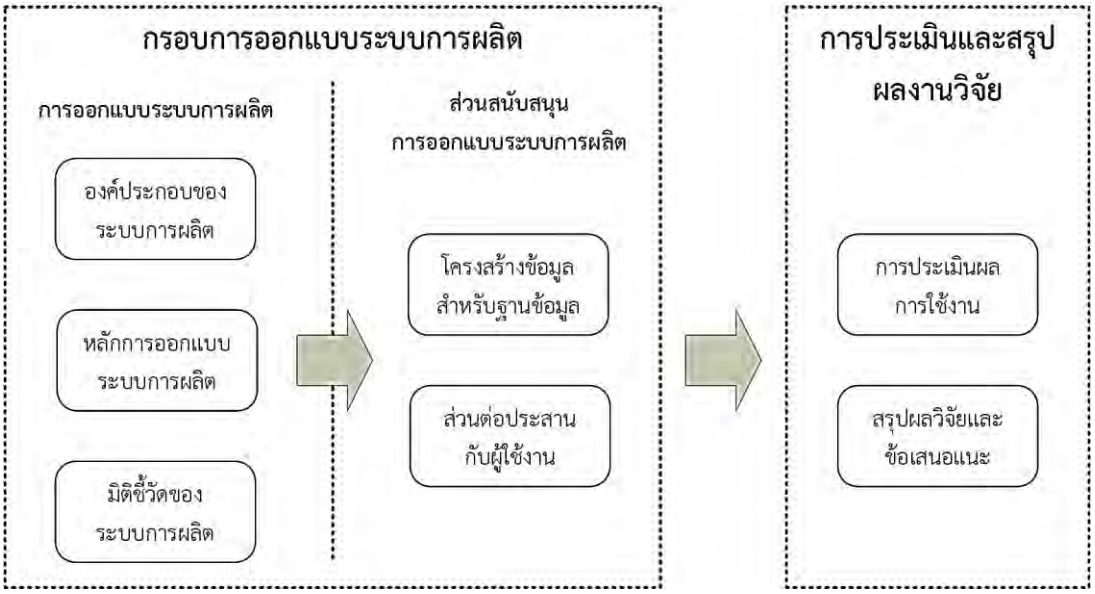
ประเด็นเปรียบเทียบ / งานวิจัย		Laperrie`re และ Reinhart (2014)	Tompkims และคณะ (2003)	งานวิจัยนี้
สิ่งที่เป็นส่วนประกอบ	ระบบการบริหาร	/		/
	ส่วนการผลิต	/	/	/
	ระบบสนับสนุนการผลิต	/		/
สิ่งที่ให้ความสนใจออกแบบ	ระบบการบริหาร	/		
	ส่วนการผลิต	/	/	/
	ระบบสนับสนุนการผลิต	/		

อย่างไรก็ตาม การออกแบบระบบการผลิตนั้นยังคงเป็นคำถาม ว่าต้องออกแบบอย่างไร และต้องประกอบด้วยอะไรบ้าง จึงเป็นที่มาของการสร้างกรอบการออกแบบระบบการผลิตในงานวิจัยนี้ ที่จะสร้างแนวทางการออกแบบอย่างเป็นมาตรฐาน ตั้งแต่การตั้งเป้าหมายให้เหมาะกับการนำไปออกแบบและประเมินผล การรวบรวมข้อมูล สิ่งที่ต้องนำส่งในการออกแบบ การรวมเป็นระบบการผลิตเพียงหนึ่งเดียว และแนวทางการประเมินระบบการผลิตที่เหมาะสม

หลังจากนี้จะอธิบายเนื้องานเหล่านี้ผ่านแนวทางการนำเสนองานวิจัย ในรูปที่ 20 โดยแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ส่วนที่หนึ่งคือ การอธิบายเกี่ยวกับกรอบการออกแบบระบบการผลิต โดยภายในส่วนนี้จะแบ่งเป็นอีก 2 ส่วนย่อย ส่วนย่อยที่หนึ่งคือ การออกแบบระบบการผลิต เป็นการอธิบายแนวคิดหลักของกรอบการออกแบบระบบการผลิต ซึ่งจะถูกอธิบายในหัวข้อที่ 3 การออกแบบระบบการผลิตนี้ และส่วนย่อยที่สองคือ ส่วนสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต เป็นส่วนเสริมการออกแบบ เพื่ออธิบายว่ากรอบการออกแบบระบบการผลิตสามารถนำไปใช้ได้อย่างไร ซึ่งจะถูกอธิบายในหัวข้อที่ 4 ส่วนสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต โดยงานที่นำส่งทั้งหมดภายในหัวข้อที่ 3 การออกแบบระบบการผลิตและในหัวข้อที่ 4 ส่วนสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิตนี้ ทั้ง 5 ส่วนจะเป็นส่วนประกอบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถดำเนินการออกแบบตามแนวทางที่กรอบการออกแบบระบบการผลิตนำเสนอได้

เมื่ออธิบายเกี่ยวกับกรอบการออกแบบระบบการผลิต พร้อมกับงานทั้ง 5 ส่วนเรียบร้อยแล้วก็จะเข้าสู่ส่วนที่สองคือ การประเมินผลและสรุปผลงานวิจัย ซึ่งเป็นการนำกรอบการออกแบบระบบ

การผลิตไปทดสอบการใช้งานกับผู้ใช้งานทั้ง 2 ฝ่าย นั้นคือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบระบบการผลิต และผู้ประกอบการ SMEs ซึ่งจะบอกได้ว่ากรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้เหมาะกับการใช้งานจริงหรือไม่ และมีหลักการเชิงวิชาการที่ถูกต้องหรือไม่ โดยส่วนการประเมินผลการใช้งานจะอธิบายในหัวข้อที่ 5 การทดลองใช้งานกับกรณีศึกษา ส่วนสุดท้ายในหัวข้อที่ 6 การประเมินผลการใช้งานจะสรุปสิ่งที่ได้ทั้งหมดจากการทำวิจัยนี้ ในส่วนของสรุปผลงานวิจัย และสรุปแนวทางการพัฒนาต่อจากนี้ไปในส่วนข้อเสนอแนะ



รูปที่ 20 แนวทางการนำเสนองานวิจัย

3.3 องค์ประกอบของระบบการผลิต

เพื่ออธิบายองค์ประกอบที่สามารถนำไปใช้ต่อได้จริง ควรมีวิธีการสื่อสารที่แสดงถึงแต่ละองค์ประกอบของระบบการผลิต ที่เป็นมาตรฐานเดียวกันได้ เช่นเดียวกับเวลานำไปสร้างแบบจำลองที่ต้องมีสัญลักษณ์ในการแสดงถึงส่วนประกอบต่างๆ ของระบบ ซึ่งงานวิจัยมากมายได้นิยามแต่ละองค์ประกอบของระบบการผลิต และการจัดวางให้อยู่ร่วมกันในแบบจำลอง เพื่อให้เกิดระบบการผลิตในแต่ละรูปแบบ ยกตัวอย่างเช่น Mahayuddin และ Khairuddin (2017) พยายามจะสร้างวิธีการทำความเข้าใจ และวิธีการสร้างแบบจำลองระบบการผลิต สำหรับระบบการผลิตแบบเซลลูล่าร์ (Cellular Manufacturing) ให้สามารถนำไปสร้างแบบจำลองได้ง่ายขึ้น และรวดเร็วขึ้น ซึ่งได้อ้างอิงตามองค์ประกอบของโปรแกรมอารีน่า (Arena) แต่งานวิจัยนี้เพียงแค่สร้างส่วนประสานกับผู้ใช้งาน โดยผู้ใช้ก็ยังต้องมีความเข้าใจในระบบการผลิตอยู่แล้วระดับหนึ่ง ประกอบกับความเข้าใจในวิธีการมอบบทบาทหน้าที่ให้กับองค์ประกอบในโปรแกรมอารีน่า ทั้งนี้ก็ยังมีขอบเขตแค่ระบบการผลิตแบบ

เซลลูล่าร์เท่านั้น ยังไม่สามารถบอกได้ว่าสามารถใช้วิธีการแบบเดียวกันกับระบบการผลิตลักษณะอื่นได้

กล่าวได้ว่า การหาองค์ประกอบที่เป็นมาตรฐานของระบบการผลิตเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก บางงานวิจัยจึงได้เจาะจงให้เหมาะกับอุตสาหกรรมนั้น เหมือนที่ Sadeghi และคณะ (2016) ได้ใช้ข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษา ซึ่งผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Manufacturing) ข้อมูลองค์ประกอบของโรงงานลักษณะนี้ เป็นที่เข้าใจได้อยู่แล้ว แต่ขาดการจัดการว่าจะมอบหมายบทบาทอะไรให้แต่ละองค์ประกอบ แต่ละองค์ประกอบอยู่ร่วมกันอย่างไรให้สามารถกลายเป็นระบบเดียวกันได้ โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการสร้างแบบจำลองที่ช่วยตัดสินใจในการวางแผนการผลิต การออกแบบกำลังการผลิต และการควบคุมการผลิตได้ โดยอยู่บนพื้นฐานว่าเป็นการผลิตอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ หรือการผลิตที่คล้ายคลึงกับการผลิตลักษณะนี้ จึงจะสามารถดำเนินการสร้างแบบจำลองภายใต้วิธีการมองระบบการผลิต และองค์ประกอบที่งานวิจัยนี้นำเสนอได้ ในทางกลับกัน ระบบการผลิตกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ ก็สามารถไปใช้กับโปรแกรมอารีน่า หรือโปรแกรมสร้างแบบจำลองใดๆ ได้เช่นกัน สิ่งที่แก้ปัญหาเหล่านี้ได้ ต้องเป็นสิ่งที่สามารถสร้างความเข้าใจในการสร้างระบบการผลิตได้ และให้นิยามขององค์ประกอบที่เป็นมาตรฐาน โดยสามารถใช้ได้กับทุกลักษณะของระบบการผลิต นั้นคือการอธิบายบทบาท และความสัมพันธ์ระหว่างกันของแต่ละองค์ประกอบ ที่สามารถสร้างด้วยโปรแกรมสร้างแบบจำลองใดๆ ได้

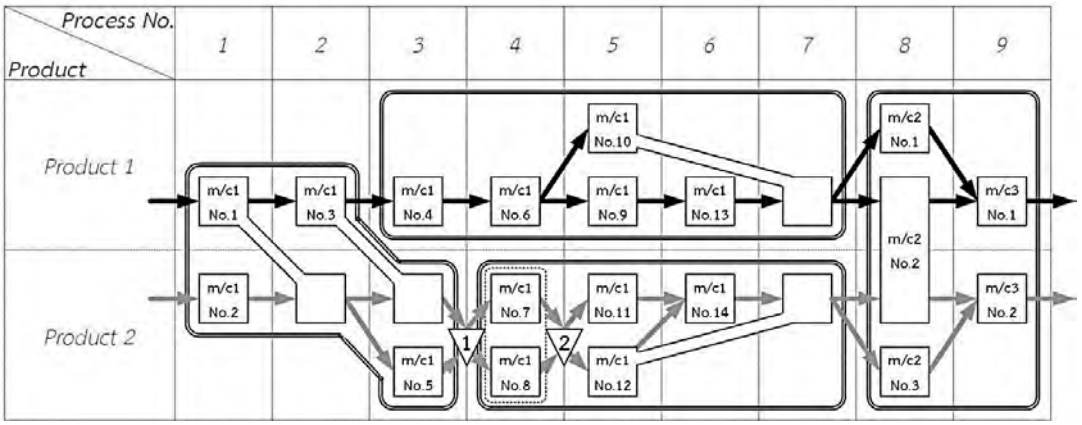
งานวิจัยนี้จึงขอนำเสนอองค์ประกอบของระบบการผลิต อ้างอิงตามหลักการสร้างแบบจำลองของระบบการผลิตในโปรแกรมสร้างแบบจำลอง ซึ่งจะทำให้สามารถเข้าใจการสร้างระบบการผลิตจากองค์ประกอบที่เล็กที่สุด ไปจนถึงใหญ่ที่สุด ที่จะสามารถพิจารณาได้ด้วยมาตรฐานเดียวกันในทุกระบบการผลิต ซึ่งจะช่วยให้สร้างแบบจำลองระบบการผลิตง่ายขึ้นด้วย ทั้งนี้จะอธิบายประกอบกับรูปที่ 21 เป็นแบบจำลองระบบการผลิตตัวอย่าง เพื่อแสดงให้เห็นความหมาย และหน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบในระบบการผลิต 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ทรัพยากรการผลิต สถานีงาน จุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง เส้นทางการผลิต และกลุ่มการผลิต ซึ่งมีทั้งส่วนเหมือนและส่วนต่างเมื่อเทียบกับงานวิจัยที่ได้กล่าวไป สรุปดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: องค์ประกอบของระบบการผลิต

ประเด็นเปรียบเทียบ / งานวิจัย		Mahayuddin และ Khairuddin (2017)	Sadeghi และคณะ (2016)	งานวิจัยนี้
ผู้ใช้งาน	ผู้เชี่ยวชาญ		/	
	มีความรู้ปานกลาง	/		/
	มีความรู้น้อย			/
ขอบเขตการใช้งาน	ทุกระบบ			/
	เฉพาะเป้าหมาย	/		
	เฉพาะอุตสาหกรรม		/	
โปรแกรมสร้างแบบจำลอง	แนวคิดของทุกโปรแกรม		/	/
	เฉพาะโปรแกรม	/		
ระดับขององค์ประกอบ	องค์ประกอบมาตรฐาน	/		/
	องค์ประกอบละเอียด		/	

เริ่มจากการสร้างกำลังการผลิตของระบบการผลิตด้วยทรัพยากรการผลิต (Selected Resource) แทนด้วยสัญลักษณ์สี่เหลี่ยม เป็นสัญลักษณ์เดียวกันกับที่โปรแกรมสร้างแบบจำลองอารีน่าใช้แทนกระบวนการ (process) ซึ่งปกติจะมีการระบุว่าใช้ทรัพยากร (resource) ใดในการทำกระบวนการนั้นๆ ในที่นี้จึงมองเป็นทรัพยากรการผลิตที่มีความสามารถทำกระบวนการได้นั้นเอง ทรัพยากรการผลิตนี้สามารถเป็นได้ทั้งเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือคนงาน ที่สามารถแปรรูป โดยรับชิ้นงานหนึ่ง เพื่อเปลี่ยนไปสู่ชิ้นงานหนึ่งได้ ซึ่งเป็นการทำให้เกิดกระบวนการต่างๆ ในระบบการผลิต จากแบบจำลองที่แสดง จะเห็นได้ว่ามีเครื่องจักร 3 ชนิด แสดงด้วยรหัส *m/c1 m/c2* และ *m/c3* โดยมีหมายเลขระบุ เพื่อให้เข้าใจว่าเครื่องจักรเครื่องเดียวกัน หรือต่างเครื่องกัน แสดงด้วยรหัส *No. 1, 2, 3, ...* จากตารางในรูปที่ 21 จะเห็นได้ว่าแต่ละแถวแสดงการดำเนินการ เพื่อผลิตภัณฑ์ที่ต่างกัน

ออกไป คือ *Product 1* และ *Product 2* และแต่ละแนวแสดงกระบวนการที่ต่างกันไป ตั้งแต่ *Process No. 1* จนถึง *9* แสดงว่าเป็นกระบวนการที่ต่างกันออกไป ซึ่งทรัพยากรการผลิตหนึ่งๆ สามารถวางอยู่ในตำแหน่งที่ทำกระบวนการที่ต่างกันออกไป และทำกระบวนการเหล่านั้นเพื่อผลิตภัณฑ์ต่างกันออกไป เกิดจากการมอบหมายหน้าที่ผลิตกระบวนการ และความรับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์ ตามความสามารถของทรัพยากรการผลิต ว่าสามารถดำเนินการกระบวนการใดได้ และมีกำลังผลิตพอต่อการแปรรูป เพื่อผลิตภัณฑ์ใด



รูปที่ 21 แบบจำลองระบบการผลิตตัวอย่าง

จากตัวอย่างในรูปที่ 21 จะเห็นได้ว่าที่เครื่องจักร *m/c1 No. 1* จะต้องดำเนินการ *Process No. 1* เพื่อ *Product 1* และดำเนินการ *Process No. 2* เพื่อ *Product 2* ในขณะที่เครื่องจักรแบบ *m/c1* เหมือนกัน แต่เป็น *No. 2* จะถูกมอบหมายหน้าที่ต่างกัน นั้นคือ ให้ทำ *Process No. 1* เพื่อ *Product 2* นั้นหมายความว่าทรัพยากรการผลิตแต่ละเครื่อง แม้จะมีคุณสมบัติเดียวกัน แต่ไม่จำเป็นต้องถูกมอบหมายหน้าที่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตที่ผลิตภัณฑ์นั้นๆ ต้องการด้วย และหากกำลังการผลิตที่ทรัพยากรการผลิตเหล่านั้นมีเหลือพอจะทำได้ ก็อาจจะรับมากกว่าหนึ่งหน้าที่ก็เป็นได้ ซึ่งจะทำให้ใช้ทรัพยากรนั้นได้อย่างคุ้มค่า ทั้งนี้ ต้องประกอบกับความสามารถในการผลิตของทรัพยากรนั้นเองด้วย ว่าสามารถผลิตกระบวนการอะไรได้บ้าง ซึ่งจะเห็นได้ว่า *m/c1* สามารถทำได้ถึง 7 กระบวนการ ได้แก่ *Process No. 1, 2, 3, ..., 7* จึงสามารถแบ่งส่วนกำลังการผลิตได้มากกว่าหนึ่งกระบวนการ และอาจมากกว่าหนึ่งผลิตภัณฑ์ ในขณะที่ *m/c2* ทำได้เพียง *Process No. 8* และ *m/c3* ทำได้เพียง *Process No. 9* จึงมีการจัดเพียงว่าจะทำเพื่อผลิตภัณฑ์ใด ไม่ต้องเลือกว่าจะทำกระบวนการอะไร

จุดที่น่าสังเกตอีกจุดก็คือ เมื่อเรามอบหมายกระบวนการเดียวกัน แต่รับผิดชอบผลิตภัณฑ์ต่างกัน แท้จริงแล้วมีเพียงชื่อกระบวนการที่เหมือนกัน แต่การแปรรูปจากชิ้นงานที่ต่างกัน เพื่อกลายเป็นชิ้นงานที่ต่างกัน กล่าวได้ว่าเป็นกระบวนการที่ต่างกัน เช่น หากเป็นกระบวนการตัดไม้ แต่ตัดให้ได้ไม้ขนาดเล็ก กับขนาดใหญ่ แม้จะเป็นการตัดเหมือนกัน ก็ต้องระบุว่าเป็นการตัดขนาดเล็ก กับการตัดขนาดใหญ่ เพื่อไม่ให้ละเลยการปรับตั้งที่เกิดขึ้น ในการเปลี่ยนจากกระบวนการหนึ่ง เป็นอีกกระบวนการหนึ่ง และพึงตระหนักว่า กำลังการผลิตที่ถูกแบ่งไปเพื่อหลากหลายผลิตภัณฑ์นั้นเอง ซึ่งการรับชิ้นงานเข้าและออกเป็นชุดเดียวกัน สามารถจัดเป็นกลุ่มเดียวกันและเรียกว่าเป็นสถานีงาน (Workstation) เดียวกันได้ แทนด้วยสัญลักษณ์กรอบเส้นประ หากสถานีงานมีจุดที่กำลังการผลิตต่ำกว่าที่คาดหวังไว้ สามารถชดเชยอัตราเร็วที่ต้องการเพิ่มด้วยจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง (Stock point) แทนด้วยสัญลักษณ์สามเหลี่ยมคว่ำ ซึ่งเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้ทั่วไป ในการอธิบายเกี่ยวกับการจัดการพัสดุคงคลัง โดยระบบการผลิตต่างๆ สามารถสร้างจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังได้ ทั้งกรณีที่สายการผลิตมีอัตราเร็วสมดุลกันทั้งสายการผลิต หรือไม่สมดุลกันก็ได้ ทั้งนี้ ต้องจัดการว่าที่จุดจัดเก็บสินค้านั้นเก็บชิ้นงานอะไร รับชิ้นงานเหล่านั้นจากสถานีใดไปส่งให้สถานีใด รวมถึงต้องมีจำนวนชิ้นงานขั้นต่ำเท่าไรจึงจะพอกับกำลังการผลิตที่ต้องการ

จากบทบาทหน้าที่ของทรัพยากรการผลิต และจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง อาจกล่าวได้ว่าเป็นเหมือนจุดที่แทนกำลังการผลิตของระบบ โดยที่มีชิ้นงานเข้าสู่จุดเหล่านั้น หรือออกจากจุดเหล่านั้น การส่งต่อชิ้นงานระหว่างจุดเหล่านั้นสามารถเรียกได้ว่าเป็น เส้นทางการผลิต (Path) แทนด้วยเส้นลูกศรเส้นทึบ เช่นเดียวกับลูกศรที่ใช้เชื่อม (connect) ระหว่างแต่ละองค์ประกอบของโปรแกรมสร้างแบบจำลองอารีน่า สังเกตได้ว่าสามารถจำแนกเส้นทางการผลิตเป็นกลุ่มใหญ่ตามผลิตภัณฑ์ที่รับผิดชอบ เพื่อให้เห็นภาพชัดเจนขึ้นได้ ซึ่งตัวอย่างได้ใช้แทนเส้นทางการผลิตของ *Product No. 1* ด้วยลูกศรสีเข้ม และเส้นทางการผลิตของ *Product No. 2* แทนด้วยลูกศรสีอ่อน ทั้งนี้ ไม่จำเป็นว่าการทำกระบวนการชุดเดียวกัน และทำเพื่อผลิตภัณฑ์กลุ่มเดียวกัน จะต้องมีการรับจากสถานีงานก่อนหน้า หรือจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังก่อนหน้าที่เป็นจุดเดียวกัน และส่งไปยังสถานีงานถัดไป หรือจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังก่อนหน้าที่เป็นจุดเดียวกัน

ตามรูปที่ 21 จะเห็นว่า *m/c1 No. 7* และ *No. 8* รับชิ้นงานจากจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง *หมายเลข 1* เหมือนกัน ดำเนินกระบวนการเดียวกัน คือ *Process No. 4* โดยดำเนินการเพื่อผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน คือ *Product 2* และส่งชิ้นงานที่แปรรูปแล้วไปสู่จุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง *หมายเลข 2* เหมือนกัน เช่นนี้จึงสามารถจับกลุ่มว่า *m/c1 No. 7* และ *No. 8* เป็นทรัพยากรการผลิตในสถานีงานเดียวกัน แต่ในกรณีของ *m/c1 No. 11* และ *No. 12* ซึ่งรับชิ้นงานจากจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง*หมายเลข 2* เหมือนกัน ดำเนินกระบวนการเดียวกัน คือ *Process No. 5* โดยดำเนินการเพื่อผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกัน คือ *Product 2* และส่งชิ้นงานที่แปรรูปแล้วไปสู่ *m/c1 No. 14* เช่นกัน อาจดูเหมือนว่าจะสามารถจัดเป็นสถานีงานเดียวกันได้ แต่เนื่องจาก *m/c1 No.12* รับหน้าที่มากกว่า *m/c1*

No.11 โดยการรับชิ้นงานจาก *m/c1 No. 14* เพื่อทำ *Process No. 7* และส่งไปยัง *m/c2 No. 2* และ *No. 3* ด้วย ดังนั้นจึงไม่สามารถจัดเป็นสถานีงานเดียวกันได้

ในเรื่องการจับกลุ่มทรัพยากรการผลิตเป็นสถานีงานนั้นสามารถสรุปได้ว่า ทรัพยากรการผลิตที่ถือว่าเป็นสถานีงานเดียวกัน จะต้องรับชิ้นงานเข้าชุดเดียวกัน จากจุดก่อนหน้าเดียวกัน ทำกระบวนการชุดเดียวกัน เพื่อผลิตภัณฑ์ชุดเดียวกัน และส่งออกชิ้นงานชุดเดียวกัน สู่จุดมุ่งหมายเดียวกัน ซึ่งจะสามารถรับงานแทนกันได้ กล่าวคือ หากมีงานเข้ามา ทรัพยากรการผลิตใดก็ได้ที่อยู่ในสถานีงานเดียวกัน สามารถรับงานแทนกันได้ทั้งหมด เหมือนเป็นทรัพยากรการผลิตเดียวกัน

สถานีงานต่างๆ ที่ทำงานส่งต่อกันเป็นกลุ่มกระบวนการที่เกี่ยวข้องกัน ก็ควรจะจัดให้อยู่ใกล้กัน หรือมีวิธีการเอื้อให้เกิดการขนส่งระหว่างกันที่สะดวก จะสามารถจัดเป็นกลุ่มเดียวกัน หรือเรียกว่ากลุ่มการผลิต (Cell) แทนด้วยสัญลักษณ์กรอบเส้นทึบคู่ โดยสามารถพิจารณาจับกลุ่มการผลิตได้จากการเชื่อมโยงของลูกศรเส้นทางการผลิต จากกลุ่มการผลิตแรกของตัวอย่างในรูปที่ 21 ทางฝั่งซ้ายมือจะเห็นว่ามีการใช้ทรัพยากรการผลิตร่วมกัน และยังไม่มีการแยกใช้ทรัพยากรการผลิตที่ไม่เกี่ยวกัน จนเมื่อถึง *m/c1 No. 3* ซึ่งแบ่งเส้นทางการผลิตออกเป็นสองเส้นทาง คือเส้นทางที่ไปยัง *m/c1 No. 4* และอีกเส้นทางหนึ่งไปยังจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง*หมายเลข 1* ซึ่งจะสามารถแยกเป็นอีกสองกลุ่มการผลิต จนกระทั่งเส้นทางมาเชื่อมกันอีกครั้ง เนื่องจากมีการไหลของชิ้นงานเข้าสู่ *m/c2 No. 2* เหมือนกัน จึงเป็นกลุ่มการผลิตสุดท้ายที่อยู่ท้ายเส้นทางการผลิตฝั่งขวามือนั้นเอง โดยการจับกลุ่มแบบนี้จะช่วยให้การวางตำแหน่งจริงหลังจากนี้ทำได้ง่ายขึ้น

องค์ประกอบดังที่กล่าวไปไม่ใช่องค์ประกอบทั้งหมดของระบบการผลิต และแน่นอนว่ายังไม่ได้มองเป็นเชิงกายภาพ แต่องค์ประกอบเหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่จำเป็นต้องทราบเป็นพื้นฐานเป็นองค์ประกอบหลัก เพื่อที่จะไปใช้พิจารณาการเลือกองค์ประกอบย่อยอื่นๆ หลังจากที่มีภาพของระบบการผลิตพื้นฐานที่ต้องมีแล้ว ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะสามารถใช้ได้กับทุกระบบการผลิต กล่าวคือสามารถทำให้เห็นภาพระบบการผลิตที่เป็นผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องสามารถออกแบบได้ ซึ่งหลักการออกแบบระบบการผลิตต่อจากนี้จะต้องออกแบบเพื่อให้สามารถนำส่งผลลัพธ์ตามองค์ประกอบเหล่านี้ได้

3.4 หลักการออกแบบระบบการผลิต

ทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยที่ผ่านมาได้นำเสนอการออกแบบระบบการผลิตไว้หลากหลาย โดยมีการแบ่งส่วนการออกแบบต่างกันไป เช่น Karlsson (2008) ได้แบ่งพิจารณาเป็นส่วนอุปทาน (Supply) ข้อมูล (Information) บุคลากร (Human resources) กระบวนการ (Process) และผลิตภัณฑ์ (Product) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นการแบ่งตามลักษณะทางกายภาพที่ต่างกัน แต่หากมองอีกมุมหนึ่ง จะสามารถมองได้ว่า ทุกส่วนก็มีข้อมูลแฝงอยู่ด้วย หรือบุคลากรก็มีความเกี่ยวข้องกับการทำให้ได้ส่วนอุปทาน และกระบวนการ กล่าวคือ ทุกส่วนมีส่วนที่ทับซ้อนเป็นกลุ่มเดียวกันในเชิงการดำเนินกิจกรรม และการจัดการ ซึ่งจะสามารถใช้ในส่วนการออกแบบได้มากกว่า ซึ่งเป็นลักษณะที่

Chryssolouris (1992) ใช้แบ่งส่วน และกำหนดเป็นลำดับในการออกแบบระบบการผลิต นั้นคือ การออกแบบผลิตภัณฑ์ (Product design) การวางแผนการผลิต (Production Planning) การควบคุมการผลิต (Production control) อุปกรณ์การผลิต (Production Equipment) และกระบวนการผลิต (Production Process) ซึ่งเรียงการออกแบบตามลำดับนี้

บางงานวิจัยไม่กำหนดลำดับการออกแบบไว้ตายตัวดังเช่นที่กล่าวไปข้างต้น นั้นคือ Cochran และคณะ (2016) ซึ่งได้แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ 4 กลุ่มคือ ส่วนคุณภาพ (Quality) การออกแบบกำลังการผลิต (Predictable Output) การจัดการพัสดุคงคลัง (Delay Reduction) และการบริหารต้นทุนการดำเนินการผลิต (Operating Costs) มีเพียงแนวทางคร่าวๆ ภายในกลุ่มใหญ่มีกิจกรรมการออกแบบย่อยๆ พร้อมระบุว่า หากทำส่วนใดแล้ว สามารถทำส่วนใดต่อไปได้บ้าง โดยลำดับการออกแบบสามารถทำได้หลายวิธีการ ที่เกิดจากการเรียงลำดับการออกแบบที่ต่างกันไป ไม่ได้บังคับไว้ให้มีลำดับการออกแบบวิธีการเดียว นอกจากนี้ก็ยังมีหลักการที่ Tompkims และคณะ (2003) และ Wu (1992) ได้แบ่งตามส่วนที่ต้องสนใจออกแบบ แต่ไม่ได้กำหนดลำดับไว้ นั้นก็เพราะทุกส่วนมีความสำคัญเท่ากันและมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน มักจะต้องย้อนมาทบทวนส่วนที่ออกแบบไปแล้ว เมื่อทำการประเมินแล้วยังไม่ได้ผลดังต้องการ โดยส่วนที่ต้องทำการออกแบบก็ไม่ได้มีลำดับการแก้ไขที่ตายตัว ขึ้นอยู่กับการประเมินว่าเกี่ยวข้องกับส่วนการออกแบบใด ส่วนใดที่แก้ไขแล้วจะทำให้ได้ระบบการผลิตที่ตรงกับเป้าหมายที่ตั้งไว้มากขึ้น

ทั้งนี้สังเกตได้ว่ามีหลายทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยที่กล่าวถึงการออกแบบที่เป็นเชิงคุณภาพ ซึ่งเป็นส่วนที่ต้องใช้วิจารณญาณของผู้ออกแบบระบบการผลิตอย่างมาก หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการออกแบบระบบการบริหาร ซึ่งหมายรวมถึงการออกแบบผลิตภัณฑ์ การออกแบบกระบวนการผลิต และการเลือกทรัพยากรการผลิตที่ผ่านเกณฑ์เชิงคุณภาพ ทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นส่วนการออกแบบที่สามารถสรุปเป็นมาตรฐานเดียวกันได้ยาก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจะนำเสนอหลักการออกแบบที่สามารถระบุผลลัพธ์นำส่งที่ตอบเป็นเชิงปริมาณได้ และสามารถสรุปเป็นระบบการผลิตที่อธิบายได้ด้วยองค์ประกอบมาตรฐานทั้งห้าองค์ประกอบ ดังที่อธิบายไว้ในในส่วนองค์ประกอบของระบบการผลิต ทั้งนี้สามารถสรุปเทียบระหว่างงานวิจัยที่ผ่านมา และสิ่งที่งานวิจัยนี้จะทำ ได้ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: หลักการออกแบบระบบการผลิต

ประเด็นเปรียบเทียบ / งานวิจัย		Karlsson (2008)	Chryssolouris (1992)	Cochran และคณะ (2016)	Tompkims และคณะ (2003)	Wu (1992)	งานวิจัยนี้
ผู้ใช้งาน	ผู้เชี่ยวชาญ	/					
	มีความรู้ปานกลาง		/	/	/	/	/
	มีความรู้น้อย						/
แนวทางการแบ่ง	ลักษณะทางกายภาพ	/					
	กิจกรรม		/				
	มุมมองต่อระบบ			/	/	/	/
ลำดับการออกแบบ	ไม่มีลำดับ	/			/	/	
	มีแนวทางสร้างลำดับ						/
	มีหลายลำดับให้เลือกได้			/			
	มีลำดับเดียว		/				

สำหรับงานวิจัยนี้ การออกแบบในรอบแรกจะมีลำดับการออกแบบ คือ การออกแบบกำลังการผลิต การออกแบบเส้นทางการผลิต และการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง ซึ่งการออกแบบในรอบแรกจะมีลำดับตามนี้ แต่หลังจากนั้นลำดับการออกแบบแก้ไขจะไม่แน่นอน โดยตัวแปรออกแบบผลกระทบต่อระบบ และความสัมพันธ์ระหว่างส่วนการออกแบบ มีรายละเอียดดังแต่ละหัวข้อย่อยต่อไปนี้

3.4.1 การออกแบบกำลังการผลิต

การออกแบบที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกำลังการผลิตให้กับระบบการผลิต จะถูกเรียกรวมอยู่ในส่วนการออกแบบกำลังการผลิต ซึ่งเมื่อกล่าวถึงองค์ประกอบที่ทำให้เกิดกำลังการผลิตในระบบการผลิต ผู้ออกแบบมักจะมุ่งไปที่การเลือกเครื่องจักร หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือการพิจารณาคุณสมบัติของแรงงานคนแบบเดียวกันกับคุณสมบัติการใช้งานของเครื่องจักร ซึ่งทำให้เกิดงานวิจัยที่ทำการสร้างหลักการออกแบบในส่วนนี้มากมาย เช่น Hafezalkotob และ Hafezalkotob (2017) ได้นำเสนอการเลือกเครื่องจักร โดยนำคุณสมบัติที่ต้องการให้เครื่องจักรสามารถทำได้มาตั้งเป็นคะแนน และน้ำหนัก

ความสำคัญ ซึ่งการระบุด้านต่างๆ ที่ต้องให้คะแนน และน้ำหนักความสำคัญเป็นสิ่งที่ขึ้นอยู่กับลักษณะเฉพาะของแต่ละระบบการผลิต ต้องทำการตัดสินใจเองโดยผู้ประกอบการที่เข้าใจนโยบายการบริหารจัดการระบบนั้น เมื่อตั้งเกณฑ์ที่ต้องการแล้ว จะทำการตั้งตัวแปรสมมติคือระยะห่างระหว่างเกณฑ์ที่ตั้ง กับค่าที่ได้จากเครื่องจักรแต่ละเครื่อง และเลือกเครื่องที่ค่าระยะห่างนี้น้อยที่สุด ซึ่งอยู่บนพื้นฐานว่าการตั้งค่าชี้วัดและเกณฑ์นั้นเหมาะสมดีแล้ว และข้อมูลเชิงคุณภาพบางส่วนสามารถแปลงเป็นเชิงปริมาณได้ โดยที่ส่วนนี้แค่เป็นการเลือกเครื่องจักร หรือทรัพยากรการผลิตที่เหมาะสม แต่ยังไม่ได้บอกว่าต้องมีจำนวนเท่าไร

การหาจำนวนทรัพยากรการผลิต เพื่อจัดสรรแต่ละทรัพยากรการผลิตเพื่อทำหน้าที่แต่ละกระบวนการผลิตเป็นอีกส่วนหนึ่งที่ต้องทำการออกแบบ ในมุมมองของ Hung และคณะ (2014) จะมองว่าทรัพยากรการผลิตที่มีกำลังการผลิตอยู่แล้วจะจัดสรรอย่างไรให้ใช้กำลังการผลิตให้เกิดผลกำไรมากที่สุด โดยคำนึงถึงลักษณะของความต้องการที่เข้ามาอย่างไม่แน่นอน แต่สิ่งที่มีอยู่แล้วก็ต้องเป็นจำนวนทรัพยากร เพื่อที่จะบอกได้ว่าระบบการผลิตนี้มีกำลังการผลิตอยู่เท่าไร กล่าวได้ว่า การออกแบบจำเป็นต้องมีตัวเลือกทรัพยากรการผลิต เพื่อที่จะทำการระบุจำนวนที่เพียงพอต่อกำลังการผลิตโดยรวมที่ต้องการ จากนั้นจึงทำการมอบหมายหน้าที่เพื่อกระจายกำลังการผลิตให้แต่ละกระบวนการผลิต และแต่ละผลิตภัณฑ์

สำหรับงานวิจัยนี้ การออกแบบกำลังการผลิตจะมีข้อแตกต่าง และสิ่งที่เหมือนกับงานวิจัยที่ผ่านมา ที่สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 9 โดยองค์ประกอบของระบบการผลิตที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบกำลังการผลิตคือ ทรัพยากรการผลิต ซึ่งเป็นส่วนที่เล็กที่สุดของระบบการผลิตที่นำเสนอ เมื่อเริ่มการออกแบบจากระบบที่ว่างเปล่าจึงต้องเริ่มออกแบบจากส่วนนี้ก่อน ภายใต้การออกแบบระบบการบริหารที่สรุปไว้แล้วว่าจะทำการผลิตภัณฑ์ใดบ้าง มีกระบวนการผลิตอย่างไร และมีตัวเลือกของทรัพยากรการผลิตที่ผ่านเกณฑ์เชิงคุณภาพแล้ว สิ่งที่ต้องตัดสินใจต่อมาคือ จำนวนของทรัพยากรการผลิตในกลุ่มตัวเลือกเหล่านั้น และการมอบหมายหน้าที่รับผิดชอบ ซึ่งแน่นอนว่าต้องมีจำนวนเพียงพอที่จะได้กำลังการผลิตที่ต้องการ พร้อมกับต้องคำนึงถึงต้นทุนที่จะเกิดขึ้นจากมิติต่างๆ ทั้งต้นทุนการจัดซื้อ และต้นทุนการดำเนินงานต่างๆ ซึ่งต้องเลือกให้ต้นทุนต่ำที่สุด เพื่อให้การดำเนินการหลังจากนั้นมีต้นทุนต่ำที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ หรือไม่เกินจากงบประมาณที่ตั้งไว้สำหรับส่วนนี้ ทั้งนี้ต้องอาศัยการตั้งกำลังการผลิตที่ต้องการให้เหมาะสม และการเลือกต้นทุนที่เกี่ยวข้อง ที่สามารถแสดงการทำงานของระบบได้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด เนื่องจากกำลังการผลิตที่ต้องการ จะแปลงมาจากความต้องการผลิตภัณฑ์ ซึ่งความต้องการนั้นไม่ใช่ค่าคงที่ มีความแปรปรวน มีค่าต่างไปตามเวลานั้นๆ ส่วนต้นทุนนั้น มีทั้งต้นทุนจัดซื้อทรัพยากรการผลิตตอนต้น ต้นทุนการดำเนินการ และต้นทุนการปรับตั้ง เป็นต้น ซึ่งสะท้อนคุณสมบัติของทรัพยากรการผลิตในด้านที่ต่างกันไป จึงต้องเลือกพิจารณาให้เหมาะสมกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ ทั้งยังต้องสามารถวัดค่าได้จริงด้วย

ตารางที่ 9 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: การออกแบบกำลังการผลิต

ประเด็นเปรียบเทียบ / งานวิจัย		Hafezalkotob และ Hafezalkotob (2017)	Hung และคณะ (2014)	งานวิจัยนี้
ผู้ใช้งาน	ผู้เชี่ยวชาญ	/	/	
	มีความรู้ปานกลาง			/
รูปแบบนำส่ง	ฮิวริสติก	/	/	
	หลักการออกแบบ			/
สิ่งที่ต้องตัดสินใจ	มีการตัดสินใจเชิงคุณภาพ	/		
	มีการตัดสินใจเชิงปริมาณ		/	/
คำตอบที่สนใจ	เครื่องจักรที่ผ่านเกณฑ์	/		ถือว่ามีข้อมูลแล้ว
	จำนวนเครื่องจักร		/	/

เมื่อมีทรัพยากรการผลิตที่แทนกำลังการผลิตของระบบการผลิตเรียบร้อยแล้ว พร้อมกับขอบเขตของกระบวนการที่ทรัพยากรการผลิตเหล่านั้นทำได้ จะต้องมีการระบุเส้นทางการผลิตที่แสดงถึงการส่งต่อในแต่ละทรัพยากรการผลิต โดยทรัพยากรการผลิตที่เลือกมาแล้วจะเป็นขอบเขตเส้นทางที่สามารถสร้างได้หลังจากนี้ ข้อมูลอัตราเร็วในการผลิต ที่เป็นคุณสมบัติของทรัพยากรการผลิต เมื่อประกอบกับการทำงานจริง อาจมีการปรับตั้งระหว่างการผลิต ทำให้ต้องมีจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังเพื่อเสริมกำลังการผลิตที่หายไปพร้อมกับการปรับตั้งเหล่านั้น หากการออกแบบเส้นทางการผลิต และการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ภายใต้ขอบเขตที่เกิดจากทรัพยากรการผลิตที่ออกแบบไว้ จะต้องมีการออกแบบกำลังการผลิตใหม่ พร้อมกับรับข้อมูลที่ละเลยไปในตอนต้น เช่น เวลาในการปรับตั้ง ซึ่งจะทราบภายหลัง เมื่อมีการวางเส้นทางการผลิต และจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังแล้ว เมื่อออกแบบกำลังการผลิตใหม่แล้ว จะทำให้เกิดขอบเขตใหม่สำหรับการออกแบบเส้นทางการผลิต และการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง แต่หากไม่มีคำตอบใหม่ที่สามารถเข้าใกล้กับ

เป้าหมายที่ตั้งไว้ได้แล้ว ถือว่าภายใต้ความสามารถในการสร้างระบบการผลิตที่ตั้งไว้ จะไม่สามารถออกแบบกำลังการผลิตได้ดีกว่านี้ กล่าวอีกนัยหนึ่ง คือ ไม่มีขอบเขตอื่นที่สามารถออกแบบเส้นทางการผลิต หรือออกแบบพัสดุคงคลัง เพื่อให้ได้ระบบการผลิตที่ดีกว่านี้แล้ว ดังนั้นถือว่าสิ้นสุดการออกแบบ โดยหากต้องการให้คำตอบดีกว่าเดิม จะต้องแก้ไขที่ความสามารถ และขอบเขตในการสร้างระบบการผลิตของผู้ประกอบการเอง เช่น อาจต้องมีการเพิ่มงบประมาณเพื่อการสร้างระบบการผลิต และอาจต้องมีการทบทวนทรัพยากรการผลิตที่เลือกมาแล้วอีกครั้ง

3.4.2 การออกแบบเส้นทางการผลิต

เส้นทางการผลิตเป็นสิ่งที่เกิดจากการส่งต่องานกันระหว่างแต่ละองค์ประกอบ เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละองค์ประกอบของระบบการผลิต ซึ่งการเลือกว่าจะเกิดเส้นทางการผลิตอย่างไร ต้องพิจารณาจากหลายปัจจัย การจัดเส้นทางทั่วไปมักจะพิจารณาเรื่องเวลา และต้นทุนที่เกิดจากระยะทาง เหมือนกับที่ Alvarado-Iniesta และคณะ (2013) ได้ทำเพื่อลดเวลา และระยะทางการขนย้ายให้มากที่สุด อย่างไรก็ตาม นี้เป็นปัญหาที่จะต้องคิดหลังจากมีการวางตำแหน่งแต่ละองค์ประกอบบนพื้นที่จริงแล้ว ซึ่งเป็นข้อมูลที่แต่ละระบบการผลิตต่างกันไป ทั้งในแง่ของขนาดพื้นที่ และรูปร่างของพื้นที่

สิ่งที่สามารถออกแบบด้วยมาตรฐานเดียวกันได้ คือ การจัดสายการผลิตที่คำนึงถึงความสัมพันธ์ และความเหมาะสมที่องค์ประกอบเหล่านั้นควรอยู่ใกล้กัน เพื่อให้ส่งต่อกันได้ง่าย ซึ่งจะสามารถนำคำตอบที่ได้ไปใช้จัดวางกับพื้นที่จริงได้ภายหลัง ดังเช่นที่ Egilmez และคณะ (2012) จับกลุ่มการผลิตโดยอาศัยการพิจารณาความรับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน กล่าวคือมีกระบวนการผลิตใกล้เคียงกัน ขณะเดียวกัน ต้องพึงคำนึงว่าการใช้งานทรัพยากรการผลิตร่วมกันจะน้อยลง การรับงานหลังจากนี้ จะไม่สามารถใช้ร่วมกันได้ หากไม่ได้อยู่ในกลุ่มการผลิตเดียวกัน Starbek และ Menart (2000) และ Benjaafar (1996) ได้ให้ความสำคัญในส่วนนี้ ซึ่งถือว่าการใช้ทรัพยากรการผลิตร่วมกันจะทำให้ใช้กำลังการผลิตที่มีได้คุ้มค่า แต่ในขณะเดียวกัน การวางแผนการผลิตจะยุ่งยากขึ้น หากทรัพยากรการผลิตรับผิดชอบหลายกระบวนการ หลายผลิตภัณฑ์ ทั้งยังต้องไม่ละเลยเวลาในการปรับตั้ง และต้นทุนการดำเนินงานที่อาจเกิดขึ้นด้วย

งานวิจัยนี้จึงขอสรุปเป็นสิ่งที่ควรจะพิจารณาในการออกแบบเส้นทางการผลิตดังตารางที่ 10 โดยการออกแบบเส้นทางการผลิตจะต้องสามารถบอกได้ว่าทรัพยากรการผลิตที่ถูกเลือกมาแล้วนั้น จะทำกระบวนการใดบ้าง และจะดำเนินกระบวนการนั้นเพื่อผลิตภัณฑ์ใด ซึ่งจะต้องผ่านการแบ่งสัดส่วนกำลังการผลิตที่มี ว่าจะจัดสรรไปทำหน้าที่ใด เป็นสัดส่วนเท่าไร พร้อมกับสรุปว่าจะมีการส่งต่อชิ้นงานกันอย่างไร นั้นก็คือการสร้างเส้นทางการผลิตให้กับระบบ พร้อมกันนั้นจะสามารถสรุปว่าทรัพยากรการผลิตที่มีบทบาทในระบบการผลิตเหมือนกัน กล่าวคือ ดำเนินกระบวนการชุดเดียวกัน เพื่อผลิตภัณฑ์ชุดเดียวกัน รับชิ้นงานมาจากทรัพยากรการผลิตกลุ่มเดียวกัน และส่งชิ้นงานไปสู่ทรัพยากรการผลิตกลุ่มเดียวกัน ซึ่งจะสามารถจัดเป็นสถานีงานได้

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: การออกแบบเส้นทางการผลิต

ประเด็นเปรียบเทียบ / งานวิจัย		Alvarado-Iniesta และคณะ (2013)	Egilmez และคณะ (2012)	Starbek และ Menart (2000)	Benjaafar (1996)	งานวิจัยนี้
ผู้ใช้งาน	ผู้เชี่ยวชาญ	/	/	/	/	
	มีความรู้ปานกลาง					/
รูปแบบนำส่ง	ฮิวริสติก	/	/	/	/	
	หลักการออกแบบ					/
สิ่งที่ใช้ตัดสินใจ	เวลาหรือระยะทางบนพื้นที่จริง	/				
	แบ่งแยกตามความรับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์		/			/
	ความคุ้มค่าในการใช้กำลังการผลิตที่มี			/	/	/
	ความยุ่งยากในการจัดแผนการผลิตหลังจากนี้			/	/	/
คำตอบที่สนใจ	กระบวนการที่ทำ	ถือว่ามีข้อมูลแล้ว				/
	การรับและส่งต่อ			/	/	/
	ผลิตภัณฑ์ที่ทำ		/	/	/	/
	กลุ่มการผลิต		/			/
	ตำแหน่งที่ตั้งจริง	/				

ภายใต้เส้นทางการผลิตที่เกิดขึ้น จะทำให้เกิดอัตราการผลิตโดยรวมของระบบที่เกิดจากการทำงานส่งต่อกัน ซึ่งจะทำให้สามารถออกแบบต่อได้ว่าจำเป็นต้องมีจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังเพื่อปรับ

อัตราเร็วการผลิตโดยรวมหรือไม่ ซึ่งการวางตำแหน่งก็จะถูกจำกัดขอบเขตแค่ภายในเส้นทางการผลิต ทั้งนี้หากตัดสินใจวางได้แล้ว จะสามารถกำหนดเป็นเส้นทางที่เพิ่มมาจากการไหลเข้าและออกจากจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังเพิ่มได้ และสามารถสรุปเป็นกลุ่มการผลิตสุดท้ายได้จากเส้นทางการผลิตที่ครบถ้วนแล้ว อย่างไรก็ตาม หากภายใต้เส้นทางการผลิตที่กำหนดไว้ ไม่สามารถสร้างจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังที่ทำให้ระบบการผลิตตอบสนองต่อความต้องการสินค้าได้ทัน อาจต้องมีการทบทวนเส้นทางการผลิตใหม่และเช่นกัน หากเส้นทางการผลิตถูกสร้างทุกคำตอบที่เป็นไปได้แล้วยังไม่สามารถทำได้ตามความต้องการ จะต้องกลับไปทบทวนจำนวนทรัพยากรการผลิตใหม่อีกนั้นเอง

3.4.3 การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง

จากสองส่วนการออกแบบก่อนหน้า จะเห็นว่าการออกแบบส่วนนี้จะต้องมีทั้งกำลังการผลิตที่ทำได้ และเส้นทางการผลิตที่ชิ้นงานไหลไปได้เรียบร้อยแล้ว จึงจะพิจารณาว่ายังต้องเพิ่มเติมจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังหรือไม่ เนื่องจากการออกแบบกำลังการผลิตจะพิจารณาเป็นกำลังการผลิตที่ระบบการผลิตต้องการโดยรวม ส่วนการออกแบบเส้นทางการผลิต จึงเป็นการแบ่งสัดส่วนกำลังการผลิตเหล่านั้น แต่สิ่งที่ยังต้องพิจารณาเพิ่มเติมคือ พฤติกรรมของความต้องการผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจริง จากงานวิจัยของ Kutzner และ Kiesmüller (2013) ได้แบ่งพฤติกรรมของความต้องการสินค้าที่ไม่แน่นอน เป็นสถานะที่ระบบการผลิตต้องเผชิญ เพื่อสามารถปรับแผนการเก็บพัสดุคงคลังให้สอดคล้องกับสถานะเหล่านั้น ซึ่งจะถูกนำมาใช้ต่อเพื่อระบุตำแหน่งจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังที่ต้องมี โดยในส่วนนี้จะเห็นว่า Huang และคณะ (2017) และ Barron และคณะ (2016) จะพิจารณาโดยคำนึงถึงพฤติกรรมความต้องการที่ไม่แน่นอนเหล่านั้นผ่านแบบจำลองระบบการผลิต โดยมีการตั้งสมมติฐานว่าพฤติกรรมการเข้ามาของความต้องการสินค้าเหล่านั้น สามารถแทนด้วยการกระจายของข้อมูลรูปแบบต่างๆ ภายใต้การพิจารณาการดำเนินการระยะยาว เพื่อให้เห็นสภาพการทำงานที่แท้จริงของระบบการผลิตในแต่ละระยะเวลา เกิดเป็นรอบระยะเวลาที่มีการดำเนินการซ้ำเดิม กล่าวคือมีการวนกลับมาที่สถานะเดิมของระบบ ก็จะนับเป็นรอบการการทำงานใหม่ได้นั้นเอง

ก่อนที่จะสรุปการออกแบบ การออกแบบส่วนนี้จะต้องวิเคราะห์ว่าสามารถดำเนินการผลิตได้ทันต่อความต้องการหรือไม่ พร้อมกันนั้นต้องคำนึงถึงต้นทุนที่จะเกิดจากการจัดเก็บ กล่าวคือยิ่งจำนวนจุดจัดเก็บมาก จำนวนชิ้นงานที่ต้องเก็บจำนวนมาก และเป็นชิ้นงานที่ผ่านการแปรรูปมามาก ก็จะเกิดต้นทุนจากการจัดเก็บมากตาม ซึ่งต้องเทียบระหว่างการให้ความสำคัญกับความต้องการสินค้ากับต้นทุนการจัดเก็บนั้นเอง ดังเช่น Wanke และคณะ (2017) ได้พยายามหาคำตอบโดยเปรียบเทียบระหว่างต้นทุนการจัดเก็บโดยรวม กับระดับการให้บริการ กล่าวได้ว่านอกจากจะต้องพิจารณาพฤติกรรมของความต้องการสินค้า ยังต้องพิจารณาต้นทุนที่เกิดจากการมีจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังด้วย การให้น้ำหนักความสำคัญระหว่างสองประเด็นนี้ จะขึ้นอยู่กับแต่ละระบบการผลิต ซึ่งถือว่าเป็นนโยบายที่ต้องผ่านการออกแบบมาแล้วในส่วนระบบการบริหาร

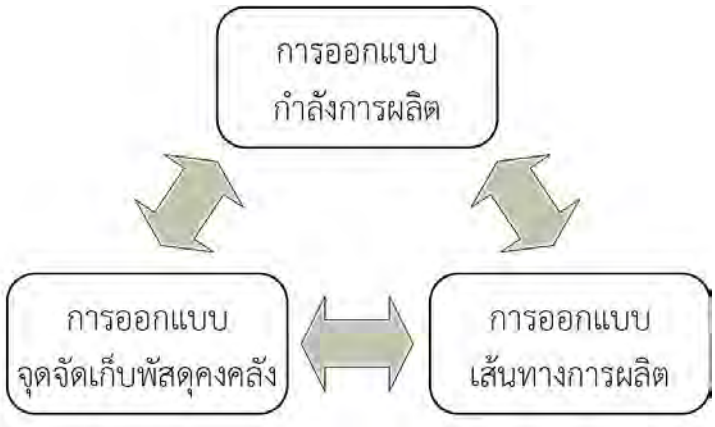
ตารางที่ 11 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง

ประเด็นเปรียบเทียบ / งานวิจัย		Kutzner และ Kiesmüller (2013)	Huang และคณะ (2017)	Barron และคณะ (2016)	Wanke และคณะ (2017)	งานวิจัยนี้
ผู้ใช้งาน	ผู้เชี่ยวชาญ	/	/	/	/	
	มีความรู้ปานกลาง					/
วิธีการทำงาน	วิธีการทางคณิตศาสตร์	/				
	แบบจำลอง		/	/	/	/
สิ่งที่ใช้ตัดสินใจ	ตอบสนองต่อความต้องการได้	/	/	/	/	/
	ต้นทุนจากจำนวนจุดจัดเก็บ	/	/	/	/	/
	ต้นทุนจากปริมาณจัดเก็บ				/	/
	ต้นทุนจากมูลค่าชิ้นงานจัดเก็บ				/	/
พฤติกรรมของความต้องการสินค้า	แบ่งเป็นรูปแบบหนึ่งๆ ที่แต่ละสถานะความต้องการ	/				
	วิเคราะห์การกระจายของข้อมูลที่เปลี่ยนตามเวลาในรอบหนึ่งๆ		/	/	/	/
คำตอบที่สนใจ	ตำแหน่งเชิงแนวคิด	/	/	/	/	/
	ปริมาณจัดเก็บขั้นต่ำ				/	/

จากงานวิจัยที่ทำการศึกษา สามารถรวบรวมเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณา เพื่อออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังได้อย่างเหมาะสม ซึ่งมีสิ่งที่ควรมีทั้งหมดในงานวิจัยที่ผ่านมา แสดงดังตารางที่ 11 โดยสรุปได้ว่า ผลลัพธ์ของการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังจะต้องสามารถบอกได้ว่า ต้องมีการเก็บชิ้นงานอะไร ที่ตำแหน่งใดบนเส้นทางการผลิต และต้องมีจำนวนขั้นต่ำเท่าไรที่จะเพียงพอ ทำนองเดียวกันกับสองส่วนที่ผ่านมา หากไม่สามารถตอบสนองต่อเป้าหมายของระบบการผลิตที่ตั้งไว้ ก็ต้องทบทวนส่วนการออกแบบเส้นทางการผลิต และการออกแบบกำลังการผลิตใหม่ โดยการออกแบบส่วนนี้จะทำให้ได้ผลการประเมิน ที่สะท้อนการดำเนินการของระบบได้ใกล้เคียงความจริงมากขึ้น ซึ่งข้อมูลนี้จะทำให้

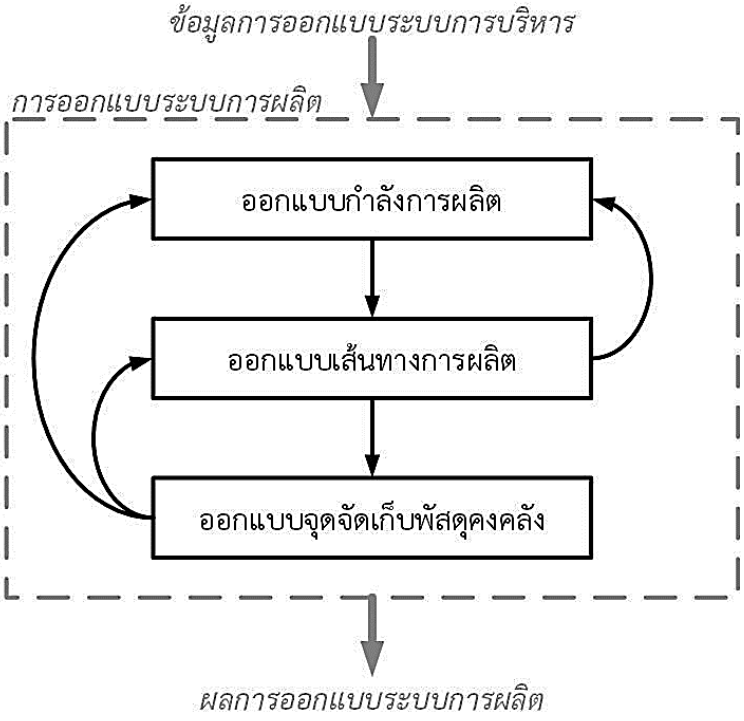
สองส่วนที่ผ่านมาสามารถปรับปรุงการออกแบบได้ดีขึ้น และทราบว่าต้องปรับการออกแบบส่วนใดอย่างไร

จะเห็นได้ว่าการออกแบบแต่ละส่วน แม้จะมีส่วนที่ออกแบบเพื่อองค์ประกอบที่เล็กกว่า หรือองค์ประกอบที่ใหญ่กว่า ต้องมีการส่งข้อมูลซึ่งกันและกัน ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละส่วน ทุกส่วนต้องทำงานสอดคล้องกัน เพื่อบรรลุเป้าหมายในการออกแบบระบบการผลิตร่วมกัน โดยมีความสำคัญต่อระบบการผลิตเท่ากันทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 22 ระบบการผลิตหนึ่งๆ ไม่สามารถละเลยส่วนใดไปได้ ในทางกลับกัน ทั้งสามส่วนนี้ยังไม่ใช่ทั้งหมดที่จำเป็นต้องออกแบบในระบบการผลิต แต่เป็นสามส่วนพื้นฐานที่จำเป็นต้องมีเป็นส่วนตั้งต้น โดยสามารถออกแบบด้วยหลักการมาตรฐานเดียวกันได้ เพื่อนำผลลัพธ์การออกแบบส่วนนี้ไปทำให้เกิดส่วนที่เป็นระดับย่อยลงมา ซึ่งต้องประกอบกับข้อมูลเชิงกายภาพ และนำไปสู่การออกแบบระบบส่วนสนับสนุนการผลิต



รูปที่ 22 ความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนการออกแบบระบบการผลิต

จากหลักการออกแบบที่อธิบายมาข้างต้น สามารถสรุปเป็นภาพรวมได้ดังรูปที่ 23 บนสมมติฐานว่ามีข้อมูลจากส่วนการออกแบบระบบบริหารเพียงพอต่อการออกแบบแล้ว จะเห็นได้ว่าการออกแบบจะมีลำดับตั้งต้นคือ ออกแบบกำลังการผลิต ออกแบบเส้นทางการผลิต และออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง แต่เมื่อมีผลการประเมินที่แสดงว่าส่วนใดต้องทำการปรับปรุง ก็จะต้องออกแบบส่วนนั้นๆ ใหม่ และเมื่อทุกส่วนทำงานสอดคล้องกันแล้ว จึงสามารถสรุปเป็นผลการออกแบบระบบการผลิตได้ โดยทั้งสามส่วนจะต้องสามารถนำส่งตามองค์ประกอบของระบบการผลิตได้ครบถ้วน ที่สำคัญคือ ระบบการผลิตทั้งระบบจะต้องดำเนินการออกแบบภายใต้เป้าหมายเดียวกัน และต้องถูกประเมินร่วมกันทั้งระบบการผลิตเพื่อเทียบกับเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งต้องอาศัยการตั้งเป้าหมายของระบบการผลิตตั้งแต่ต้น โดยผู้ประกอบการผลิตจะต้องพิจารณาว่าระบบการผลิตนั้นต้องมีคุณสมบัติที่ดีในด้านใดบ้าง



รูปที่ 23 สรุปภาพรวมในการออกแบบ

3.5 มิติชี้วัดของระบบการผลิต

จากที่อธิบายไปในส่วนการออกแบบระบบการผลิต จะเห็นได้ว่าการออกแบบจะต้องดำเนินการตามเป้าหมายที่ผู้ประกอบการต้องการ แน่นอนว่าระบบการผลิตคาดหวังให้ผลการดำเนินการนำมาซึ่งผลกำไรสูงสุด แต่วิธีการที่ทำให้ได้กำไรสูงสุดมีหลากหลายวิธี ระบบการผลิตที่ต่างกัน จะให้ความสำคัญกับแต่ละคุณสมบัติต่างกันไป Ahmad และ Cuenca (2013) ได้รวบรวมคุณสมบัติที่แสดงถึงระบบการผลิตที่ดี สำหรับผู้ประกอบการ SMEs ในการใช้งานร่วมกับระบบ ERP จากงานวิจัยต่างๆ ส่วน Spena และคณะ (2015) ได้สำรวจความคิดเห็นของผู้ประกอบการ SMEs ว่าระบบการผลิตที่มีความยืดหยุ่น (flexible and changeable) ควรจะต้องมีคุณสมบัติอย่างไร ซึ่งได้นำไปทำงานวิจัยต่อยอดในส่วนของ Holzner และคณะ (2015) ซึ่งได้ทำการออกแบบตามตัวชี้วัดต่างๆ ที่ได้รวบรวมมา กล่าวได้ว่าการตั้งเป้าหมายในการออกแบบระบบการผลิตจะมีผลต่อการควบคุมการออกแบบหลังจากนั้นนั่นเอง

ตามที่ได้กล่าวไปแล้วว่าระบบการผลิตที่ดีมีได้หลากหลายด้าน เปลี่ยนไปตามสถานการณ์ที่ระบบการผลิตเผชิญ ณ เวลานั้น นั่นทำให้มีบางงานวิจัยพยายามนำเสนอว่า ควรเป็นระบบการผลิตที่สามารถปรับคุณสมบัติเหล่านั้นได้ ดังจะเห็นได้จากที่ Mehrabi และคณะ (2000) ได้รวบรวมระบบการผลิตที่นิยมในยุคสมัยต่างๆ เพื่อบอกว่าระบบการผลิตที่ดีสำหรับสมัยนี้ คือระบบการผลิตที่

สามารถปรับวิธีการดำเนินงาน และการจัดการได้ตามสถานการณ์ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า ถ้าผู้ประกอบการทราบระบบการผลิตที่กำลังจะออกแบบ ณ เวลานั้นๆ เหมาะกับคุณสมบัติใด นั่นคือระบบการผลิตที่ดี

อย่างไรก็ตาม เพื่อให้ง่ายต่อการตั้งเป้าหมายต่อไป จึงควรมีขอบเขตของระบบการผลิตที่ดี ว่าแบ่งเป็นด้านต่างๆ อย่างไรบ้าง โดยที่ตามทฤษฎีส่วนใหญ่จะนิยามว่าตัวชี้วัดของระบบการผลิตแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ คุณภาพ (quality) เวลา (time) และ ต้นทุน (cost) ตามที่ Tompkims และคณะ (2003) และ Wu (1992) ได้อธิบายไว้ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดอย่างกว้าง แต่จากการออกแบบส่วนต่างๆ จะเห็นว่าในแต่ละตัวชี้วัดนั้น มีได้อีกหลายตัวชี้วัดย่อย และสามารถสะท้อนถึงคุณสมบัติของระบบการผลิตที่ต่างกัน เช่น การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังอาจใช้ต้นทุนการเก็บชิ้นงาน เทียบกับต้นทุนที่สมมติว่าจะเกิดจากการส่งสินค้าไม่ทันตามกำหนด ภายใต้ตัวชี้วัดด้านต้นทุนนี้ มีส่วนหนึ่งที่สะท้อนถึงการให้ความสำคัญกับระดับการบริการ และอีกหนึ่งแสดงให้เห็นถึงการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า ไม่เผื่อเหลือจนมากเกินไป ซึ่งการให้ความสำคัญกับสองด้านนี้ไม่เท่ากัน จะมีผลต่อการตัดสินใจออกแบบ ทำให้ได้ผลลัพธ์การออกแบบที่ต่างกัน ซึ่งในส่วนนี้หากแบ่งด้านการชี้วัดที่สะท้อนถึงความสำคัญที่ต้องตัดสินใจออกแบบได้ จะช่วยให้สามารถชี้นำแนวทางการออกแบบได้ชัดเจนมากขึ้น

ตารางที่ 12 เปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้: มิติชี้วัด

ประเด็นเปรียบเทียบ / งานวิจัย	ขนาดธุรกิจ			ขอบเขตการวิจัย			ลักษณะปัญหาและวิธีการ			ปัจจัยที่ใช้			ผลลัพธ์			ข้อมูล			วิธีการวิจัย		
	ไม่ได้ระบุ	LE	SME	ทั่วประเทศ	ตามจำนวนหมาย	เฉพาะจังหวัด	กระจายตัวของพื้นที่	หลายเป้าหมายและเปลี่ยนแปลงไม่ได้	หลายเป้าหมายและเปลี่ยนแปลงได้	เป้าหมายเดียว	ด้านบริการ	ด้านความเป็นเลิศด้านต่างๆ	ด้านความเหมาะสมของพื้นที่	ด้านความเหมาะสมของสิ่งอำนวยความสะดวก	มีเงินทุนจำกัด	ข้อมูลปฐมภูมิ	ข้อมูลทุติยภูมิ	สำรวจความคิดเห็น	การวิจัยเชิงคุณภาพ	การวิจัยเชิงปริมาณ	การวิจัยแบบผสมผสาน
Ahmad และ Cuenca (2013)	/				/			/			/	/	/	/	/				/			
Spena และคณะ (2015)		/			/					/		/			/			/			
Holzner และคณะ (2015)		/			/					/					/			/			
Mehrabi และคณะ (2000)		/			/					/			/			/	/	/			
Tompkims และ คณะ (2003)	/			/								/	/	/	/	/	/	/			
Wu (1992)	/			/							/	/	/	/	/	/	/	/			
Vidor และคณะ (2015) และ Welborn (2009)	/					/		/		/			/			/	/	/			
Tsourveloudis และคณะ (1999)	/					/		/		/		/				/	/	/			
Deep และ Singh (2015)	/					/		/		/					/	/	/	/			
Series ของ Karlsson	/			/		/					/	/	/	/	/		/	/			
Series ของ Favi และคณะ	/			/		/					/	/	/	/	/		/	/			
งานวิจัยนี้	/			/							/	/	/	/	/	/	/	/			

งานวิจัยหลายส่วนพยายามแบ่งคุณสมบัติของระบบการผลิตที่ดีตามด้านที่ให้ความสำคัญ เช่น Vidor และคณะ (2015) และ Welborn (2009) พยายามสรุปตัวชี้วัดของระบบการผลิตที่เป็น mass customization ซึ่งต้องการระบบที่มีความยืดหยุ่นสูง (flexibility) ในขณะที่ Tsourveloudis และคณะ (1999) พยายามจะสรุปตัวชี้วัดด้านความไว (agility) ส่วน Deep และ Singh (2015) จะนำเสนอแนวทางการออกแบบระบบการผลิต เพื่อให้มีความทนทาน (robustness) ในการรองรับความแปรปรวนของชิ้นงานที่เสียหายได้ง่าย ซึ่งหากให้ระบบการผลิตใดให้ความสำคัญในด้านเดียวกันกับที่งานวิจัยนั้นๆ นำเสนอ ก็สามารถนำตัวชี้วัดเหล่านี้ไปใช้ได้ ทั้งนี้ก็ยังคงต้องเลือกตัวชี้วัดที่เหมาะกับการเก็บข้อมูลของระบบการผลิตนั้นด้วย ซึ่งเมื่อเป็นอุตสาหกรรมที่ต่างกัน ก็อาจให้ความสนใจตัวชี้วัดที่ต่างกัน แม้จะให้ความสำคัญกับด้านเดียวกัน

งานวิจัยอีกส่วนหนึ่งพยายามสรุปว่าคุณสมบัติด้านใหญ่ๆ แบ่งเป็นด้านใดบ้าง ซึ่งแม้จะมีการใช้คำที่ต่างกัน แต่ส่วนใหญ่จะมีนิยามที่เหมือนกัน เช่น บางงานวิจัยนิยามความยืดหยุ่นรวมไปถึงความคล่องตัวในการจัดการด้วย แต่บางงานวิจัยแยกออกเป็นสองส่วน คือความยืดหยุ่นในระยะยาว และระยะสั้น ส่วนระยะสั้น หมายถึง ความไวในการจัดการระบบการผลิตนั้นเอง ทั้งนี้จึงอ้างอิงจากงานที่ศึกษาเรื่องนี้มาอย่างต่อเนื่องของ Karlsson (2008) (2002a) (2002b) (2002c) ซึ่งได้เริ่มจากการวิเคราะห์ตัวชี้วัดที่ใช้ในระบบการผลิตแต่ละแบบ จากนั้นได้นำไปประกอบกับการใช้ควบคุมการออกแบบ และการใช้ตัวชี้วัดเหล่านั้นในการประเมินผลการดำเนินงานของระบบการผลิต โดยมิติชี้วัดที่สรุปได้ สามารถใช้สะท้อนลักษณะของระบบการผลิตนั้นได้ สามารถชี้นำได้ว่าจะออกแบบระบบการผลิตไปในลักษณะใด และสามารถประเมินระบบการผลิตนั้นได้ โดยแสดงความแตกต่างระหว่างมิติชี้วัดในมุมมองของงานวิจัยที่ผ่านมาและงานวิจัยนี้ได้ดังตารางที่ 12 ซึ่งสามารถสรุปเป็น 4 ด้าน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 ด้านปริมาณ (Volume)

ระบบการผลิตที่จำเป็นต้องเน้นให้ได้ผลผลิตจำนวนมาก หรือที่เรียกว่า Mass Production มักจะพบในอุตสาหกรรมที่มีผลิตภัณฑ์มาตรฐาน ที่ไม่มีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ใหม่มากนัก และพยายามที่จะขายสินค้าให้ได้จำนวนมากที่สุด สิ่งที่ระบบการผลิตลักษณะนี้สนใจจะเป็นการได้กำไรจากการขายผลิตภัณฑ์ให้ได้มากที่สุด ดังนั้นจึงให้ความสำคัญกับการลดต้นทุนการผลิตให้ได้มาก ใช้ทรัพยากรให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ใช้กำลังการผลิตทั้งหมดที่มีอย่างคุ้มค่า ทรัพยากรการผลิตมีช่วงเวลาที่ถูกปล่อยให้ว่างงานน้อยที่สุด เกิดเวลาปรับตั้งน้อยที่สุด และมีอัตราเร็วในการผลิตให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เป็นต้น

ทั้งนี้การมุ่งไปที่ด้านปริมาณอย่างเดียวจะทำให้ระบบการผลิตถูกป้อนงานให้เต็มกำลังการผลิตตลอดเวลา นั่นทำให้การรับงานเพิ่มจากสถานการณ์ปกติเป็นไปได้ยาก ดังนั้นการมุ่งไปที่ด้านปริมาณมากจนเกินไป อาจทำให้ระบบการผลิตขาดความสามารถในการปรับตัว ซึ่งผู้ประกอบการต้องพึงตระหนักในประเด็นนี้ด้วย

3.5.2 ด้านความไว (Agility)

ระบบการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์ต้องผลิตหลากหลายชนิด โดยที่แต่ละผลิตภัณฑ์มีกระบวนการที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งทำให้สามารถใช้ทรัพยากรการผลิตร่วมกันได้ การส่งต่อชิ้นงานจะเกิดความซับซ้อนมากขึ้นได้ แต่ถ้ามีการจัดการที่ดี กล่าวคือมีการวางแผนการทำงานที่ไม่ต้องตัดสินใจในการสั่งผลิตมากนัก และมีเวลาในการปรับตั้งระหว่างแต่ละงานต่ำ ก็กล่าวได้ว่าเป็นระบบการผลิตที่มีความไวในการดำเนินการ และการจัดการ

อย่างไรก็ตาม หากเป็นระบบการผลิตที่จัดการได้ง่าย ก็อาจจะเป็นการแยกสายการผลิตของทุกผลิตภัณฑ์ออกจากกันเพื่อให้ไม่เกิดเวลาการปรับตั้ง และง่ายต่อการวางแผนการผลิต เนื่องจากไม่ต้องวางแผนว่าลำดับการทำงานอย่างไรจะทำให้เกิดการปรับตั้งน้อยที่สุด ซึ่งการแยกสายการผลิตจะทำให้ทรัพยากรการผลิตที่อาจใช้ร่วมกันได้อาจรับงานไม่เต็มที่ อาจจะเหลือทรัพยากรการผลิตที่ว่างงานเป็นเวลานาน ดังนั้นนี้เป็นส่วนที่ต้องเทียบระหว่างความคุ้มค่าในการใช้ทรัพยากรการผลิต กับความง่ายในการวางแผน และการดำเนินการผลิต

3.5.3 ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility)

ความยืดหยุ่นในที่นี้ หมายถึง ความยืดหยุ่นในการดำเนินการผลิตในระยะยาว ซึ่งมองถึงความแปรผันของความต้องการผลิตภัณฑ์ โดยความแปรผันนั้นจะส่งผลถึงความหลากหลายของชนิดผลิตภัณฑ์ และจำนวนของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้จะทำให้สถานการณ์ที่ระบบการผลิตต้องรับมือมีความหลากหลาย อุตสาหกรรมที่เป็นลักษณะนี้อาจเป็นอุตสาหกรรมที่สามารถเปลี่ยนแบบผลิตภัณฑ์ตามฤดูกาล หรือตามโครงการที่เปลี่ยนไป เช่น โรงงานผลิตเครื่องเรือน (furniture) ซึ่งจะเปลี่ยนแบบไปตามรุ่นที่จะขาย หรือโครงการที่รับผลิตเครื่องเรือนมา ซึ่งโรงงานลักษณะนี้จะต้องมีทรัพยากรการผลิตที่สามารถดำเนินกระบวนการได้หลากหลาย ปรับตามแบบของผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไปได้ พร้อมกันนั้นต้องเปลี่ยนสายการผลิต เพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตที่เปลี่ยนไปได้ด้วย

ความยืดหยุ่นจะทำให้เกิดการเผื่อจากสถานการณ์ปกติ หรือเผื่อจากค่ากลางต่างๆ ซึ่งหากสถานการณ์เหล่านั้นไม่ได้เกิดขึ้นบ่อย จะทำให้ระบบการผลิตมีอยู่อาจมีส่วนที่ว่างงานมากกว่าจำเป็น ซึ่งหากมองว่าสถานการณ์ที่ไม่ปกติที่เกิดขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่ระบบการผลิตจะปฏิเสธงาน ยอมเสียโอกาสงานนั้นไป อาจจะทำให้กำไรจากการดำเนินงานโดยรวมสูงกว่าก็เป็นได้ ดังนั้นผู้ประกอบการไม่ควรเผื่อในสถานการณ์ที่ไม่ปกติมากจนเกินจำเป็นนั้นเอง อย่างไรก็ตาม หากเป็นแผนจากการบริหาร ที่จะรองรับความต้องการผลิตภัณฑ์ที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต ก็อาจจะต้องคำนึงถึงความเป็นไปได้ และระยะเวลาในการคืนทุนด้วย

3.5.4 ด้านความทนทาน (Robustness)

มิติชี้วัดสามด้านที่ผ่านมาเป็นการพิจารณาระบบการผลิตในสถานการณ์ที่คาดการณ์ไว้แล้ว แต่มิติชี้วัดนี้จะต่างออกไป เนื่องจากเป็นการรองรับสิ่งที่เกินความคาดหมาย กล่าวคือ ไม่ทราบว่าสภาพแวดล้อมการทำงานจะเปลี่ยนไปอย่างไร แต่สามารถปรับแผนการจัดการภายใต้องค์ประกอบทางกายภาพที่เหลืออยู่ได้ เช่น ระบบการผลิตอาจเผชิญกับภัยพิบัติ ทำให้ทรัพยากรการผลิตบางส่วนเสียหาย แต่ทรัพยากรการผลิตที่เหลืออยู่ สามารถปรับเส้นทางการผลิต และวางแผนการผลิต เพื่อใช้ทรัพยากรการผลิตที่เหลืออยู่นี้ ตอบสนองความต้องการผลิตภัณฑ์ได้ โดยทำให้เสียโอกาสการขายผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด

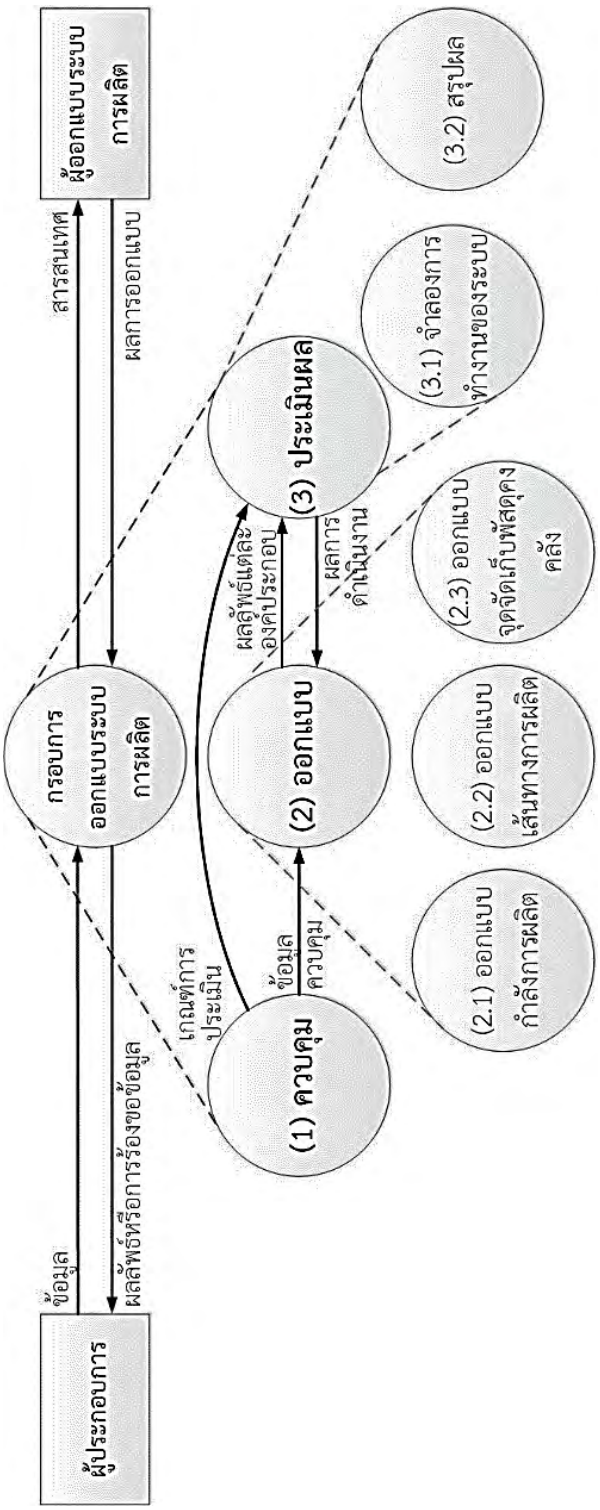
ความทนทานนี้ใกล้เคียงกับความน่าเชื่อถือ จึงเกี่ยวข้องกับโอกาสการหยุดทำงานของทรัพยากรการผลิต และโอกาสที่ชิ้นงานจะเสียหาย ดังนั้นหากสามารถประเมินโอกาสเหล่านั้นได้ อาจกลายเป็นมิติด้านความยืดหยุ่น ทั้งนี้ หากไม่ใช่เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นประจำ ก็อาจถือว่าเป็นความทนทานในการรับมืออยู่ ซึ่งกรณีที่ไม่ใช่เหตุการณ์ปกติ แต่ต้องเตรียมแผนสำรองไว้ จะเป็นระบบการผลิตที่ทรัพยากรในระบบมีมูลค่าสูง เช่น เครื่องจักรราคาสูง ชิ้นงานราคาสูง ไม่ว่าจะเป็นวัตถุดิบ งานระหว่างผลิต และผลิตภัณฑ์ก็ตาม หรือแม้แต่ค่าเสียโอกาสมีราคาค่าปรับสูง หรือมีผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของระบบการผลิตมาก ทำให้มีผลต่อการเสียกลุ่มลูกค้าจำนวนมากในระยะยาวได้

จากมิติชี้วัดทั้ง 4 นี้ จะเห็นได้ว่าการที่ระบบการผลิตมีคุณสมบัติใดคุณสมบัติหนึ่งสูงไปทางเดียว ไม่ได้หมายความว่าระบบการผลิตจะเป็นระบบการผลิตที่ดี ดังนั้นระบบการผลิตที่ดีควรจะมีทั้ง 4 ด้านสูง แต่สามารถให้ความสำคัญในแต่ละด้านไม่เท่ากัน หรือสามารถเน้นทางใดทางหนึ่งมากกว่าได้ นั้นทำให้การออกแบบระบบการผลิตสามารถมีเป้าหมายได้หลายเป้าหมาย เหมือนที่ Favi และคณะ (2016a) (2016b) นำเสนอการออกแบบระบบการผลิตที่มีหลายเป้าหมาย (multi-objective) โดยเป็นการพยายามออกแบบให้ได้ค่าเหล่านั้นสูงที่สุด หรือต่ำที่สุด เท่าที่จะเป็นไปได้ นอกจากนี้ก็สามารถใช้ตัวชี้วัดในลักษณะของขอบเขตได้เช่นกัน โดยกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ถือว่าถ้าระบบการผลิตมีคุณสมบัติอยู่ภายในช่วงที่กำหนด ถือว่าบรรลุเป้าหมาย ทั้งนี้ ทั้งระบบการผลิตจะต้องอยู่ภายใต้เป้าหมายเดียวกัน มุ่งไปสู่เป้าหมายเดียวกัน และการจะบอกว่าแต่ละองค์ประกอบบรรลุเป้าหมายหรือไม่ ต้องผ่านการจำลองการดำเนินการผลิตของทั้งระบบพร้อมกันก่อน จึงจะสรุปเป็นผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ทั้งนี้การตั้งตัวชี้วัดในแต่ละมิติ จะต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแต่ละระบบการผลิตนั้นๆ โดยต้องสอดคล้องกับการออกแบบระบบการผลิต สามารถบอกได้ว่าหากต้องการให้ค่าของตัวชี้วัดใดสูงขึ้นหรือต่ำลง จะมีผลให้ดำเนินการออกแบบอย่างไร และการประเมินผลจะต้องสามารถเก็บค่าตัวชี้วัดเหล่านั้นได้ กล่าวคือการตั้งตัวชี้วัดจะมีผลตั้งแต่ต้น จนถึงการออกแบบ และการสรุปผล ดังนั้นหากผู้ประกอบการตั้งเป้าหมายได้เหมาะสม จะมีโอกาสได้ระบบการผลิตที่เป็นผลลัพธ์สุดท้าย ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับความต้องการมากกว่า โดยงานวิจัยนี้จะไม่ได้เป็นผู้กำหนดว่าผู้ประกอบการจะต้องใช้ตัวชี้วัดใดในการประเมินผล แต่จะเสนอคำแนะนำเพื่อให้ผู้ประกอบการซึ่งเป็นเจ้าของโครงการเป็นผู้เลือกว่าจะให้ความสำคัญกับตัวชี้วัดด้านใด

3.6 กรอบการออกแบบระบบการผลิต

จากองค์ประกอบของระบบการผลิต หลักการออกแบบระบบการผลิต และมิติชี้วัดระบบการผลิต ที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปเป็นกรอบการดำเนินงานเพื่อออกแบบระบบการผลิตได้ ดังแสดงในรูปที่ 24 จะเห็นได้ว่าการออกแบบจะดำเนินกิจกรรมไปได้ด้วยผู้เกี่ยวข้องสองฝ่าย ได้แก่ ผู้ประกอบการ และผู้ออกแบบระบบการผลิต ซึ่งจะเป็นผู้ใช้งานกรอบการออกแบบระบบการผลิตนั้นเอง กรอบการออกแบบจะแบ่งการออกแบบเป็นกิจกรรมสามส่วนหลัก คือ การควบคุม(1) การออกแบบ(2) และการประเมินผล(3) ภายในส่วนการออกแบบ และการประเมินผล ก็ยังแบ่งเป็นกิจกรรมย่อย โดยกิจกรรมภายในกรอบนี้ สรุปได้จากเนื้อหาส่วนที่ผ่านมา โดยองค์ประกอบของระบบการผลิตจะเกี่ยวข้องกับกิจกรรมส่วนการออกแบบ ในมุมมองของการเป็นผลลัพธ์ที่ต้องออกแบบได้ และการประเมินผล ในมุมมองของการสร้างแบบจำลองระบบการผลิต และสรุประบบการผลิตที่ได้ ส่วนหลักการออกแบบระบบการผลิต แน่นอนว่าเป็นส่วนการออกแบบ และมิติชี้วัดระบบการผลิตจะใช้ในการควบคุม ซึ่งใช้แสดงถึงข้อจำกัด และเป้าหมายในการออกแบบระบบการผลิต ทั้งยังมีใช้ในการประเมินผล ว่าระบบการผลิตที่ได้มีคุณสมบัติตรงตามที่ตั้งเป้าหมายหรือไม่ เมื่อประกอบกับส่วนสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต จะทำให้สามารถดำเนินการตามแนวคิดของกรอบการออกแบบระบบการผลิตได้ ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป



รูปที่ 24 กรอบการออกแบบระบบการผลิต

ผู้ใช้งานสองฝ่ายนั้นมีบทบาทต่อการออกแบบระบบการผลิตที่ต่างกันไป หากไม่มีผู้ปฏิบัติตามบทบาทนี้ จะทำให้การออกแบบไม่สามารถดำเนินไปอย่างสมบูรณ์ได้ กล่าวได้ว่าต้องมีผู้รับหน้าที่ดำเนินกิจกรรมให้ครบถ้วนนั้นเอง ทั้งนี้ ทั้งสองฝ่ายสามารถรวมอยู่ในคนหรือกลุ่มคนเดียวกันได้ขึ้นอยู่กับความสามารถและความรู้ที่เหมาะสมกับบทบาทที่จะได้รับ ซึ่งแต่ละฝ่ายมีบทบาทดังต่อไปนี้

1. ผู้ประกอบการ เป็นผู้ที่มีความต้องการสร้างหรือพัฒนาระบบ ซึ่งความต้องการนี้เองที่เป็นจุดเริ่มต้นที่จะทำให้เกิดการออกแบบระบบการผลิตต่อไป ผู้ประกอบการจะเป็นผู้ให้ข้อมูลที่แสดงถึงเป้าหมาย ข้อจำกัด และข้อมูลที่ใช้ในการตัดสินใจออกแบบ ซึ่งหากมีข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลง ไม่ว่าจะเป็นการแก้ไข ลบ หรือเพิ่มข้อมูลก็ตาม จะเป็นการปรับโจทย์การออกแบบใหม่ ซึ่งจะกำกับให้การออกแบบต้องปรับตาม หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลแล้ว ผู้ประกอบการจะเหลือหน้าที่เพียงเป็นผู้รับผลสุดท้ายของการออกแบบระบบการผลิต จนกว่าจะมีการเริ่มความต้องการสร้างระบบการผลิตใหม่ หรือมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูล
2. ผู้ออกแบบระบบการผลิต เป็นผู้มีหน้าที่ออกแบบระบบการผลิต โดยอาจไม่ได้มีเพียงคนเดียว หรืออัลกอริทึมเดียว เนื่องจากมีองค์ประกอบมากมายภายในระบบการผลิต โดยที่แต่ละส่วนมีความซับซ้อนสูงในการออกแบบ อย่างไรก็ตามแต่ละส่วนก็จะมีข้อมูลที่ต้องใช้ที่เหมือนกัน ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนในรู้แบบข้อมูลได้ ผู้ออกแบบจะรับข้อมูลเหล่านั้นเพื่อทำการออกแบบ และคำตอบของแต่ละส่วนจะต้องสอดคล้องกัน ดังนั้นจะต้องมีการปรับปรุงจนกว่าจะได้คำตอบทุกส่วนที่สามารถทำงานสอดคล้องกันแล้วให้ผลตามเป้าหมาย จากนั้นจึงส่งคำตอบสุดท้ายเป็นองค์ประกอบแต่ละส่วนที่ต้องมีในระบบการผลิต อย่างไรก็ตาม การออกแบบอาจไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมก็ได้ กรณีนี้จะแจ้งกลับพร้อมสาเหตุที่พบหรือคำชี้แนะ เพื่อที่ผู้ประกอบการจะเปลี่ยนขอบเขต ข้อจำกัด หรือเป้าหมายที่ตั้งไว้ ทั้งนี้จะเริ่มการออกแบบเมื่อได้รับข้อมูลครบถ้วนแล้ว และสิ้นสุดการออกแบบเมื่อได้คำตอบสุดท้ายนั้นเอง

ผู้ใช้งานกรอบการออกแบบระบบการผลิตทั้งสองฝ่ายจะมีผลต่อกิจกรรมหลักสามส่วนในการออกแบบต่างกันไป โดยผู้ประกอบการจะมีหน้าที่หลักคือให้ เริ่มตั้งเป้าหมายเพื่อควบคุมการออกแบบ ให้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ และรับรู้ผลสรุป ส่วนผู้ออกแบบจะมีหน้าที่ออกแบบและประเมินผล โดยอยู่ภายใต้การควบคุมที่ตั้งไว้นั้นเอง จะเห็นได้ว่าแม้จะเรียกว่าการออกแบบระบบการผลิต แต่การออกแบบเพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้การออกแบบระบบการผลิตสมบูรณ์ได้ แต่ต้องมีทั้งการควบคุม การออกแบบ และการประเมินผล จึงจะทำให้ได้ระบบการผลิตที่เหมาะสมได้

การออกแบบจะเริ่มต้นที่การควบคุม(1) ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นการตั้งเป้าหมายในการออกแบบระบบการผลิต โดยแปลงความต้องการหรือแผนของฝ่ายบริหารเป็นเกณฑ์ที่ใช้คุมการออกแบบและประเมินผล เช่น ต้องการกำลังการผลิตสูงสุดภายใต้งบประมาณจำกัด ซึ่งนั้นมีผลให้การออกแบบหลังจากนี้ต้องพิจารณาเรื่องข้อจำกัดด้านต้นทุน ทั้งการประเมินก็จะวัดที่กำลังการผลิตเป็นหลัก จะเห็นได้ว่าการควบคุมจะมีผลตั้งแต่การออกแบบจนถึงการประเมินผล นั้นคือการส่งข้อมูลที่ใช้ควบคุมให้ออกแบบระบบการผลิตไปสู่คุณสมบัติที่ต้องการ และตั้งเป็นเกณฑ์การประเมินระบบการผลิตโดยรวมสุดท้ายเพื่อบอกว่าได้ระบบการผลิตที่ทำงานสอดคล้องกันอย่างเหมาะสม ตรงกับที่ตั้งไว้หรือไม่ ไม่ใช่ดีเพียงบางส่วนแต่ไม่สามารถทำงานได้สอดคล้องกัน ทั้งนี้สามารถตั้งตัวชี้วัดได้ตามมิติชี้วัดระบบการผลิตที่อธิบายไปในส่วนที่แล้ว

ระบบการผลิตไม่สามารถเกิดได้จากองค์ประกอบเพียงอย่างเดียว โดยกรอบการออกแบบระบบการผลิตจะแบ่งการออกแบบ(2)เป็นสามส่วนย่อย คือ การออกแบบกำลังการผลิต(2.1) การออกแบบเส้นทางการผลิต(2.2) และการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง(2.3) โดยทุกระบบจำเป็นต้องออกแบบสามส่วนนี้เพื่อให้ได้องค์ประกอบพื้นฐานของระบบการผลิต ทั้งยังสามารถใช้แนวทางการออกแบบที่จะนำเสนอเป็นมาตรฐานเดียวกันได้ และแต่ละส่วนยังต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนการออกแบบย่อยแต่ละส่วนด้วย ดังรายละเอียดที่อธิบายไปในส่วนหลักการออกแบบระบบการผลิตแล้ว การออกแบบจะเกี่ยวข้องกับข้อมูลที่รับมาจากผู้ประกอบการว่ามีขอบเขตความสามารถในการสร้างระบบการผลิตที่ผู้ประกอบการเป็นอย่างไร และเกณฑ์ในการชี้วัดว่าเป็นระบบการผลิตที่ดีที่ผู้ประกอบการตั้งไว้ ประกอบกับข้อมูลที่ทำการแปลงหรือสร้างขึ้นเพื่อใช้ออกแบบและตัดสินใจจากผู้ออกแบบ สุดท้ายจึงเป็นข้อมูลผลลัพธ์นำส่งจากผู้ออกแบบแต่ละส่วน จะเห็นได้ว่าผู้ออกแบบก็ไม่จำเป็นต้องมีคนเดียว หรือกลุ่มเดียว สามารถแยกตามส่วนย่อยแต่ละส่วนได้ หรือสามารถเลือกใช้โปรแกรม หรืออัลกอริทึม ที่สามารถนำส่วนตามผลลัพธ์ที่แต่ละส่วนต้องตอบได้ แล้วจึงค่อยนำมารวมกัน ภายใต้ข้อกำหนดว่าสามารถทำงานสอดคล้องกัน และได้ระบบการผลิตที่ดำเนินการผลิตตรงตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ นั้นจึงต้องมีส่วนการประเมินผลระบบการผลิตที่ได้ภายใต้การจำลองการใช้งาน

การประเมินผล(3) ต้องอาศัยการสร้างแบบจำลอง(3.1) ให้ใกล้เคียงสถานการณ์การใช้งานระบบการผลิตจริง เพื่อจะบอกได้ว่าเมื่อผลของแต่ละส่วนมาทำงานร่วมกันภายใต้สถานการณ์จริงแล้วจะสามารถทำงานได้ตรงตามเป้าหมายหรือไม่ โดยข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานจริงเป็นส่วนที่เป็นรายละเอียดของแต่ละระบบการผลิต ซึ่งผู้ประกอบการอาจไม่มี แต่ผู้ออกแบบต้องสร้างแบบจำลองที่

เหมาะสมที่สามารถประเมินได้ว่าระบบสามารถใช้งานได้ผลอย่างไรภายใต้ขอบเขตสถานการณ์อะไรบ้าง โดยเทียบผลที่ได้กับเกณฑ์ที่ตั้งได้ เพื่อสรุปผล(3.2) หากยังไม่ได้ตามเกณฑ์จะต้องปรับปรุงจนกว่าจะได้ผลตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้จึงจะสรุปเป็นคำตอบสุดท้าย พร้อมผลการดำเนินงานที่คาดว่าจะได้และสถานการณ์ที่สามารถใช้งานระบบได้ผลตามเกณฑ์

เมื่อดำเนินการตามกรอบการดำเนินการนี้แล้ว จะทำให้ผู้ประกอบการ SMEs สามารถออกแบบได้ถูกต้องตามหลักการทางวิชาการ พร้อมกับสามารถลดการปรึกษาผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบระบบการผลิตได้ จากที่ส่วนใหญ่มักจะต้องอาศัยการจ้างวานผู้เชี่ยวชาญในการดำเนินงานตั้งแต่ต้น แต่หากผู้ประกอบการเข้าใจว่าต้องเริ่มจากการเข้าใจระบบการผลิตของตนเอง ความสามารถในการสร้างระบบการผลิต ข้อจำกัดที่มี และทราบว่าต้องการให้ระบบการผลิตเป็นอย่างไร อย่างน้อยผู้ประกอบการก็สามารถตั้งโจทย์การออกแบบของตนเองได้ จากนั้นก็สามารถหาเครื่องมือช่วย ที่สามารตอบตามผลลัพธ์ที่ต้องการ ทั้งในส่วนการออกแบบ และการประเมินผล โดยหากใช้เป็นโปรแกรม ก็อาจช่วยลดการจ้างผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบได้เช่นกัน นอกจากนี้ การดำเนินการตามกรอบนี้ก็จะช่วยลดเวลาในการลองผิดลองถูกในการออกแบบ และลดเวลาในการสั่งสมประสบการณ์ เพื่อที่จะเข้าใจความหมายของระบบการผลิต และหลักการออกแบบระบบการผลิตได้

4 ส่วนสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต

4.1 โครงสร้างข้อมูลสำหรับฐานข้อมูล

จากการออกแบบระบบการผลิต จะเห็นได้ว่าการออกแบบระบบการผลิตต้องเกิดการสร้างข้อมูล ใช้ข้อมูล แก้ไขข้อมูล และเรียกดูข้อมูลจำนวนมากในการดำเนินการ ทั้งจากผู้ใช้งานฝ่ายผู้ประกอบการ และจากผู้ใช้งานฝ่ายผู้ออกแบบระบบการผลิต ทั้งนี้การออกแบบจะสามารถดำเนินการได้สะดวกขึ้น เมื่อมีส่วนสนับสนุนด้านข้อมูล โดยอาศัยโครงสร้างข้อมูลที่เหมาะสม ซึ่งจะเป็นกรอบการดำเนินการสำหรับการสร้างฐานข้อมูลต่อไป

4.1.1 นิยามของข้อมูล

ภายใต้ส่วนการออกแบบที่ต่างกัน จะมีชุดข้อมูลภายใต้ส่วนนั้นที่ต่างกัน ข้อมูลเริ่มจากผู้ใช้งานฝ่ายผู้ประกอบการ ซึ่งเป็นผู้ตั้งหัวข้อการออกแบบขึ้นมา มีเป้าหมายในการออกแบบระบบการผลิต และทราบขอบเขตความสามารถในการสร้างระบบการผลิตของตนเองที่ทำได้ จากนั้นผู้ใช้งานฝ่ายผู้ออกแบบระบบการผลิตจึงจะทำการออกแบบ ทำให้เกิดข้อมูลการออกแบบจากผู้ออกแบบแต่ละส่วน ซึ่งมีทั้งข้อมูลที่แสดงถึงผลลัพธ์ และข้อมูลที่เป็นผลจากการประเมิน ว่าระบบการผลิตมีคุณสมบัติเป็นอย่างไร ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

1. ข้อมูลทั่วไป

เป็นข้อมูลเกี่ยวกับระบบการผลิตนั้น ซึ่งแสดงถึงสิ่งที่ฝ่ายบริหารวางแผนไว้ เพื่อเข้าใจขอบเขตทั่วไปของโจทย์การออกแบบระบบการผลิต ได้แก่

1.1 ชื่อโครงการ

เพื่อใช้ระบุให้เข้าใจตรงกัน ว่าหมายถึงการออกแบบระบบการผลิตใด ในขณะนั้นๆ เนื่องจากโรงงานหนึ่งๆ อาจมีหลายระบบการผลิตที่พิจารณาแยกกัน หรือระบบการผลิตที่ออกแบบอาจมีการตั้งหลายเป้าหมายจากหลายนโยบาย เพื่อพิจารณาเป็นตัวเลือกว่าจะทำตามนโยบายใด จึงต้องมีชื่อที่ใช้ระบุ เพื่อสื่อถึงเป้าหมายในการออกแบบระบบการผลิตนั้นได้อย่างชัดเจน

1.2 ตารางเวลาการทำงาน

ในที่นี้ไม่ได้หมายถึงเวลาของกระบวนการผลิต แต่หมายถึงเวลาในการเข้างานตามแผนที่ผู้บริหารประมาณการไว้ หรือจากสถิติที่เป็นอยู่ โดยที่เป็นส่วนที่จะไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลง เพราะอ้างอิงกับแผนการจ้างงาน ที่วางแผนไว้อยู่แล้ว อันประกอบด้วย วันทำงานต่อสัปดาห์ เวลาทำงานต่อวัน เวลาพักกลางวัน และเวลาเข้าห้องน้ำ

1.3 ระยะเวลาที่สนใจ

แต่ละผลิตภัณฑ์มีเวลาที่ใช้ในการผลิตจนนำส่งไม่เท่ากัน รวมถึงระยะเวลาที่ตกลงไว้กับลูกค้า ว่าจะสามารถนำส่งสินค้าได้ของแต่ละโรงงาน ก็อาจไม่เท่ากัน อาจมีที่กำหนดส่งเป็นวันต่อวัน ไปจนถึงกรณีที่กำหนดส่งห่างจากจุดสั่งซื้อเป็นปีก็เป็นได้ ซึ่งต้อง

ระบุระยะเวลาที่ระบบการผลิตนั้นสนใจ นั่นคือ ระยะเวลาที่คาดหวังว่าจะสามารถผลิตทุกผลิตภัณฑ์ได้ครบถ้วน

ระบบการผลิตที่เป็นผลลัพธ์ถูกออกแบบเพื่อให้ผลิตได้ทันต่อความต้องการผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาที่กำหนดนี้ โดยอาจสามารถทำได้มากกว่าที่คาดไว้ภายในเวลาที่สนใจ หรืออาจไม่สามารถทำได้ทันในเวลาที่กำหนดก็เป็นได้ หากไม่สามารถทำได้ภายในเวลาที่สนใจ อาจจะต้องยอมเปลี่ยนเวลาส่วนนี้ให้นานขึ้น สามารถเปลี่ยนระยะเวลาที่สนใจ แล้วทำการออกแบบใหม่ได้ ขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้ประกอบการว่าจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

2. เป้าหมาย

การตั้งเป้าหมายมีผลต่อการออกแบบระบบการผลิต หากตั้งเป้าหมายต่างกันจะมีผลต่อการหาคำตอบ ดังนั้นข้อมูลการตั้งเป้าหมายจึงเป็นส่วนจำเป็น ทั้งสำหรับการควบคุมการออกแบบ และการประเมินผลการทำงานร่วมกัน ขององค์ประกอบทุกส่วนในระบบการผลิต ทั้งนี้การตั้งเป้าหมายสามารถทำได้หลายรูปแบบ ทั้งการให้คะแนนตามน้ำหนักความสำคัญ หรือการระบุว่าต้องการให้ได้ค่าสูงที่สุด หรือต่ำที่สุด รวมถึงการตั้งเป็นขอบเขตที่ถือว่าผ่านเกณฑ์ เป็นค่ามากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากับตัวเลขค่าใดๆ ซึ่งฐานข้อมูลต้องคำนึงถึงการเก็บข้อมูลที่สามารถเก็บได้หลายรูปแบบ

กรณีที่การตั้งเป้าหมายแบบระบุละเอียดเป็นตัวชี้วัดแต่ละตัว ไม่ใช่การให้คะแนนเป็นมิติกว้างๆ จำเป็นต้องระบุด้วยว่าสนใจตัวชี้วัดใดบ้าง โดยผู้ออกแบบระบบการผลิตจะต้องสามารถตัดสินใจออกแบบจากค่าเหล่านั้นได้จริง และผู้ประกอบการสามารถเข้าใจความหมายของค่าตัวชี้วัดเหล่านั้นได้

3. ชิ้นงาน

ชิ้นงานในที่นี้หมายถึง สิ่งที่ไหลอยู่ในระบบการผลิต ได้แก่ วัตถุดิบ งานระหว่างรอผลิต และผลิตภัณฑ์ แม้ว่าสามอย่างดังกล่าวจะมีบทบาทต่างกันในการไหลภายในระบบการผลิต แต่ก็เป็นสิ่งที่ไหลอยู่ภายในเส้นทางการผลิตเดียวกัน เกิดจากการแปรรูปต่อกัน ดังนั้นข้อมูลส่วนนี้จะถูกนำไปใช้บอกว่าการแปรสภาพอะไรทำให้เกิดอะไร โดยเริ่มต้นจากวัตถุดิบ จนได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป

อย่างไรก็ตาม เมื่อชิ้นงานนั้นถูกระบุว่าเป็นผลิตภัณฑ์ จะมีข้อมูลที่แสดงถึงความต้องการผลิตภัณฑ์ด้วย ได้แก่ กำลังการผลิตที่ต้องการ ปริมาณสินค้าที่สั่งซื้อต่อรอบสั่ง ความถี่ของคำสั่งซื้อ และระยะเวลาจากจุดสั่งซื้อถึงกำหนดส่ง โดยข้อมูลเหล่านี้จะส่งผลต่อความต้องการของชิ้นงานที่เป็นงานรอระหว่างผลิต และวัตถุดิบ ที่เป็นกลางทาง และต้นทาง ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกใช้ในการตัดสินใจเลือกทรัพยากรที่ใช้ผลิตแต่ละกระบวนการต่อไป ทั้งนี้ข้อมูลเหล่านี้อยู่ภายใต้สมมติฐานว่าการออกแบบระดับบริหารได้เลือกแล้ว ว่าจะผลิตอะไรบ้าง และเกิดจากการใช้วัตถุดิบ หรืองานรอระหว่างผลิตอะไร

4. กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตเป็นอีกส่วนที่ฝ่ายบริหารควรจะต้องมีการเลือกกระบวนการที่ตรงกับนโยบายทางการบริหารที่วางไว้ โดยที่ส่วนนี้มีทั้งส่วนที่ตัดสินใจด้วยเหตุผลเชิงปริมาณอย่างความคุ้มค่าทางต้นทุน และเหตุผลเชิงคุณภาพ ที่เป็นรายละเอียดต่างกันไปตามนโยบาย หรือแม้แต่ทางกฎหมาย และสัญญาทางการค้า จึงเป็นส่วนที่คิดด้วยมาตรฐานเดียวกันได้ยาก

ทั้งนี้ กระบวนการผลิตที่เป็นหมายถึงการผลิตแบบเดียวกันได้ จะต้องแปรรูปจากชิ้นงานขาเข้าชนิดเดียวกัน จำนวนเท่ากัน ไปสู่ชิ้นงานขาออกชนิดเดียวกัน จำนวนเท่ากัน ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับการระบุกระบวนการในโปรแกรม ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง

5. ทรัพยากรการผลิต

ทรัพยากรการผลิต หมายถึง ทรัพยากรที่ทำให้เกิดกระบวนการผลิตได้ เป็นไปได้ทั้งเครื่องจักร และคนงาน แต่ต้องสามารถระบุได้ว่าสามารถทำกระบวนการอะไรได้บ้าง เวลาที่ใช้ในการดำเนินงานแต่ละรอบ และเวลาที่ใช้ในการปรับตั้ง ทั้งจากกระบวนการหนึ่ง สู่อีกกระบวนการหนึ่ง หรือจากสถานะที่ไม่ได้ดำเนินกระบวนการใดอยู่เลย สู่กระบวนการใดๆ รวมถึงกรณีที่ปรับตั้งทุกครั้ง แม้จะทำกระบวนการเดิมก็ตาม

เนื่องจากกรอบการออกแบบอนุญาตให้เกิดกรณีที่มีโรงงานเดิมอยู่แล้ว แต่ทำการออกแบบต่อเติมได้ ดังนั้นต้องทราบว่ามีทรัพยากรการผลิตอยู่แล้วจำนวนเท่าไรด้วย โดยที่ทรัพยากรการผลิตที่ป้อนเข้ามา จะต้องผ่านการคัดเลือกจากฝ่ายบริหารมาระดับหนึ่ง ในเชิงคุณภาพ หลังจากป้อนเข้ามาแล้วจะเป็นการตัดสินใจเชิงปริมาณเท่านั้น ถือว่าผ่านการคัดเลือกในระดับบริหารมาแล้ว โดยหลังจากนี้จะต้องตอบได้ว่า แต่ละตัวเลือกควรจะมีจำนวนเครื่องจักร เครื่องมือ หรือคน เป็นจำนวนเท่าไร

6. ความสามารถของระบบการผลิตที่ออกแบบ

เป็นการสรุปว่าระบบการผลิตที่เป็นผลลัพธ์มีคุณสมบัติอย่างไร โดยที่บอกว่าระบบสามารถทำอะไรได้บ้าง มีขีดจำกัดอะไรบ้าง และทรัพยากรการผลิตที่ต้องมีเพื่อดำเนินการตามผลลัพธ์ที่นำเสนอได้ รวมถึงการเทียบกับเกณฑ์ต่างๆ ที่ตั้งไว้ว่าสามารถทำได้จริงเท่าไรบ้าง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 ภาพรวมทางกายภาพ

ข้อมูลนี้ได้จากการสรุปความสามารถในการผลิต ภายในรอบเวลาที่สนใจ ว่าระบบการผลิตที่ออกแบบมานั้น สามารถทำได้ทันตามที่ต้องการภายใต้เวลานั้นหรือไม่ หรือทำได้เร็วกว่านั้นเป็นเวลาเท่าไร สรุปว่าแต่ละผลิตภัณฑ์สามารถผลิตได้จริงเท่าไรภายในเวลาที่สนใจนั้น ภายใต้จำนวนทรัพยากรการผลิตที่มี ยังเหลือกำลังผลิตพอจะรับหน้าที่ผลิตเพิ่มจากที่ตั้งเป้าหมายไว้เท่าไร โดยบอกเป็นจำนวนขั้นต่ำที่ต้องใช้ เทียบกับที่มีอยู่แล้ว ซึ่งอาจจะมีกรณีที่จำนวนทรัพยากรที่มีจำนวนมากเกินความจำเป็น และกรณีที่ต้องจัดซื้อเพิ่ม ในส่วนที่จำนวนไม่พอ ในการตอบสนองกำลังการผลิตที่ต้องการ

6.2 การประเมินผลตามเกณฑ์ของตัวชี้วัด

ผลการประเมินอ้างอิงตามสิ่งที่ตั้งไว้ในส่วนการตั้งเป้าหมาย หากไม่ได้ใส่เกณฑ์ไว้ตั้งแต่แรกในส่วนนี้ ไม่ได้หมายความว่าหากผู้ประกอบการไม่สนใจ แล้วผู้ออกแบบจะไม่พิจารณาเลย แต่ผู้ออกแบบระบบการผลิตควรมีเกณฑ์ตั้งเอาไว้เป็นพื้นฐาน (default) เพื่อให้การออกแบบไม่ละเลยคุณสมบัติที่ดี ที่ระบบการผลิตโดยทั่วไปควรจะมี

7. ผลการออกแบบกำลังการผลิต

นอกจากจะบอกว่ากำลังการผลิตสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์จะมีอยู่เท่าไรแล้ว ยังจะต้องบอกว่ากำลังการผลิตนั้นทันต่อรูปแบบพฤติกรรมของความต้องการ (demand pattern) ที่รออยู่ปลายสายการผลิตหรือไม่ หากไม่ทันเป็นเพราะสาเหตุใด ซึ่งจะสามารถนำข้อมูลนี้ไปแก้ไขความสามารถในการสร้างระบบของผู้ประกอบการได้ เช่น อาจจะต้องเลือกตัวเลือกทรัพยากรการผลิตใหม่ที่เหมาะสม

เนื่องจากอัตราเร็วในการผลิตของแต่ละทรัพยากรการผลิตอาจไม่สมดุลกัน แต่หากจะทำให้สามารถได้กำลังการผลิตที่ต้องการได้ จำเป็นต้องมีการจัดเก็บพัสดุคงคลัง เพื่อชดเชยกำลังการผลิตบางส่วน ทำให้สามารถผลิตทันได้ แต่พัสดุคงคลังต้องใช้เวลาในการสะสมเพื่อให้ได้ชิ้นงานปริมาณที่ต้องการ อาจมีช่วงเวลาที่ปริมาณยังไม่สามารถทดแทนกำลังการผลิตที่ขาดได้ ซึ่งจะเกิดสถานะนั้น เมื่อชิ้นงานถูกใช้ออกไปจากจุดจัดเก็บ ต้องใช้เวลาสะสมในช่วงเวลาที่ชิ้นงานไม่ถูกใช้ เพื่อจะกลับมาสู่สถานะที่ปริมาณชิ้นงาน ที่ช่วยทดแทนกำลังการผลิตได้อีกครั้ง เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ภายในรอบเวลาที่สนใจจึงอาจมีทั้งช่วงที่สามารถทำทัน และไม่ทันตามความต้องการ สลับกันไป จึงได้ต้องระบุว่ารอบเวลาย่อยๆ ที่เกิดจากการการผลิตได้ทันและไม่ทันความต้องการ ซึ่งเกิดภายในรอบเวลาที่สนใจ ว่ามีระยะเวลานานเท่าไร ที่สามารถผลิตได้ทันความต้องการ จนกว่าจะไม่สามารถผลิตได้ทัน และต้องรออีกนานเท่าไร จึงจะผลิตได้ทันตามความต้องการอีกครั้ง

8. ผลการออกแบบเส้นทางการผลิต

ผลในส่วนนี้เป็นข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการกับทรัพยากรการผลิต ที่สรุปจำนวนมาแล้ว ว่าจะต้องใช้เวลาในการผลิตเท่าไรบ้าง ผลิตอะไร เพื่ออะไร เป็นจำนวนรอบเท่าไร รวมถึงเวลาที่จะเสียไปในการปรับตั้งด้วย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

8.1 การมอบหมายหน้าที่ของแต่ละสถานีงาน

สรุปว่าแต่ละทรัพยากรการผลิตต้องรับมอบหมายให้แปรสภาพชิ้นงานใด ไปสู่ชิ้นงานใดบ้าง โดยที่แม้จะผลิตเพื่อเป็นงานรอผลิตที่ใช้ร่วมกัน แต่จะต้องระบุด้วยว่าเป็นการผลิตเพื่อใช้สำหรับผลิตต่อไปเป็นผลิตภัณฑ์ใดเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย กล่าวได้ว่าต้องระบุได้ว่าแต่ละหน้าที่ แต่ละการกระทำ มีจุดประสงค์เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของผลิตภัณฑ์ใด

นอกจากการระบุบทบาทของทรัพยากรการผลิตแล้ว ในการดำเนินกระบวนการหนึ่งรอบการผลิต อาจยังไม่ได้กำลังการผลิตที่ต้องการ จึงต้องสรุปว่าทรัพยากรการผลิตเหล่านั้นต้องผลิตกี่รอบการผลิต จึงจะได้กำลังการผลิตครบตามกำลังการผลิตที่ต้องการได้ ซึ่งอาจสรุปเป็นเวลาที่ใช้ดำเนินกระบวนการ เพื่อตอบสนองกำลังการผลิตที่ต้องการ

ทั้งนี้ ยังต้องระบุเวลาที่เผื่อไว้สำหรับกิจกรรมอื่นๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ โดยส่วนนี้จะสามารถตั้งได้โดยผู้ประกอบการเอง แต่หากไม่ได้ตั้งไว้จะเป็นเวลาเผื่อที่ผู้ออกแบบต้องกำหนดไว้เป็นร้อยละของเวลาทำงานจริง เนื่องจากไม่มีระบบใดที่สามารถทำได้เวลาเดิมทุกครั้งแน่นอน อาจมีมากกว่าหรือน้อยกว่าอยู่เสมอ

8.2 ขีดจำกัดในการปรับตั้ง

ทรัพยากรที่สามารถทำได้หลายกระบวนการแต่ต้องมีเวลาปรับตั้ง ย่อมมีขีดจำกัดว่าปรับเปลี่ยนกระบวนการที่ผลิตได้มากที่สุดกี่ครั้ง ที่จะยังสามารถผลิตได้ตามกำลังการผลิตที่ต้องการ ทั้งนี้ เพื่อบอกว่าภายในรอบเวลาที่สนใจยังเหลือเวลาที่สามารถเปลี่ยนกระบวนการได้อีกเท่าไร หากมีแผนฉุกเฉินที่ต้องเปลี่ยนกระบวนการกะทันหัน ภายในเวลาที่เหลือจะยังสามารถปรับตั้งเพื่อเปลี่ยนกระบวนการได้ ซึ่งยังคงทันต่อความต้องการผลิตภัณฑ์อยู่ ในทางกลับกัน หากมีการเปลี่ยนกระบวนการที่ทำ จนรอบการปรับตั้งเกินจากจำนวนรอบปรับตั้งที่ทำได้ ก็ไม่มีทางที่จะผลิตได้ทันกับความต้องการ

9. ผลการออกแบบจุดจัดเก็บสินค้าคงคลัง

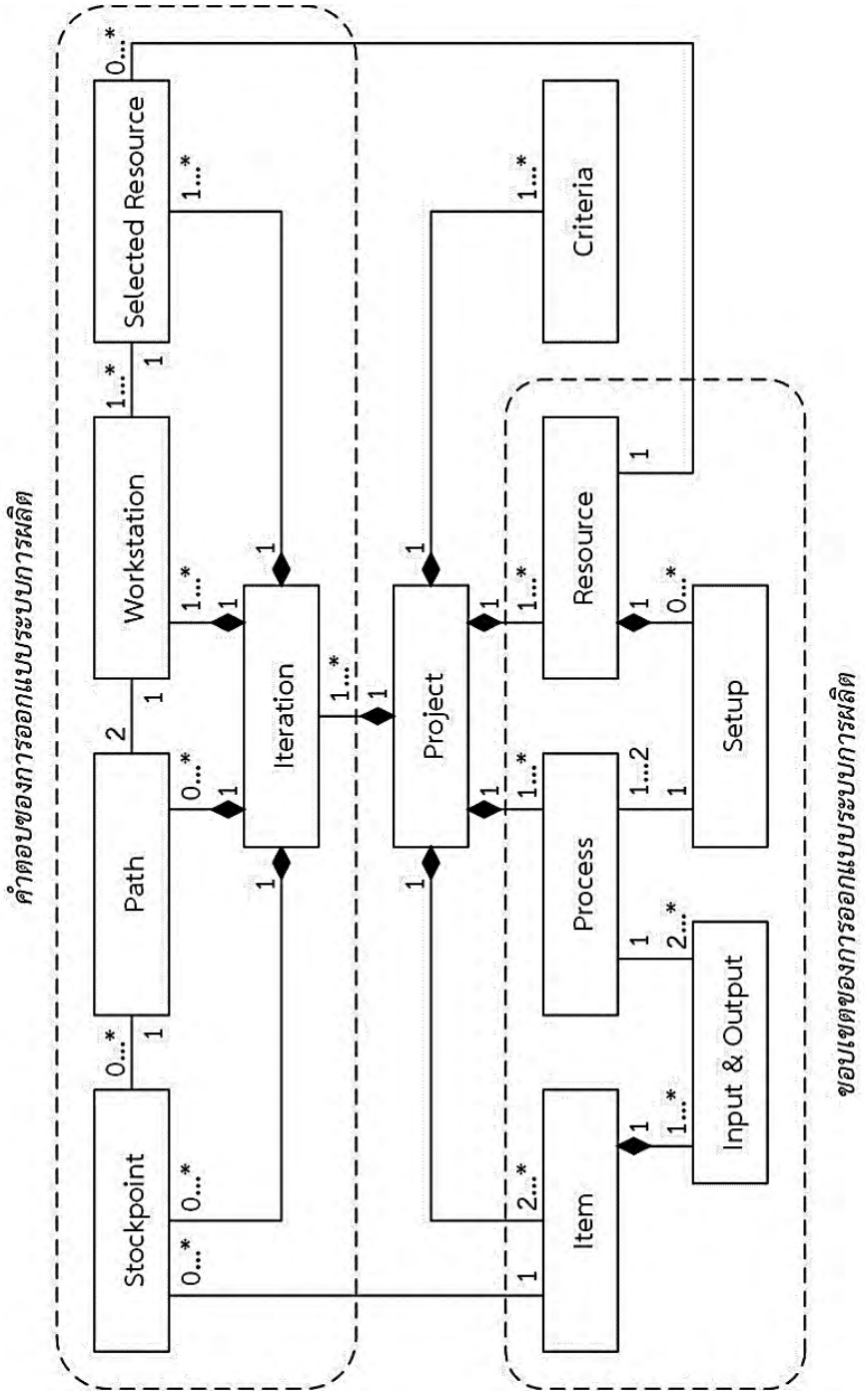
ภายใต้การมอบหมายสถานีงานเรียบร้อยแล้ว ส่วนนี้จะบอกว่าจะต้องเก็บชิ้นงานอะไรจากสถานีงานใดบ้าง และกระจายไปสู่สถานีงานใดบ้าง พร้อมระบุปริมาณขั้นต่ำที่ต้องมีชิ้นงานนั้นๆ ในจุดจัดเก็บหนึ่งๆ ทั้งนี้จะยังไม่ระบุว่าต้องมีพื้นที่ในการจัดเก็บเท่าไร หรือบอกว่าจะใช้อุปกรณ์หรือสถานที่ใดในการจัดเก็บ แต่ข้อมูลส่วนนี้จะสามารถนำไปใช้ ในการช่วยประมาณการพื้นที่ในการจัดเก็บได้ในภายหลัง

นิยามของข้อมูลเหล่านี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เข้าใจตรงกันว่าข้อมูลเหล่านี้มีบทบาทอย่างไรสำคัญอย่างไร โดยข้อมูลทั้งหมดมีที่มาที่ไป และเกิดจากกิจกรรมที่อยู่ในกรอบการออกแบบระบบการผลิตทั้งหมด โดยเกิดจากผู้ใช้งานทั้งสองฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งต้องอาศัยฐานข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อตอบสนองการใช้งานของผู้ใช้งานแต่ละฝ่าย ซึ่งต้องสร้างให้สอดคล้องกับกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นนั้นเอง

4.1.2 ความสัมพันธ์ของข้อมูลสำหรับสร้างฐานข้อมูล

ข้อมูลดังที่กล่าวมาข้างต้นจะถูกนำไปใช้ และส่งต่อกันในหลายส่วนการออกแบบ มีข้อมูลส่วนที่รับบทบาทเดียวกัน มีข้อมูลที่รับมาจากส่วนเดียวกัน หรือส่งต่อไปยังส่วนเดียวกัน ดังนั้นจึงต้องมีการสรุปความสัมพันธ์ เพื่อให้สามารถสร้างระบบฐานข้อมูล ให้มีการเชื่อมโยงกันอย่างเหมาะสม เนื่องจากมีข้อมูลจำนวนมากในแต่ละชุดข้อมูล ซึ่งจะทำให้เกิดเป็น Class Diagram ที่ซับซ้อน จึงขออธิบายผ่าน Conceptual Class Diagram ใน เพื่อให้เห็นภาพรวมของความสัมพันธ์ได้ชัดเจน แล้วจึงอธิบายในรายละเอียดเกี่ยวกับข้อมูลในแต่ละคลาสและบทบาทการจัดการข้อมูล

จากรูปที่ 25 จะเห็นว่าแบ่งเป็นสามส่วนหลัก ส่วนที่หนึ่งคือ คลาสที่ไม่อยู่ในกรอบเส้นประ 2 คลาส ได้แก่ Project และ Criteria ซึ่งแสดงถึงข้อมูลเป้าหมายของการออกแบบระบบการผลิต ว่ากำลังออกแบบระบบการผลิตอะไร กำหนดเป้าหมายให้มีคุณสมบัติอย่างไร ส่วนที่สองคือ กรอบเส้นประด้านล่าง ที่ถูกกำกับข้อความว่า *ขอบเขตการออกแบบระบบการผลิต* เนื่องจากคลาสเหล่านั้นแสดงข้อมูลขอบเขตการออกแบบระบบการผลิต กล่าวอีกนัยหนึ่งคือการแสดงถึงขอบเขตของโจทย์ที่เผชิญอยู่ ว่าระบบการผลิตมีลักษณะอย่างไร และผู้ประกอบการได้กำหนดอะไรบ้าง ซึ่งจะประกอบด้วยข้อมูลที่เกี่ยวกับชิ้นงานที่ไหลภายในระบบการผลิต กระบวนการที่ต้องมีเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ และตัวเลือกทรัพยากรการผลิตผ่านเกณฑ์เชิงคุณภาพมาแล้ว และสามารถทำกระบวนการต่างๆ ได้ และส่วนสุดท้ายคือ กรอบเส้นประด้านบน ที่ถูกกำกับข้อความว่า *คำตอบของการออกแบบระบบการผลิต* เพื่อแสดงถึงบทบาทของคลาสที่อยู่ภายในกรอบ นั้นคือคำตอบที่ได้จากการออกแบบในแต่ละองค์ประกอบ ได้แก่ ทรัพยากรการผลิตที่ผ่านการเลือกแล้ว การจับกลุ่มทรัพยากรการผลิตเหล่านั้นเป็นสถานีงาน ตามการมอบหมายหน้าที่ที่รับผิดชอบ เส้นทางการผลิตที่เชื่อมระหว่างสถานีงาน และจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง ที่ระบุตำแหน่งและจำนวนแล้ว ทั้งนี้จะไม่มีคลาสที่เก็บข้อมูลการแบ่งกลุ่มการผลิต เนื่องจากสามารถสรุปได้จากข้อมูลแต่ละคลาสรวมกัน โดยรายละเอียดข้อมูลในแต่ละคลาส จะอธิบายต่อจากนี้



รูปที่ 25 Conceptual Class Diagram แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล

1. ข้อมูลเป้าหมาย

การออกแบบระบบการผลิตจะต้องมีเป้าหมายในการออกแบบ นั้นคือลักษณะ หรือคุณสมบัติของระบบการผลิต เปรียบได้กับการตั้งโจทย์การออกแบบระบบการผลิต โดยการออกแบบและประเมินผลจะถูกขับเคลื่อนด้วยเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งแบ่งเป็นคลาสที่เกี่ยวข้องได้ดังนี้

1.1 โจทย์การออกแบบระบบการผลิต: Project Class

เป็นตัวแทนของโจทย์การออกแบบแต่ละโจทย์ โดยอ้างอิงตามข้อมูลทั่วไป ซึ่งมีผลต่อการออกแบบทั้งหมด หากมีการเปลี่ยนแปลงส่วนนี้จึงเทียบเท่ากับการเปลี่ยนโจทย์ใหม่ และจะกระทบให้ทุกส่วนต้องรับข้อมูลที่เปลี่ยนใหม่นี้ทั้งหมด ดังนั้นเพียง 1 project จะมีข้อมูลอื่นๆ ที่เชื่อมด้วยตั้งแต่ 1 ข้อมูลขึ้นไปเสมอ โดยกิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับคลาสนี้ได้ สามารถแสดงด้วยตารางที่ 13

สังเกตว่าผู้ออกแบบระบบการผลิตจะไม่สามารถเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลในคลาสนี้ได้ แต่สามารถเรียกดูข้อมูล และนำไปใช้ได้ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่แสดงถึงโจทย์ซึ่งผู้ประกอบการต้องเป็นผู้อธิบายโจทย์ของตนเอง

ตารางที่ 13 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Project Class ได้

Project Class		
กิจกรรม	ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง	
	ผู้ประกอบการ	ผู้ออกแบบระบบการผลิต
เพิ่มข้อมูล	/	X
แก้ไขข้อมูล	/	X
ลบข้อมูล	/	X
เรียกดูข้อมูล	/	/
เรียกใช้ข้อมูล	X	/
หมายเหตุ *- เครื่องหมาย / หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินกิจกรรมนั้นได้* *- เครื่องหมาย X หมายถึง ผู้ใช้งานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น*		

1.2 เป้าหมายและข้อจำกัดของระบบการผลิต: Criteria Class

ส่วนนี้เป็นส่วนที่มีผลต่อส่วนที่เหลือทั้งหมดเช่นกัน แต่สำหรับโจทย์เดียวสามารถเปลี่ยนได้หลายเป้าหมาย ดังนั้นส่วนนี้สามารถมีได้หลายเป้าหมายต่อ 1 project นอกจากนี้ยังสามารถตั้งเป้าหมายได้หลายค่า ตามข้อมูลเป้าหมายที่มีแบบให้คะแนน แบบเกณฑ์มากกว่าหรือน้อยกว่า และตั้งให้มากที่สุดหรือน้อยที่สุดเท่าที่จะ

เป็นไปได้ และมีหลายมิติชี้วัด ซึ่งไม่จำเป็นต้องตั้งครบทุกรูปแบบและมิติ ส่วนที่ไม่มีก็เว้นไว้ได้ ถือว่าผู้ประกอบการไม่ให้ความสำคัญมากนัก โดยกิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับคลาสนี้ได้ สามารถแสดงด้วยตารางที่ 14

ในทำนองเดียวกับโจทย์การออกแบบ ผู้ออกแบบระบบการผลิตจะไม่สามารถเพิ่ม แก้ไข หรือลบข้อมูลในคลาสนี้ได้ และจะถูกควบคุมด้วยข้อมูลในคลาสนี้ กล่าวคือ สามารถเรียกดู และเรียกใช้ข้อมูลในการออกแบบได้ โดยข้อมูลส่วนนี้ผู้ประกอบการต้องเป็นคนกำหนด จึงจะสะท้อนความต้องการของผู้ประกอบการได้ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม การตั้งเป้าหมายจะแบ่งตามมิติตัวชี้วัด ซึ่งควรจะต้องคำนึงถึงทุกตัวชี้วัด หากผู้ประกอบการไม่ได้ป้อนค่าไว้ ผู้ออกแบบจะต้องกำหนดเอง ไม่ใช่ละเลยมิตินั้นไป แต่จะเป็นการตั้งเพื่อการออกแบบของส่วนตนเองเท่านั้น ไม่ได้เป็นการแก้ที่คลาสนี้ หมายความว่าการตั้งค่าเป้าหมายเพิ่มเติมเองนอกเหนือจากที่ผู้ประกอบการไม่สนใจ จะไม่กระทบต่อการออกแบบส่วนอื่นๆ

ตารางที่ 14 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Criteria Class ได้

Criteria Class		
กิจกรรม	ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง	
	ผู้ประกอบการ	ผู้ออกแบบระบบการผลิต
เพิ่มข้อมูล	/	X
แก้ไขข้อมูล	/	X
ลบข้อมูล	/	X
เรียกดูข้อมูล	/	/
เรียกใช้ข้อมูล	X	/
หมายเหตุ *- เครื่องหมาย / หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินกิจกรรมนั้นได้* *- เครื่องหมาย X หมายถึง ผู้ใช้งานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น*		

2. ข้อมูลแสดงขอบเขตของการออกแบบระบบการผลิต

ข้อมูลที่แสดงขอบเขตของการออกแบบระบบการผลิตประกอบขึ้นจากข้อมูลจำนวนมาก จึงถูกแบ่งออกเป็น 5 คลาส เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ และการนำไปใช้งาน ซึ่งแต่ละคลาสจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ใช้ในการอธิบายขอบเขตสิ่งที่ระบบการผลิตนี้เกี่ยวข้อง และความสามารถในการสร้างระบบการผลิตที่เป็นไปได้ร่วมกัน

แม้จะถูกแบ่งเป็น 5 คลาส แต่เนื่องจากมีบทบาทในการกำหนดขอบเขตของการออกแบบระบบการผลิตเหมือนกันทุกคลาส จึงส่งผลให้กิจกรรมที่ผู้ใช้งานทั้งสองฝ่ายทำได้จะเหมือนกันในทุกคลาส โดยผู้ออกแบบจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงอะไรได้ เพราะถือว่ามาจากการออกแบบของระดับบริหารของผู้ประกอบการ

2.1 ข้อมูลชิ้นงาน: Item Class

ในส่วนนี้ ผู้ประกอบการควรมีการออกแบบผลิตภัณฑ์ก่อน เพื่อทราบว่าจะเกิดชิ้นงานอะไรไหลอยู่ในระบบการผลิต โดยชิ้นงานเหล่านั้นอาจเป็นวัตถุดิบ งานรอระหว่างผลิต หรือผลิตภัณฑ์ ซึ่งข้อมูลที่ระบุว่าชิ้นงานนั้นเป็น วัตถุดิบ งานรอระหว่างผลิต หรือผลิตภัณฑ์ จะถูกมองเป็นประเภทของชิ้นงาน

อย่างไรก็ตาม ชิ้นงานที่ถูกระบุประเภทเป็นผลิตภัณฑ์เท่านั้น ที่จะต้องมีข้อมูลกำลังการผลิตที่ต้องการ และรูปแบบพฤติกรรมความต้องการสินค้านั้นของลูกค้า โดยแจกแจงเป็น ปริมาณสินค้าต่อคำสั่งซื้อ ความถี่ของคำสั่งซื้อ และระยะเวลาจากจุดสั่งซื้อถึงกำหนดส่ง ซึ่งอาจขึ้นอยู่กับการวางนโยบาย หรือการทำสัญญากับลูกค้า ของฝ่ายบริหารด้วย

ส่วนชิ้นงานที่เป็นประเภทวัตถุดิบ และงานรอระหว่างผลิต จะได้รับผลกระทบจากกำลังการผลิตที่ต้องการ และรูปแบบพฤติกรรมความต้องการสินค้านั้นของลูกค้าของผลิตภัณฑ์นั้นๆ ก็ต่อเมื่อเป็นสิ่งที่ถูกแปรสภาพเป็นผลิตภัณฑ์ หรือประกอบรวมกันเป็นผลิตภัณฑ์นั้น จึงไม่ต้องมีการรวบรวมข้อมูลส่วนนี้

เนื่องจากการผลิตจะทำให้เกิดการแปรรูป จากวัตถุดิบอย่างน้อยหนึ่งชนิด ไปสู่ผลิตภัณฑ์อย่างน้อยหนึ่งชนิด จึงเป็นความสัมพันธ์ว่า 1 project จะมี 2 item ขึ้นไป และกิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับคลาสนี้ได้ สามารถแสดงด้วยตารางที่ 15

ตารางที่ 15 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Item Class ได้

Item Class		
กิจกรรม	ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง	
	ผู้ประกอบการ	ผู้ออกแบบระบบการผลิต
เพิ่มข้อมูล	/	X
แก้ไขข้อมูล	/	X
ลบข้อมูล	/	X
เรียกดูข้อมูล	/	/
เรียกใช้ข้อมูล	X	/
หมายเหตุ *- เครื่องหมาย / หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินกิจกรรมนั้นได้* *- เครื่องหมาย X หมายถึง ผู้ใช้งานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น*		

2.2 ข้อมูลชิ้นงานไหลเข้าไหลออก: Input and Output Class

ข้อมูลจากส่วนที่แล้ว ชิ้นงานจะกลายเป็นสิ่งที่ไหลเข้า และออกจากกระบวนการต่างๆ โดยที่ชิ้นงานขาออก (output) ของกระบวนการหนึ่ง อาจจะกลายเป็นชิ้นงานขาเข้า (input) ของอีกกระบวนการหนึ่ง ดังนั้นจึงใช้คลาสเดียวกันนี้แทนทั้งสิ่งที่ไหลเข้าและสิ่งที่ไหลออก ซึ่งจะนำไปใช้อธิบายสิ่งที่ไหลเข้าและออกจากกระบวนการ

ข้อมูลนี้จะอ้างจากข้อมูลชิ้นงาน เพื่อระบุว่าเป็นชิ้นงานอะไร และจำนวนที่เข้าหรือออก หากชิ้นงานต่างกันหรือจำนวนไม่เท่ากัน ถือว่าไม่ใช่ input หรือ output เดียวกัน item หนึ่งๆ จึงสามารถเป็นข้อมูลอ้างอิงว่าเป็น input หรือ output ได้ตั้งแต่ 1 input หรือ output ขึ้นไป โดยกิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับคลาสนี้ได้ สามารถแสดงด้วยตารางที่ 16

ตารางที่ 16 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Input and Output Class ได้

Input and Output Class		
กิจกรรม	ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง	
	ผู้ประกอบการ	ผู้ออกแบบระบบการผลิต
เพิ่มข้อมูล	/	X
แก้ไขข้อมูล	/	X
ลบข้อมูล	/	X
เรียกดูข้อมูล	/	/
เรียกใช้ข้อมูล	X	/
หมายเหตุ *- เครื่องหมาย / หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินกิจกรรมนั้นได้* *- เครื่องหมาย X หมายถึง ผู้ใช้งานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น*		

2.3 ข้อมูลกระบวนการ: Process Class

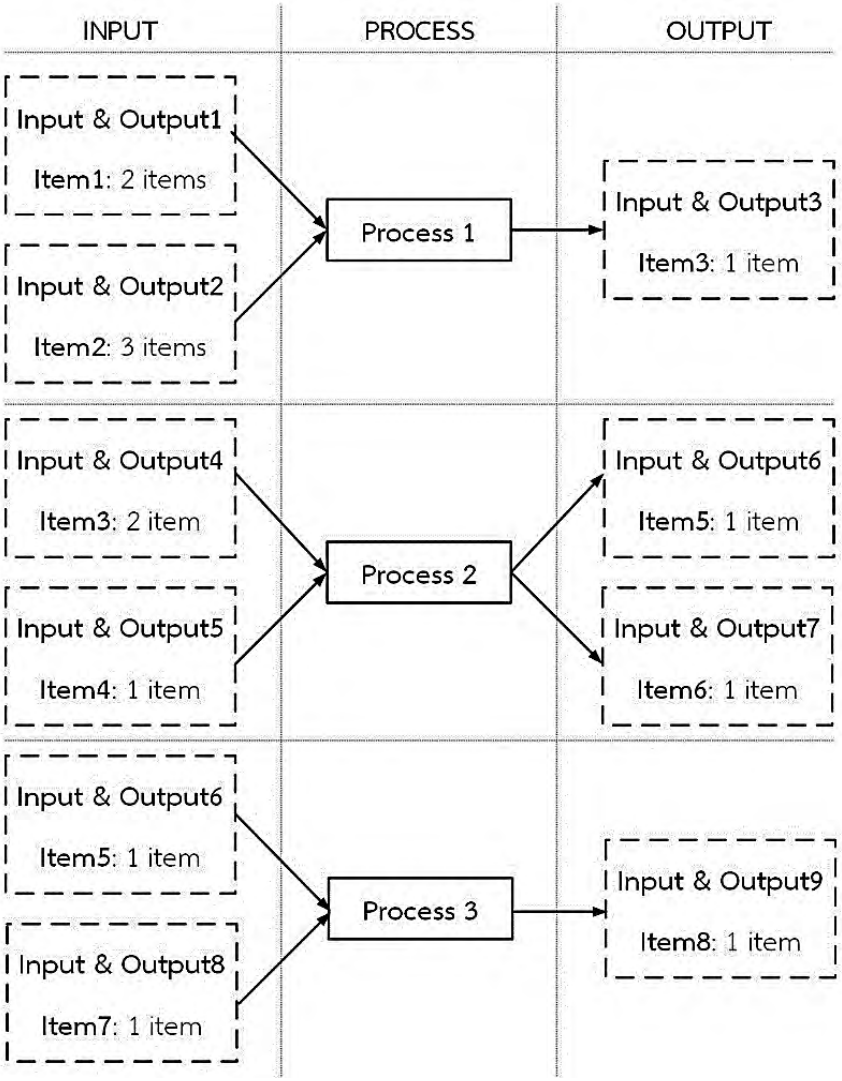
การออกแบบกระบวนการจะไม่อยู่ในกรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้ เนื่องจากงานวิจัยนี้ถือว่า ระดับบริหารได้เลือกวิธีการผลิตไว้แล้วตามนโยบายทางธุรกิจที่ตั้งไว้ ซึ่งสามารถระบุได้ว่ากระบวนการทำหน้าที่แปรรูปอะไร โดยการระบุ input และ output ซึ่งอ้างอิงข้อมูลจาก Input and Output Class ทั้งนี้ หาก input หรือ output ต่างกันเพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง จะถือว่าเป็นกระบวนการที่ต่างกัน โดยผู้ใช้งานสามารถดำเนินการกับคลาสนี้ได้ดังตารางที่ 17

นอกจากข้อมูลที่แสดงถึงกระบวนการต่างๆ ยังมีข้อมูลเพิ่มเติมอีกส่วนที่อาจใส่ข้อมูล หรือไม่ใส่ข้อมูลก็ได้ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่แสดงถึงกิจกรรมเสริมต่างๆ ของกระบวนการนั้น เช่น การยกของมาเตรียมจำนวนหนึ่งก่อนที่จะเริ่มงาน ทำให้เกิดเวลาเสริมขึ้นมา โดยต้องบอกว่าเวลาที่ใช้นั้นจะทำให้เกิดกระบวนการผลิตนั้นได้กี่รอบ เช่น ยกมา 10 ชิ้น จะทำเป็นงานออกมาได้ 5 รอบ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลส่วนนี้อาจไม่ใส่ก็ได้ ทั้งนี้จะได้ว่า process หนึ่งๆ จะต้องมีอย่างน้อย 1 input และ 1 output และ project หนึ่งๆ จะมีตั้งแต่ 1 process ขึ้นไป

จากตัวอย่างในรูปที่ 26 จะเห็นได้ว่าแต่ละ input หรือ output จะเกิดจากการอ้างอิง item พร้อมจำนวน ซึ่งจะเห็นได้ว่าฝั่ง *Input & Ouput3* ที่เป็น output ของ *Process1* และ *Input & Ouput4* ที่เป็น input ของ *Process2* เป็น *Item3* เหมือนกัน ต่างกันเพียงจำนวน ก็จะถือว่าเป็น input and output ที่ต่างกัน นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า *Input & Ouput6* เป็นทั้ง output ของ *Process2* และ input ของ *Process3* เนื่องจากเป็น item เดียวกัน ที่มีจำนวนเท่ากัน ดังที่ได้อธิบายไปแล้วว่า output ของ process หนึ่งอาจกลายเป็น input ของอีก process ก็ได้

ตารางที่ 17 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Process Class ได้

Process Class		
กิจกรรม	ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง	
	ผู้ประกอบการ	ผู้ออกแบบระบบการผลิต
เพิ่มข้อมูล	/	X
แก้ไขข้อมูล	/	X
ลบข้อมูล	/	X
เรียกดูข้อมูล	/	/
เรียกใช้ข้อมูล	X	/
หมายเหตุ *- เครื่องหมาย / หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินกิจกรรมนั้นได้* *- เครื่องหมาย X หมายถึง ผู้ใช้งานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น*		



รูปที่ 26 ตัวอย่างข้อมูลที่เกิดจาก Item Input & Output และ Process Class

2.4 ข้อมูลทรัพยากรการผลิต: Resource Class

ทรัพยากรในการผลิตในที่นี้ถือว่าผ่านการเลือกจากระดับบริหารมาแล้วว่าผ่านในเชิงคุณภาพ และสามารถทำตามกระบวนการที่ออกแบบไว้ได้ โดยเป็นไปได้ทั้งเครื่องจักรและคน หรือมองเป็นกลุ่มทรัพยากรที่ทำงานร่วมกันก็ได้ ทรัพยากรนั้นๆ อาจสามารถทำได้หลายกระบวนการ นั้นคือ resource หนึ่งๆ สามารถทำ process ได้ตั้งแต่ 1 ขึ้นไป ดังนั้นส่วนนี้จะอ้างจาก Process Class จะบอกได้ว่า resource นี้ทำกระบวนการอะไรได้บ้าง ซึ่งไม่มีทางที่จะทำ process โดยไม่มี resource ได้ ดังนั้นในแต่ละ project จะต้องมีอย่างน้อย 1 resource

รายละเอียดของข้อมูลในคลาสนี้ ได้แก่ จำนวนทรัพยากรการผลิตนั้นที่มีอยู่แล้ว ราคาจัดซื้อหรือจ้าง เวลาที่ใช้ทำกระบวนการนั้นต่อรอบ และเวลาเผื่อต่อรอบ ซึ่งเวลา

เผื่อนี้สามารถใส่เป็นร้อยละ หรือเป็นค่าจริงก็ได้ หรือหากไม่ใส่ การออกแบบแต่ละส่วนควรจะมีเวลาเป็นพื้นฐาน (default) ในการประมาณ อาจเป็นร้อยละของเวลาทำงาน โดยแต่ละส่วนการออกแบบสามารถตั้งต่างกันได้ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกดำเนินการตามตารางที่ 18

ตารางที่ 18 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Resource Class ได้

Resource Class		
กิจกรรม	ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง	
	ผู้ประกอบการ	ผู้ออกแบบระบบการผลิต
เพิ่มข้อมูล	/	X
แก้ไขข้อมูล	/	X
ลบข้อมูล	/	X
เรียกดูข้อมูล	/	/
เรียกใช้ข้อมูล	X	/
หมายเหตุ *- เครื่องหมาย / หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินกิจกรรมนั้นได้* *- เครื่องหมาย X หมายถึง ผู้ใช้งานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น*		

2.5 ข้อมูลการปรับตั้ง: Setup Class

การจะเริ่มดำเนินการของทรัพยากรการผลิตหนึ่งๆ ได้ อาจมีเวลาในการปรับตั้งหรือไม่มีเลยก็ได้ ดังนั้น resource หนึ่งๆ สามารถมี setup ได้ตั้งแต่ 0 ขึ้นไป แต่หากว่ามี setup จะต้องเกิดจากอย่างน้อย 1 หรือ 2 process เพราะเกิดจากสถานะว่างงานไปสู่กระบวนการหนึ่ง จากกระบวนการเดิมแต่ต้องปรับใหม่ทุกครั้ง หรือจากกระบวนการหนึ่งเป็นอีกกระบวนการหนึ่ง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกดำเนินการโดยผู้ใช้งานตามตารางที่ 19

ตารางที่ 19 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Setup Class ได้

Setup Class		
กิจกรรม	ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง	
	ผู้ประกอบการ	ผู้ออกแบบระบบการผลิต
เพิ่มข้อมูล	/	X
แก้ไขข้อมูล	/	X
ลบข้อมูล	/	X
เรียกดูข้อมูล	/	/
เรียกใช้ข้อมูล	X	/
หมายเหตุ *- เครื่องหมาย / หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินกิจกรรมนั้นได้* *- เครื่องหมาย X หมายถึง ผู้ใช้งานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น*		

3. ข้อมูลคำตอบของการออกแบบระบบการผลิต

ข้อมูลที่แสดงคำตอบจะรวบรวมจากการออกแบบแต่ละส่วน ดังนั้นจึงสามารถแบ่งข้อมูลตามกลุ่มคำตอบได้เป็น 4 คลาสย่อย แต่ละคลาสจะแสดงผลการออกแบบเพื่อใช้ร่วมกันเป็น iteration เดียวกัน ซึ่งแต่ละ iteration จะประกอบด้วยคำตอบที่นำไปใช้ในการสร้างระบบการผลิต และผลการประเมินของระบบการผลิตนั้นว่าทำงานได้เป็นอย่างไรในแต่ละมิติชี้วัด ซึ่งประเมินเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ รวมถึงการบอกว่าระบบนี้เป็นคำตอบสุดท้ายหรือไม่ หรือเป็นเพียงระบบการผลิตที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ และอยู่ระหว่างการพัฒนา หรือแม้แต่เป็นผลสุดท้ายที่ไม่มีทางบรรลุเป้าหมายได้ ซึ่งต้องทำการแจ้งกลับให้ผู้ประกอบการทราบเพื่อเปลี่ยนเป้าหมาย หรือขอบเขตของโจทย์ ซึ่ง 1 project จะมีตั้งแต่ 1 iteration ขึ้นไปจากการพัฒนาระบบของแต่ละส่วนการออกแบบไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้คำตอบสุดท้ายหรือไม่สามารถหาคำตอบได้แล้ว

ผู้ออกแบบจะสามารถเพิ่มข้อมูล แก้ไขข้อมูล ลบข้อมูล เรียกดูข้อมูลเก่า และเรียกใช้ข้อมูลเก่าเพื่อพัฒนาคำตอบ ในส่วนที่ตนเองรับผิดชอบ แต่ไม่สามารถเพิ่มข้อมูล แก้ไขข้อมูล และลบข้อมูลของส่วนอื่นได้ ทำได้เพียงเรียกดูข้อมูลของการออกแบบส่วนอื่น และนำข้อมูลของการออกแบบส่วนอื่น ไปใช้ในการพัฒนาการออกแบบในส่วนของตนได้ ส่วนผู้ประกอบการจะทำได้เพียงดูข้อมูลของ Iteration ที่เป็นคำตอบสุดท้ายเท่านั้น ไม่สามารถ

เข้าถึงข้อมูลรายละเอียดของแต่ละส่วนการออกแบบได้ ส่วนในรายละเอียดจะถูกเก็บแยกเป็นคลาส ดังต่อไปนี้

3.1 ข้อมูลทรัพยากรการผลิตที่ถูกเลือก: Selected Resource Class

ผู้ออกแบบกำลังการผลิตจะเป็นคนเดียวที่มีสิทธิ์จัดการเพิ่มข้อมูล และลบข้อมูลในคลาสนี้ ดังแสดงในตารางที่ 20 เนื่องจากข้อมูลในส่วนนี้จะเกิดจากการอ้างอิงข้อมูลจาก resource class เพื่อบอกว่าทรัพยากรการผลิตใดต้องมีจำนวนเท่าไร จากที่มีอยู่แล้วจะต้องจัดซื้อหรือจ้างเพิ่มเท่าไร บางทรัพยากรการผลิตอาจไม่ถูกเลือกเลยก็ได้ ดังนั้นในคลาสนี้ 1 resource จะถูกผูกเป็น selected resource ตั้งแต่ 0 ขึ้นไป ซึ่งใน iteration หนึ่งๆ จะมี selected resource อย่างน้อย 1 รายการขึ้นไป เพราะระบบการผลิตไม่สามารถมีกำลังการผลิตโดยปราศจากทรัพยากรผลิตได้ ซึ่งข้อมูลส่วนนี้จะถูกนำไปใช้มอบหมายหน้าที่ของแต่ละทรัพยากรต่อไป

ตารางที่ 20 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Selected Resource Class ได้

Selected Resource Class			
กิจกรรม	**ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง**		
	ผู้ประกอบการ	**ผู้ออกแบบระบบการผลิตส่วนอื่น**	**ผู้ออกแบบกำลังการผลิต**
เพิ่มข้อมูล	X	X	/
แก้ไขข้อมูล	X	X	/
ลบข้อมูล	X	X	/
เรียกดูข้อมูล	/	/	/
เรียกใช้ข้อมูล	X	/	/

หมายเหตุ

- เครื่องหมาย / หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินกิจกรรมนั้นได้

- เครื่องหมาย X หมายถึง ผู้ใช้งานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น

- ผู้ออกแบบระบบการผลิตส่วนอื่น หมายถึง ผู้ออกแบบระบบการผลิตใดๆ ที่ไม่ใช่ผู้ออกแบบกำลังการผลิต

3.2 ข้อมูลสถานีงาน: Workstation Class

เมื่อผู้ออกแบบกำลังการผลิตมีข้อมูลคำตอบของตนแล้ว ผู้ออกแบบเส้นทางการผลิตจะสามารถออกแบบต่อได้ และจะเกิดข้อมูลส่วนนี้ ซึ่งสามารถสรุปเป็นกิจกรรมที่สามารถดำเนินการกับคลาสนี้ได้ ดังตารางที่ 21

กิจกรรมที่ทำให้เกิดการจัดการกับข้อมูลในคลาสนี้ คือการที่ผู้ออกแบบเส้นทางการผลิตมอบหมายหน้าที่ให้แต่ละทรัพยากรการผลิต หมายถึงการเลือกว่าจะให้

selected resource ใดทำ process อะไร เพื่อให้เกิด item ที่เป็นผลิตภัณฑ์ชนิดใด ซึ่งถ้ามีหน้าที่เหมือนกัน จะถือว่าเป็นกลุ่มสถานีงานเดียวกัน โดยที่หนึ่งชนิดทรัพยากรการผลิต อาจจะถูกแบ่งกลุ่มออกไปรับผิดชอบงานหลายส่วนก็ได้ ดังนั้น 1 selected resource จึงกลายเป็น 1 workstation ขึ้นไป ซึ่งกล่าวได้ว่า แม้ทรัพยากรจะมีจำนวนเพียงหนึ่งเครื่องหรือคนก็ยังถือว่าเป็นสถานีงานหนึ่งได้ และเนื่องจากในระบบการผลิตหนึ่งอาจมีเพียงหนึ่งสถานีงาน หรือมากกว่านั้นก็ได้ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า 1 iteration จะมีได้ตั้งแต่ 1 workstation ขึ้นไป

ตารางที่ 21 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Workstation Class ได้

Workstation Class			
กิจกรรม	**ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง**		
	ผู้ประกอบการ	**ผู้ออกแบบระบบการผลิตส่วนอื่น**	**ผู้ออกแบบเส้นทางการผลิต**
เพิ่มข้อมูล	X	X	/
แก้ไขข้อมูล	X	X	/
ลบข้อมูล	X	X	/
เรียกดูข้อมูล	/	/	/
เรียกใช้ข้อมูล	X	/	/
หมายเหตุ *- เครื่องหมาย / หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินกิจกรรมนั้นได้* *- เครื่องหมาย X หมายถึง ผู้ใช้งานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น* *- ผู้ออกแบบระบบการผลิตส่วนอื่น หมายถึง ผู้ออกแบบระบบการผลิตใดๆ ที่ไม่ใช้ผู้ออกแบบเส้นทางการผลิต*			

3.3 ข้อมูลเส้นทางการผลิต: Path Class

ข้อมูลในส่วนนี้จะเกิดขึ้นในสถานการณ์ที่ระบบการผลิตมีมากกว่าหนึ่งสถานีงาน ซึ่งจะทำให้มีการส่งต่อชิ้นงานระหว่างสถานีงานเกิดเป็นเส้นทางการผลิต โดยจะต้องมีข้อมูลสถานีงานที่รับมาจาก workstation class ก่อน โดยระหว่าง 2 workstation จะเกิด 1 path ที่ระบุว่ารับชิ้นงานอะไร จากสถานีงานอะไร ส่งไปยังสถานีงานใด ซึ่งจะอ้างอิงจากหน้าที่ของแต่ละ workstation เพื่อสรุปว่าจะเกิดการไหลของชิ้นงานอย่างไร โดยผู้ออกแบบเส้นทางการผลิตก็เป็นผู้จัดการกับข้อมูลส่วนนี้เช่นกัน ดังแสดงในตารางที่ 22

จากที่ได้กล่าวไปแล้ว หากมีเพียงสถานีงานเดียวก็อาจจะไม่เกิดเส้นทางการผลิตก็ได้ ดังนั้น 1 iteration จะมี path ได้ตั้งแต่ 0 ขึ้นไป ทั้งนี้ path จะต้องระบุด้วยว่าเป็นเส้นทางการผลิตของผลิตภัณฑ์ใด เมื่อมีหลายเส้นทางการผลิตที่เกิดขึ้นเพื่อทำให้เกิด

การผลิตของผลิตภัณฑ์เดียวกัน จะสามารถสรุปได้ว่ากลุ่มของเส้นทางเหล่านั้นเป็นเส้นทางการผลิตของผลิตภัณฑ์นั้น ซึ่งจะใช้สรุปเป็นคำตอบของ iteration

ตารางที่ 22 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Path Class ได้

Path Class			
กิจกรรม	**ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง**		
	ผู้ประกอบการ	**ผู้ออกแบบระบบการผลิตส่วนอื่น**	**ผู้ออกแบบเส้นทางการผลิต**
เพิ่มข้อมูล	X	X	/
แก้ไขข้อมูล	X	X	/
ลบข้อมูล	X	X	/
เรียกดูข้อมูล	/	/	/
เรียกใช้ข้อมูล	X	/	/
หมายเหตุ *- เครื่องหมาย / หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินกิจกรรมนั้นได้* *- เครื่องหมาย X หมายถึง ผู้ใช้งานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น* *- ผู้ออกแบบระบบการผลิตส่วนอื่น หมายถึง ผู้ออกแบบระบบการผลิตใดๆ ที่ไม่ใช่ผู้ออกแบบเส้นทางการผลิต*			

3.4 ข้อมูลจุดจัดเก็บสินค้าคงคลัง: Stock point Class

เมื่อมีการทำงานร่วมกัน ส่งต่อกันแล้ว จะทำให้เส้นทางการผลิตนั้นมีอัตราเร็วเท่ากับสถานีงานที่ช้าที่สุด ไม่สามารถทำได้เร็วกว่านั้น ถ้าอัตราเร็วนั้นทำให้ไม่สามารถผลิตได้ทันกับความต้องการของผลิตภัณฑ์ใด จะต้องมีการเก็บชิ้นงานที่จุดจัดเก็บระหว่างสายการผลิตเพื่อทดแทนกำลังการผลิตที่ยังไม่พอ ผู้ออกแบบจุดจัดเก็บสินค้าคงคลังจะเป็นผู้ออกแบบส่วนนี้ แสดงดังตารางที่ 23

ข้อมูลภายในคลาสนี้จะบอกว่าจะเก็บชิ้นงานใด โดยดึงข้อมูลจาก item class ซึ่งที่จุดจัดเก็บหนึ่ง จะมีได้เพียงชนิดเดียว ในขณะที่ชิ้นงานชิ้นหนึ่งๆ อาจไม่ต้องเก็บเลยหรืออาจถูกเก็บไว้หลายจุดจัดเก็บก็เป็นได้ ดังนั้น 1 item จะอยู่ที่จุดจัดเก็บตั้งแต่ 0 ขึ้นไป ในขณะที่ถ้ามองเป็นความสัมพันธ์กับเส้นทางการไหล เนื่องจากเส้นทางหนึ่งอาจรับผิดชอบหลายชิ้นงานที่ต้องส่งต่อ แต่จุดจัดเก็บแต่ละจุดมีเพียง 1 ชิ้นงาน ฉะนั้น 1 path จึงมีจำนวน stock point ได้ตั้งแต่ 0 stock point ขึ้นไป เมื่อสรุปเป็นคำตอบระบบการผลิตนั้นอาจไม่จำเป็นต้องมีจุดจัดเก็บเลยก็ได้ หรือจะมีกี่จุดก็ได้เพื่อให้ทันต่อกำลังการผลิตที่ต้องการ ดังนั้น 1 iteration จะมี stock point ตั้งแต่ 0 ขึ้นไป

ตารางที่ 23 กิจกรรมที่ผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายสามารถดำเนินการกับ Stock point Class ได้

Stockpoint Class			
กิจกรรม	**ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง**		
	ผู้ประกอบการ	**ผู้ออกแบบระบบการผลิตส่วนอื่น**	**ผู้ออกแบบจุดจัดเก็บสินค้าคงคลัง**
เพิ่มข้อมูล	X	X	/
แก้ไขข้อมูล	X	X	/
ลบข้อมูล	X	X	/
เรียกดูข้อมูล	/	/	/
เรียกใช้ข้อมูล	X	/	/
หมายเหตุ *- เครื่องหมาย / หมายถึง ผู้ใช้งานสามารถดำเนินกิจกรรมนั้นได้* *- เครื่องหมาย X หมายถึง ผู้ใช้งานไม่ได้รับอนุญาตให้ดำเนินการกิจกรรมนั้น* *- ผู้ออกแบบระบบการผลิตส่วนอื่น หมายถึง ผู้ออกแบบระบบการผลิตใดๆ ที่ไม่ใช้ผู้ออกแบบจุดจัดเก็บสินค้าคงคลัง*			

การออกแบบระบบการผลิตจะมีความสัมพันธ์ของข้อมูลดังที่ได้อธิบายมา ซึ่งฐานข้อมูลสามารถสร้างตามความสัมพันธ์เหล่านี้ได้ แต่ในรายละเอียดข้อมูลภายในคลาสที่ได้กล่าวไปนั้นเป็นข้อมูลที่จำเป็นต้องมี ซึ่งเมื่อนำไปประกอบกับอัลกอริทึมในการออกแบบจริงอาจมีข้อมูลเพิ่มเติมได้ตามสิ่งที่อัลกอริทึมนั้นๆ สนใจ โดยสามารถระบุเป็นข้อมูลโดยละเอียดของคลาสเหล่านี้เพิ่มได้ ซึ่งฐานข้อมูลก็จะสามารถดำเนินการสร้างตามโครงสร้างข้อมูล ที่มีความสัมพันธ์ดังโครงสร้างที่นำเสนอนั่นเอง

4.2 ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน

เมื่อมีส่วนการออกแบบระบบการผลิตแล้ว การดำเนินการจะเกิดขึ้นได้เมื่อสามารถเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานกับระบบการดำเนินการได้จริง ซึ่งต้องอาศัยส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตามส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานจะสามารถสร้างได้เหมาะกับการใช้งาน ก็ต่อเมื่อส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานถูกสร้างจากข้อมูลจริงโดยละเอียด โดยเกิดจากการที่กรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้ประกอบกับอัลกอริทึมในการออกแบบ และอัลกอริทึมในการประเมินผลแล้ว ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงขอนำเสนอเพียงส่วนต่อประสานงานตัวอย่าง เพื่อเป็นกรอบให้กับการสร้างส่วนต่อประสานงาน

ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานจะต้องพัฒนาตามการใช้งานของผู้ใช้งานแต่ละฝ่าย ซึ่งแบ่งเป็นผู้ประกอบการ และผู้ออกแบบระบบการผลิต ทั้งนี้จะต้องทำให้สามารถส่งต่อข้อมูลมหาศาลระหว่างฝ่ายได้ ดังนั้นจะแบ่งส่วนต่อประสานงานเป็นส่วนที่เป็นสองรูปแบบ ได้แก่ หน้าต่างของโปรแกรมที่ใช้ดำเนินกิจกรรม และเอกสารที่ใช้เก็บข้อมูลเหล่านั้น โดยงานวิจัยนี้จะนำเสนอหน้าต่างของโปรแกรมจะเป็นรูปจำลอง และเอกสารจะใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการสร้างเอกสารตัวอย่าง ซึ่งเหมาะที่จะเก็บข้อมูลจำนวนมาก สามารถเพิ่มขนาดในการเก็บได้ และสามารถอัพโหลดระบบ และดาวน์โหลดมาใช้งานเป็นไฟล์ได้ง่าย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม

หน้าต่างโปรแกรมจะแบ่งตามผู้ใช้งาน พร้อมกับหน้าต่างที่เป็นหน้าแรกก่อนที่จะเลือกประเภทผู้ใช้งานด้วย ดังนั้นจะแบ่งได้เป็น 3 หน้าต่าง ดังนี้

1. หน้าแรก

จากตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรม แสดงดังรูปที่ 27 จะเห็นได้ว่า ผู้ใช้งานสามารถเรียกดูข้อมูลทั่วไป ที่ผู้ใช้ทั้งสองฝ่ายสามารถเรียกดูได้เหมือนกัน โดยแบ่งชุดข้อมูลตามแต่ละโจทย์การออกแบบ (project) ดังตัวอย่างที่มีโจทย์การออกแบบสองโจทย์ คือ *Chonburi Plant* และ *Chiang Mai Plant* แยกตามสถานที่ตั้งโรงงาน สามารถเรียกดูข้อมูลนำเข้าได้จากการกดปุ่ม *View Collected Data File* และสามารถเรียกดูข้อมูลผลลัพธ์ได้จากการกดปุ่ม *View Result File* ซึ่งเป็นข้อมูลชุดล่าสุด ร่วมถึงสามารถเรียกดูข้อมูลเก่า ที่เกิดจากข้อมูลนำเข้าที่ต่างกันไป จึงมีข้อมูลคำตอบเก่าที่ต่างกันไปตามข้อมูลนำเข้า ซึ่งเข้าถึงได้จากการกดปุ่ม *View History Files* โดยเมื่อเรียกดูแล้วจะสามารถดาวน์โหลดเป็นไฟล์ลงเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ด้วย

รูปที่ 27 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมหน้าแรก

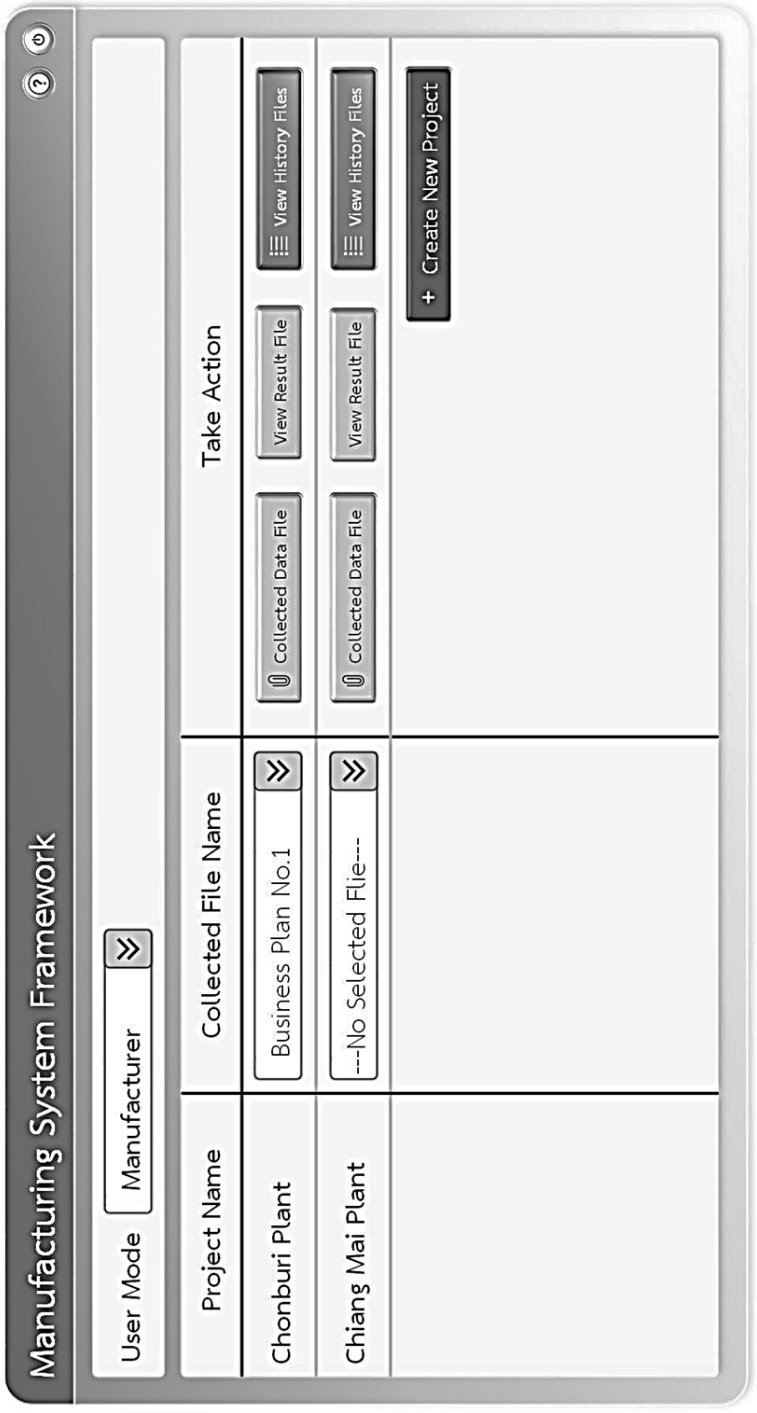
นอกจากจะสามารถเรียกดูข้อมูลต่างๆ หน้าแรกจะมีส่วนที่สามารถเลือกประเภทผู้ใช้งานได้ในช่องที่กำกับว่า *User Mode* ซึ่งจะทำให้ขอบเขตกิจกรรมที่สามารถทำได้กว้างขึ้น และตรงกับลักษณะการใช้งานของผู้ใช้งานประเภทนั้น ซึ่งจะนำไปสู่หน้าต่างถัดไป

2. รูปแบบหน้าต่างสำหรับผู้ประกอบการ

หากเลือกประเภทผู้ใช้งานเป็นผู้ประกอบการ *(Manufacturer)* ที่ช่อง *User Mode* ดังแสดงในตัวอย่างรูปที่ 28 คำสั่งที่สามารถทำได้ในหน้าต่างนี้จะสร้างจากกิจกรรมที่ผู้ประกอบการสามารถทำกับข้อมูลต่างๆ ได้ ดังที่กล่าวไปในส่วนโครงสร้างข้อมูล ดังนั้นนอกจากจะสามารถเรียกดูและดาวน์โหลดผลลัพธ์ และข้อมูลเก่าได้ หน้าต่างนี้จะมีกิจกรรมที่สามารถทำได้เพิ่มขึ้น ได้แก่ สามารถเลือกข้อมูลนำเข้าที่เคยอัพโหลดไว้ในช่อง *Collected File Name* เพื่อเรียกดูคำตอบที่สอดคล้องกับข้อมูลนำเข้านั้นๆ ด้วยปุ่ม *View Result File* ทั้งยังสามารถอัพโหลดไฟล์ข้อมูลนำเข้าใหม่ได้ ด้วยปุ่ม *Collected Data File* และสามารถสร้างโจทย์การออกแบบใหม่ได้ด้วยปุ่ม *Create New Project* ซึ่งจะเปิดหน้าต่างย่อยให้ตั้งชื่อโจทย์ใหม่ *(Project Name)* แล้วจึงกลับมาที่หน้าเดิม ที่เพิ่มช่องของโจทย์ใหม่นั้นไว้ล่างสุดของตาราง

หากมีการรับข้อมูลใหม่ จะต้องมีการหาผลลัพธ์ชุดใหม่ ซึ่งหากยังไม่มีการอัพโหลดคำตอบใหม่ตามข้อมูลนำเข้าใหม่ที่มี จะต้องมีหน้าต่างที่แจ้งว่าไม่สามารถเรียกดูผลลัพธ์ได้ พร้อมกันนั้นจะส่งผลต่อผู้ออกแบบระบบการผลิต ที่เมื่อเข้าใช้งาน จะต้องได้รับการแจ้งเตือนว่าต้องทำการออกแบบใหม่

ในส่วนการเรียกดูข้อมูลเก่า ผู้ประกอบการจะสามารถลบกรณีที่ไม่ใช้แล้วออกไปจากฐานข้อมูลได้ และสามารถลบทั้งโจทย์การออกแบบนั้นได้ภายในหน้าต่างย่อยของการเรียกดูข้องมูลเก่า เนื่องจากผู้ประกอบการควรตรวจดูข้อมูลให้แน่ใจว่าจะไม่ใช้แล้ว จึงจะตัดสินใจลบข้อมูลไป และข้อมูลเหล่านั้นจะไม่สามารถเรียกกลับมาได้อีก



รูปที่ 28 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมสำหรับผู้ประกอบการผู้ประกอบการ

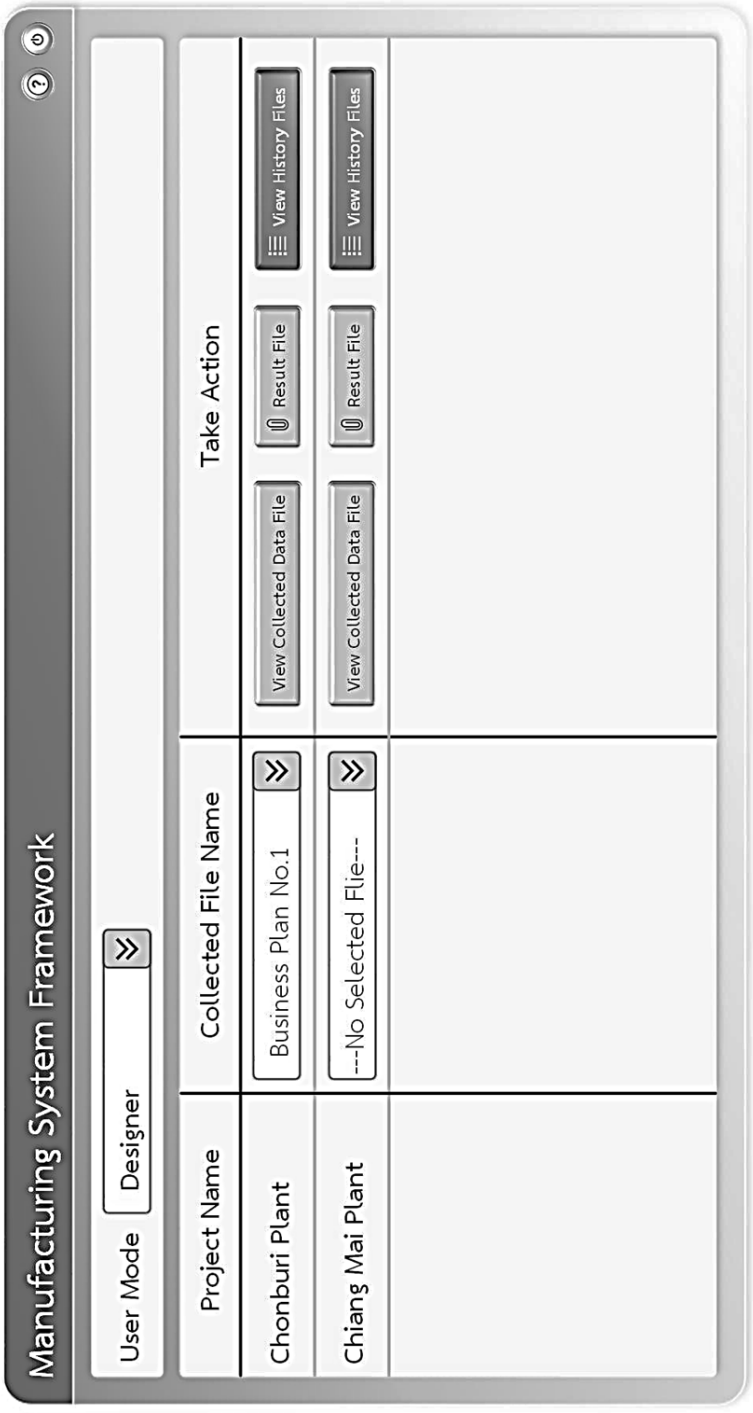
3. รูปแบบหน้าต่างสำหรับผู้ออกแบบระบบการผลิต

ทำนองเดียวกันกับหน้าต่างสำหรับผู้ประกอบการ เมื่อเลือกประเภทผู้ใช้งานเป็นผู้ออกแบบระบบการผลิต *(Designer)* ที่ช่อง *User Mode* คำสั่งที่สามารถทำได้ในหน้าต่างสำหรับผู้ออกแบบระบบการผลิต ก็สร้างตามโครงสร้างข้อมูล กิจกรรมที่ผู้ออกแบบระบบการผลิตสามารถดำเนินการกับข้อมูลได้ ก็จะต้องสามารถทำได้ด้วยหน้าต่างนี้ ดังแสดงตัวอย่างใน

รูปที่ 29 โดยผู้ออกแบบระบบการผลิตจะยังคงสามารถเรียกดูและดาวน์โหลดข้อมูล และข้อมูลชุดเก่าได้ และยังสามารถอัพโหลดผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ที่ปุ่ม *Result File* ที่เป็นคู่คำตอบกับข้อมูลชุดนำเข้าที่เลือกได้ในช่อง *Collected File Name* ซึ่งหากมีข้อมูลผลลัพธ์เก่าอยู่แล้วสำหรับข้อมูลนำเข้าชุดนั้นๆ จะเป็นการอัพโหลดแทนที่ข้อมูลผลลัพธ์เดิม และหากมีการรับข้อมูลใหม่ ผู้ออกแบบระบบการผลิต จะต้องได้รับการแจ้งเตือนว่าต้องทำการออกแบบใหม่สำหรับข้อมูลนำเข้าใหม่ชุดนั้นๆ

ผู้ประกอบการจะไม่มีสิทธิ์ในการสร้างโจทย์ใหม่ หรือลบข้อมูลโจทย์เก่า ทำได้เพียงเพิ่มข้อมูลคำตอบ หรือลบข้อมูลผลลัพธ์ พร้อมกับต้องแทนที่ข้อมูลผลลัพธ์ใหม่ไปแทน กล่าวคือหากมีข้อมูลนำเข้าแล้ว ระบบจะไม่ยอมให้ข้อมูลผลลัพธ์ว่างเปล่า จะต้องแจ้งเตือนให้ตอบโจทย์เหล่านั้นให้ครบถ้วนเสมอ

อย่างไรก็ตาม โปรแกรมจำลองนี้เป็นเพียงตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมที่สร้างขึ้น เพื่อให้เห็นภาพการนำไปสร้างเป็นส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานต่อไป ดังนั้นอาจมีการปรับแก้ หรือสร้างส่วนต่างๆ เพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสมกับสถานการณ์การใช้งานจริง ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า โปรแกรมจำลองนี้ต้องอาศัยไฟล์ข้อมูลประกอบด้วย จึงต้องมีส่วนประสานงานที่เป็นเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า และเอกสารผลลัพธ์ ซึ่งจะอธิบายต่อไป



รูปที่ 29 ตัวอย่างหน้าต่างโปรแกรมสำหรับผู้ออกแบบระบบการผลิต

4.2.2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง

เอกสารจะถูกแบ่งเป็นสองส่วนหลัก แบ่งตามผู้ใช้งานที่เป็นผู้สามารถแก้ไขข้อมูลได้ นั้นคือ เอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า สำหรับผู้ประกอบการที่จะใส่ข้อมูลนำเข้าให้ระบบ และรายงานผลลัพธ์สำหรับผู้ออกแบบระบบการผลิตในการใส่ผลลัพธ์ที่สรุปได้จากการออกแบบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. เอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า

เอกสารส่วนนี้จะสร้างให้สอดคล้องกับโครงสร้างข้อมูลสองส่วน ได้แก่ ข้อมูลเป้าหมาย และข้อมูลแสดงขอบเขตของการออกแบบระบบการผลิต โดยในแต่ละส่วนควรมีการชี้แจงประกอบว่าต้องกรอกข้อมูลอย่างไร เพื่อช่วยให้ผู้ประกอบการเข้าใจ และทำให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ซึ่งได้แสดงตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้าไว้ ดังรูปที่ 30 31 32 33 34 และรูปที่ 35

1. ข้อมูลทั่วไป		
ชื่อโครงการ		
วันทำงานต่อสัปดาห์		วัน
เวลาทำงานต่อวัน		ชั่วโมง
เวลาพักกลางวัน		(วินาที , นาที , ชั่วโมง)
เวลาห้องน้ำโดยรวมต่อวัน		(วินาที , นาที , ชั่วโมง)
รอบเวลาที่สนใจ		(วัน , สัปดาห์ , เดือน , ปี)

รูปที่ 30 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า ส่วนที่ 1: ข้อมูลทั่วไป

2. เป้าหมาย					
สามารถเลือกตั้งเป้าหมายได้ 2 แบบ					
แบบที่ 1 : ให้คะแนนความสนใจในมิติตัวชี้วัดต่างๆ โดยแต่ละมิติตัวชี้วัดมีคะแนนเต็ม 100 คะแนน					
ชี้แจง: คะแนนจะถูกใช้เป็นเกณฑ์ชี้วัดของแต่ละตัวชี้วัดย่อยๆ ในมิติต่างๆ เท่ากันตามคะแนนที่ตั้งไว้ หากไม่สนใจให้เว้นว่างไว้					
มิติตัวชี้วัด					**คะแนน**
ด้านปริมาณ (Volume) : ปริมาณงานที่ทำได้เทียบกับความคุ้มค่าในการลงทุนหรือเสียทรัพยากรไป					
ด้านความไว (Agility) : ความเร็วในการจัดการตามแผน การตัดสินใจ หรือคำสั่งต่างๆ					
ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) : มีความยืดหยุ่นเผื่อไว้สำหรับการรับมือกับสถานการณ์ใหม่ได้					
ด้านความทนทาน (Robustness) : ทนต่อความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้น จากทั้งปัจจัยภายนอกและภายใน					
แบบที่ 2 : ตั้งตัวชี้วัดเป็นสิ่งที่อยากทำได้ หรือขอบเขตที่รับได้(Objectives or Constraints)					
ชี้แจง: หากเลือกเป็น Objective ไม่ต้องใส่ในช่องเกณฑ์ชี้วัด หากเลือกเป็น Constraint ให้ตั้งเป็นค่าที่ระบุขอบเขตที่รับได้					
ตัวชี้วัด	**เลือกการตั้งเป้าหมายอย่างใดอย่างหนึ่ง**			**เกณฑ์ชี้วัด**	**หน่วย**
โปรดใส่ตัวชี้วัดที่สนใจ	*โปรดทำเครื่องหมายถูกหน้าช่องที่เลือก*		*โปรดวงทิศทางที่แสดงว่าตัวชี้วัดมีค่าไปในทิศทางที่ดี*		
		Objective	(maximum , minimum)		
		Constraint	(>,≥,=,<,≤, อยู่ในช่วง)		
		Objective	(maximum , minimum)		
		Constraint	(>,≥,=,<,≤, อยู่ในช่วง)		
		Objective	(maximum , minimum)		
		Constraint	(>,≥,=,<,≤, อยู่ในช่วง)		

รูปที่ 31 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า ส่วนที่ 2: เป้าหมาย

3. ชิ้นงาน										
ชี้แจ้ง: หน่วยชิ้นงานสามารถเปลี่ยนตามความเหมาะสมกับความเป็นจริง ส่วนหน่วยเวลาควรเป็นหน่วย ชั่วโมง วัน สัปดาห์ เดือน หรือปี										
รหัส	ชื่อชิ้นงาน	ประเภท	กำลังการผลิตที่ต้องการ	(หน่วย/หน่วยเวลา)	ปริมาณสิ้นค้าต่อคำสั่งซื้อ	(หน่วย)	ความถี่ของคำสั่งซื้อ	(หน่วยเวลา)	ระยะเวลาจากจุดสั่งถึงกำหนดส่ง	(หน่วยเวลา)
		(RM , WIP , FG)								
		(RM , WIP , FG)								
		(RM , WIP , FG)								

RM คือ วัตถุดิบ (Raw Material)

WIP คือ งานระหว่างผลิต (Work in process)

FG คือ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Finished good)

รูปที่ 32 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า ส่วนที่ 3: ชิ้นงาน

4. กระบวนการ								
ชี้แจง: เวลาเสริม หมายถึง เวลานอกเนื่องจากการผลิต และจำนวนรอบผลิตต่อครั้งที่เกิดเวลาเสริม เช่น ขนย้ายชิ้นงานครั้งละ20 นาที แล้วทำได้ 360 รอบการผลิตจึงจะไปขนย้ายใหม่								
รหัส	ชื่อกระบวนการ	เวลาเสริม/ครั้ง	หน่วยเวลา	จำนวนรอบการผลิต/ครั้ง	ของเข้า		ของออก	
					รหัสชิ้นงาน	จำนวน	รหัสชิ้นงาน	จำนวน
			(วินาที , นาที , ชั่วโมง)					
			(วินาที , นาที , ชั่วโมง)					
			(วินาที , นาที , ชั่วโมง)					

รูปที่ 33 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า ส่วนที่ 4: กระบวนการ

5. ทรัพยากรการผลิต								
ชี้แจง: ทรัพยากรการผลิตนี้หมายถึง เครื่องจักร รวมถึงคน ที่ทำหน้าที่ผลิตแต่ละกระบวนการ ในส่วนเวลาเผื่อหากไม่ใส่ค่าเวลาจะถือว่าเผื่อเป็นร้อยละ 10 ของเวลาที่ใช้								
รหัส	ชื่อทรัพยากร	ราคาต่อหน่วย	จำนวนที่มีอยู่	รหัสกระบวนการที่ทำได้	เวลาที่ใช้ทำต่อรอบ	หน่วยเวลา	เวลาเผื่อต่อรอบ	หน่วยเวลาหรือ%
						(วินาที , นาที , ชั่วโมง)		
						(วินาที , นาที , ชั่วโมง)		
						(วินาที , นาที , ชั่วโมง)		

รูปที่ 34 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า ส่วนที่ 5: ทรัพยากรการผลิต

5. ทรัพยากรการผลิต - เวลาปรับตั้ง					
ชี้แจง: ถ้าปรับเพื่อเปลี่ยนจากกระบวนการหนึ่งไปอีกกระบวนการหนึ่ง ให้ใส่รหัสเดียวกันทั้งตั้งต้นและปลายทาง ปรับทุกรอบก่อนเริ่มทำกระบวนการนั้น แม้ไม่เปลี่ยนจากกระบวนการอื่น					
รหัสทรัพยากร	รหัสกระบวนการ		เวลาปรับตั้งต่อครั้ง	หน่วยเวลา	ราคาต่อครั้ง
	กระบวนการตั้งต้น	กระบวนการปลายทาง		(วินาที , นาที , ชั่วโมง)	

รูปที่ 35 ตัวอย่างเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า
ส่วนขยายของส่วนที่ 5: ทรัพยากรการผลิต – เวลาปรับตั้ง

2. รายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต

รายงานผลลัพธ์จะแบ่งตามโครงสร้างข้อมูลเช่นกัน ซึ่งจะอ้างอิงตามข้อมูลส่วนคำตอบของการออกแบบระบบการผลิต ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงความสะดวกในการกรอกของผู้ออกแบบด้วย ซึ่งอาจเป็นอัลกอริทึมในการออกแบบ ดังนั้นอาจมีส่วนที่ช่วยในการแปลงข้อมูลจากตัวอัลกอริทึมให้กลายเป็นสรุปตามรายงานได้ โดยผู้ออกแบบการผลิตไม่ต้องมีกรอกเองซ้ำ ซึ่งตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต แสดงดังรูปที่ 36 37 38 39 40 41 42 43 44 และรูปที่ 45

ผลลัพธ์ - สรุปภาพรวม		
ชื่อโครงการ		
รอบเวลาที่สนใจ		(วัน , สัปดาห์ , เดือน , ปี)
รอบเวลาที่ผลิตสินค้าทุกชนิดที่มีครบถ้วน		(วัน , สัปดาห์ , เดือน , ปี)

รูปที่ 36 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 1: สรุปภาพรวม

กำลังการผลิตสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์		
ชื่อผลิตภัณฑ์	จำนวนที่ทำได้ต่อรอบเวลาที่สนใจ	กำลังการผลิตที่ยังเหลือต่อรอบเวลาที่สนใจ

รูปที่ 37 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต
ส่วนที่ 1: สรุปภาพรวม (ส่วนที่ 1.1: กำลังการผลิตสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์)

จำนวนทรัพยากรการผลิตขั้นต่ำ			
ชื่อทรัพยากร	**จำนวนขั้นต่ำที่ต้องมี**	**มีอยู่แล้ว**	**ต้องจัดซื้อ/จ้างเพิ่ม**

รูปที่ 38 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต
ส่วนที่ 1: สรุปภาพรวม (ส่วนที่ 1.2: จำนวนทรัพยากรการผลิตขั้นต่ำ)

ผลลัพธ์ - การประเมินผลตามเกณฑ์					
ผลการประเมินแบบที่ 1					
มิติตัวชี้วัด				เกณฑ์	คะแนนที่ทำได้
ด้านปริมาณ (Volume) : ปริมาณงานที่ทำได้เทียบกับความคุ้มค่าในการลงทุนหรือเสียทรัพยากรไป					
ด้านความไว (Agility) : ความเร็วในการจัดการตามแผน การตัดสินใจ หรือคำสั่งต่างๆ					
ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) : มีความยืดหยุ่นเผื่อไว้สำหรับการรับมือกับสถานการณ์ใหม่ได้					
ด้านความทนทาน (Robustness) : ทนต่อความแปรปรวนที่อาจเกิดขึ้น จากทั้งปัจจัยภายนอกและภายใน					
ผลการประเมินแบบที่ 2					
ตัวชี้วัด	Objective หรือ Constraint		เกณฑ์	ผลที่ทำได้	หน่วย
	Objective	(maximum , minimum)			
	Constraint	(> , ≥ , < , ≤)			
	Objective	(maximum , minimum)			
	Constraint	(> , ≥ , < , ≤)			
	Objective	(maximum , minimum)			
	Constraint	(> , ≥ , < , ≤)			

รูปที่ 39 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 2: การประเมินผลตามเกณฑ์ (ส่วนที่ 2.1: ผลการประเมินแบบที่ 1 และผลการประเมินแบบที่ 2)

ความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการสินค้า				
ชื่อผลิตภัณฑ์	ทันหรือไม่ทัน	เหตุผลถ้าทำไม่ทัน	รอบเวลาที่ทำทัน	หน่วยเวลา
	(ทัน, ไม่ทัน)			(วัน , สัปดาห์ , เดือน , ปี)
	(ทัน, ไม่ทัน)			(วัน , สัปดาห์ , เดือน , ปี)
	(ทัน, ไม่ทัน)			(วัน , สัปดาห์ , เดือน , ปี)

รูปที่ 40 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 2: การประเมินผลตามเกณฑ์ (ส่วนที่ 2.2: ความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการสินค้า)

ผลลัพธ์ - หน้าที่ของแต่ละสถานีงาน							
หน่วยเวลาของเวลาที่ใช้ต่อรอบและเวลาเผื่อต่อรอบ				(วินาที , นาที , ชั่วโมง)			
รหัสสถานีงาน	ชื่อทรัพยากร	จำนวนทรัพยากรในสถานีงาน	กระบวนการที่ถูกมอบหมาย	ทำกระบวนการเพื่อผลิตภัณฑ์ใด	จำนวนรอบผลิตสำหรับกระบวนการนี้	เวลาที่ใช้ทำต่อรอบ	เวลาเผื่อต่อรอบ

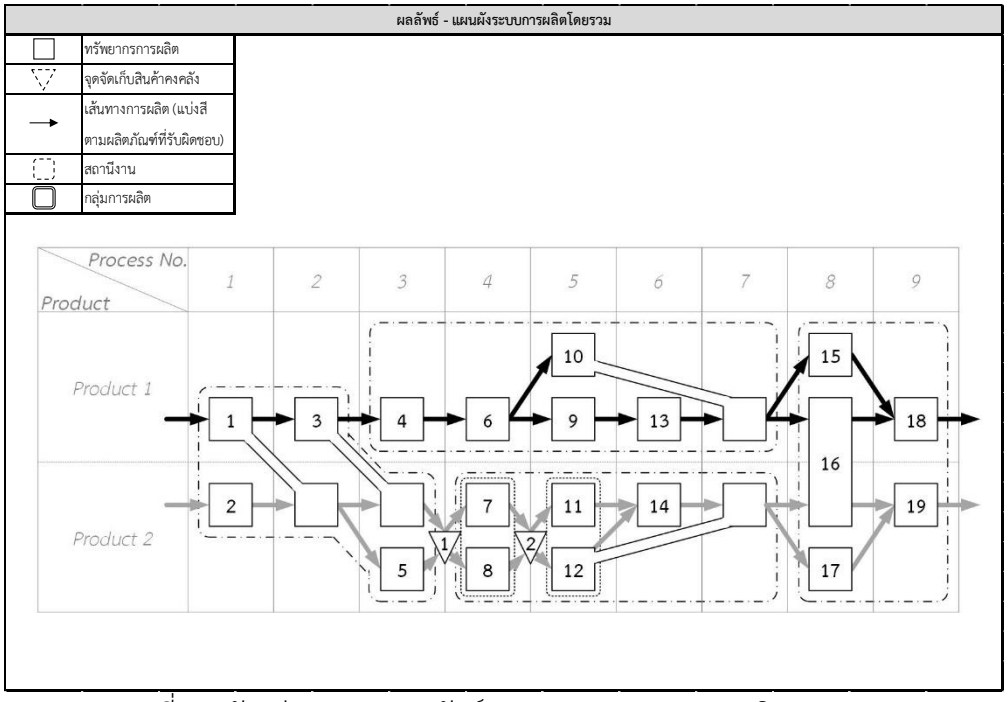
รูปที่ 41 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 3: หน้าที่ของแต่ละสถานีงาน

ผลลัพธ์ - ขีดจำกัดในการปรับตั้ง		
ชี้แจง: เลขที่ทรัพยากรอ้างตามจำนวนทรัพยากรจริง ไม่ใช่รหัสทรัพยากร		
ชื่อทรัพยากร	เลขที่ทรัพยากร	จำนวนรอบการปรับตั้งมากสุดที่ทำได้

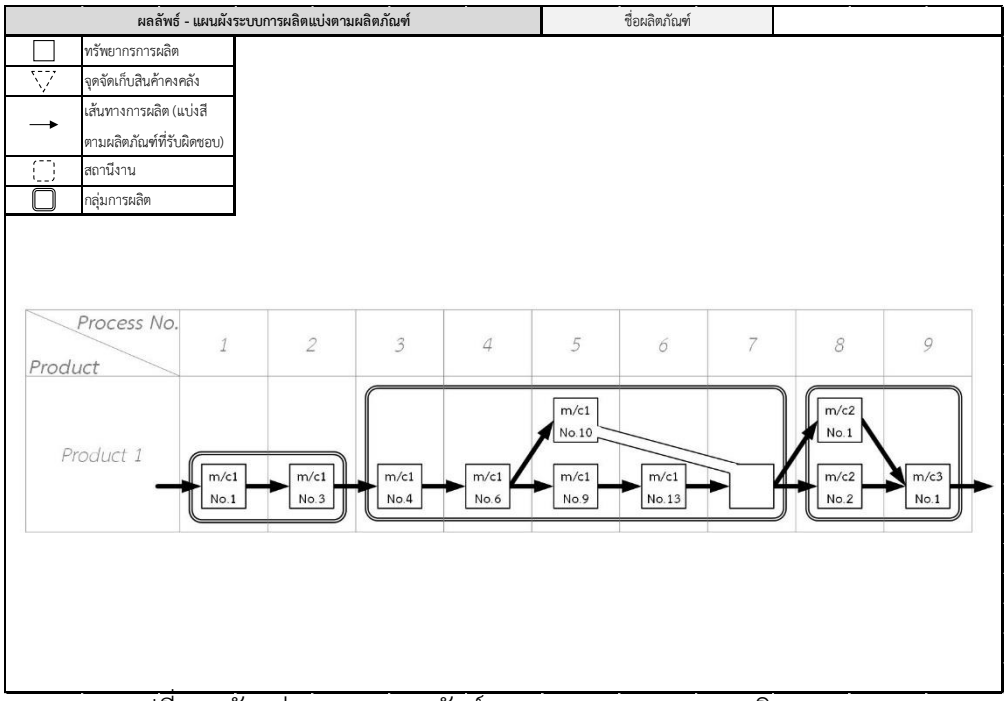
รูปที่ 42 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 4: ขีดจำกัดในการปรับตั้ง

ผลลัพธ์ - จุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง				
รหัสจุดจัดเก็บ	ชิ้นงานที่ต้องจัดเก็บ	รหัสสถานีงานที่ส่งชิ้นงานเข้าจุดจัดเก็บ	รหัสสถานีงานที่จุดจัดเก็บกระจายชิ้นงานไป	ปริมาณชิ้นงานขั้นต่ำที่ต้องเก็บ

รูปที่ 43 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต ส่วนที่ 5: จุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง



รูปที่ 44 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต
ส่วนที่ 6.1: แผนผังระบบการผลิตโดยรวม



รูปที่ 45 ตัวอย่างรายงานผลลัพธ์การออกแบบระบบการผลิต
ส่วนที่ 6.2: แผนผังระบบการผลิตแบ่งตามผลิตภัณฑ์

5 การทดลองใช้งานกับกรณีศึกษา

จากส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้กล่าวมา นั้นคือ องค์ประกอบของระบบการผลิต หลักการออกแบบระบบการผลิต มิติชี้วัดของระบบการผลิต และส่วนสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต เป็นส่วนประกอบที่จำเป็นต้องมี เพื่อให้เกิดการดำเนินกิจกรรมตามกรอบการออกแบบระบบการผลิตครบถ้วน เพื่อให้แน่ใจว่ากรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้จะนำไปใช้งานได้จริง และเป็นตัวอย่างในการนำไปใช้งานต่อไป จึงได้ทำการทดลองใช้งานกรอบนี้กับกรณีศึกษา โดยดำเนินตามกิจกรรมหลักที่ได้กล่าวไว้ ตั้งแต่การควบคุม การออกแบบ และการประเมินผล จนได้ระบบการผลิตที่เป็นผลลัพธ์สุดท้าย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การควบคุม

การควบคุมในที่นี้ ต้องอาศัยส่วนประกอบของกรอบการออกแบบระบบการผลิต คือ มิติชี้วัดของระบบการผลิต ประกอบกับส่วนสนับสนุนการออกแบบระบบการผลิต โดยการรวบรวมข้อมูลตามโครงสร้างข้อมูล ในส่วน*ข้อมูลเป้าหมาย* และ*ข้อมูลแสดงขอบเขตของการออกแบบระบบการผลิต* ซึ่งต้องอาศัยการสอบถามข้อมูลจากผู้ประกอบการ ทั้งนี้ได้เก็บข้อมูลโดยใช้*เอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า* เป็นส่วนประสานกับผู้ใช้งาน ตามตัวอย่างที่นำเสนอไป

กรณีศึกษานี้มีเป้าหมายหลัก คือ การเพิ่มกำลังการผลิตจากเดิมที่สามารถผลิตได้ 7,000 ชิ้น/วัน เป็น 10,000 ชิ้น/วัน นั้นคือการให้ความสนใจ*มิติชี้วัดด้านปริมาณ* และเป็นการตั้งเป้าหมายโดยมีการกำหนดเกณฑ์ของระบบการผลิตที่ดี โดยใช้กำลังการผลิตเป็นตัวชี้วัด ซึ่งตรงส่วนนี้จะเป็นข้อมูลที่ควบคุมการออกแบบต่อจากนี้ และจะเป็นเกณฑ์ในการประเมินระบบการผลิตในส่วนสุดท้าย โดยที่ผู้ประกอบการจะไม่ได้บอกว่ามิติชี้วัดด้านอื่นๆ มีความสนใจอย่างไร แต่ส่วนการออกแบบและประเมินผลจะต้องมีการตั้งเป็นค่าตั้งต้นไว้ (default) เพื่อไม่ให้เกิดการละเลยส่วนที่ไม่ได้กล่าวถึง

จากนั้นจึงทำการสอบถามรายละเอียดของการผลิต ซึ่งถือว่าเป็นข้อมูลระดับบริหาร ที่มีรายละเอียดอยู่แล้ว เช่น เวลาการเข้างานของพนักงานที่กำหนดไว้ ทำการตัดสินใจแล้วว่าจะผลิตอะไร โดยผ่านกระบวนการอย่างไร ซึ่งต้องบอกได้ว่าจะมีการแปรรูปเป็นขั้นเป็นตอนจากวัตถุดิบ เป็นงานระหว่างผลิต จนเสร็จเป็นผลิตภัณฑ์ เครื่องจักรที่ผ่านการเลือกเชิงคุณภาพ ว่ามีคุณสมบัติตรงตามนโยบายระดับบริหารที่ตั้งไว้ รวมถึงจำนวนที่มีอยู่แล้ว และความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรนั้นๆ ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดเป็นส่วนข้อมูลได้ดังนี้

- พนักงานทุกคนต้องทำงาน 6 วัน/สัปดาห์ โดยมีเวลาทำงาน 10 ชั่วโมง/วัน
- เวลาพักของพนักงานแต่ละคน ทั้งรับประทานอาหาร ไปสุขา และอื่นๆ รวมเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง/วัน
- ผลิตภัณฑ์มี 6 ขนาด ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการปรับตั้งเครื่องจักรที่ต่างกันได้เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก และผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่

- ในหนึ่งสัปดาห์ ควรจะสามารถผลิตได้ครบทั้ง 6 ผลิตภัณฑ์ได้ แต่จะผลิตอะไรเสร็จเวลาใดในสัปดาห์นั้น ขึ้นอยู่กับคำสั่งซื้อ ซึ่งคำสั่งซื้อจะถูกสรุปทุกต้นสัปดาห์ เปลี่ยนไปเรื่อยๆ ว่าสัปดาห์นั้นจะต้องผลิตสินค้าชนิดใดได้จำนวนเท่าไร และกำหนดส่งเมื่อใดบ้าง
- ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดต้องผ่านกระบวนการ 9 กระบวนการ ซึ่งได้ออกแบบกระบวนการไว้พร้อมกับเครื่องจักรที่เลือกแล้วว่าต้องใช้ชนิดใดบ้าง เพื่อดำเนินกระบวนการตามที่ออกแบบไว้ได้ ทั้งนี้ แม้จะมี 9 กระบวนการ แต่ถือว่ามี 18 กระบวนการ เนื่องจากแบ่งเป็น 9 กระบวนการสำหรับกลุ่มผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก และกลุ่มผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่
- เครื่องจักรที่เลือกใช้งานมี 3 ชนิด ซึ่งมีความสามารถในการทำงานที่ต่างกัน
  - เครื่องจักรชนิด A สามารถใช้ดำเนินกระบวนการหมายเลข 1 ถึง 7 ได้
  - เครื่องจักรชนิด B สามารถใช้ดำเนินกระบวนการหมายเลข 8 ได้
  - เครื่องจักรชนิด C สามารถใช้ดำเนินกระบวนการหมายเลข 9 ได้
- แม้ว่าจะมีเครื่องจักรที่ทำหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งกระบวนการ แต่ไม่จำเป็นที่จะต้องทำทุกกระบวนการในเครื่องเดียว สามารถเครื่องจักรรูปแบบหนึ่งๆ หลายเครื่องจักร เพื่อกระจายงาน เช่น เครื่องจักรชนิด A ไม่จำเป็นต้องทำตั้งแต่กระบวนการหมายเลข 1 ถึง 7 ด้วยเครื่องเดียว สามารถแบ่งเป็นเครื่องจักรชนิด A ที่ทำกระบวนการหมายเลข 1 ถึง 3 เครื่องจักรชนิด A ที่ทำกระบวนการ 4 ถึง 7 เป็นต้น กระจายงานอาจเกิดขึ้น เนื่องจากต้องคำนึงถึงการปรับตั้งเครื่องจักร ที่เกิดทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนกระบวนการ หรือเปลี่ยนกลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ผลิต ระหว่างขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ ซึ่งต้องทราบเวลาในการปรับตั้งเหล่านั้น
- ก่อนเริ่มทำงานกระบวนการใดๆ จะต้องมีการยกชิ้นงานมาเตรียมก่อน เป็นลังใส่ชิ้นงานจำนวนหนึ่ง ก่อนจะเริ่มผลิตจนหมดลัง แล้วจึงยกลังใหม่มา ต้องระบุเป็นเวลาเสริมสำหรับทำงานแต่ละรอบการผลิต
- เวลาในการผลิตแต่ละกระบวนการ เพื่อกลุ่มผลิตภัณฑ์แต่ละกลุ่ม ก็ต้องระบุได้ โดยใช้ค่าที่เป็นตัวแทนเวลาผลิต แต่ต้องมีการเผื่อความแปรปรวนของเวลาในการผลิต เป็นเวลาเผื่อด้วย หรือถ้าเป็นไปได้ ต้องทำการเก็บข้อมูลการทำงานจริง เพื่อหาเวลาในการผลิตที่เหมาะสม และเวลาเผื่อที่เหมาะสม
- เครื่องจักรดังกล่าวมีอยู่แล้วจำนวนหนึ่ง ซึ่งมีหน้าที่เดิมอยู่ แต่สามารถปรับการมอบหมายหน้าที่ และเส้นทางการผลิตได้ และสามารถซื้อเครื่องจักรเพิ่มได้ แต่ต้องเป็นสามชนิดเดิมที่ใช้อยู่ เพื่อไม่ต้องเปลี่ยนวิธีการทำงาน และสามารถใช้อะไหล่เดิมที่ใช้อยู่ได้
  - เครื่องจักรชนิด A จำนวน 22 เครื่อง
  - เครื่องจักรชนิด B จำนวน 2 เครื่อง

- เครื่องจักรชนิด C จำนวน 2 เครื่อง

5.2 การออกแบบและการประเมิน

ข้อมูลที่ได้จะถูกจัดอยู่ในรูปแบบ*ข้อมูลมาตรฐาน* ตามที่ได้อธิบายไปในส่วนโครงสร้างข้อมูล และนำส่งไปให้ผู้ออกแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับการออกแบบ โดยข้อมูลจะมีการส่งต่อกัน เพื่อให้เกิดการออกแบบตามหลักการการออกแบบ ทุกส่วนต้องถูกควบคุมด้วยข้อมูลเป้าหมายเดียวกัน แต่ข้อมูลอื่นๆ แต่ละส่วนจะรับข้อมูลต่างกันไป นำไปใช้ต่างกันไป โดยจะต้องมีการส่งข้อมูลระหว่างส่วนด้วย เพื่อให้เกิดการปรับปรุงคำตอบ ดังนี้

1. การออกแบบกำลังการผลิต รอบที่ 1

แน่นอนว่าข้อมูลเป้าหมายส่งผลต่อการออกแบบ โดยจะต้องเลือกจำนวนเครื่องจักรให้พอต่อกำลังการผลิตที่ต้องการ สำหรับทุกกระบวนการ ส่วนข้อมูลอื่นๆ โดยต้องทราบว่าแต่ละผลิตภัณฑ์ต้องผ่านกระบวนการใดบ้าง จากนั้นจึงคำนวณว่าแต่ละกระบวนการควรมีกำลังการผลิตเท่าไร เพื่อแต่ละผลิตภัณฑ์ จากนั้นจึงคำนวณว่าจะต้องใช้เครื่องจักรชนิดใด จำนวนเท่าไร โดยเวลาผลิต เวลาเผื่อ เวลาปรับตั้ง และเวลาเสริม รวมแล้วต้องไม่เกินเวลาที่กำหนดไว้ นั้นคือหนึ่งสัปดาห์ ต้องสามารถผลิตได้จำนวนที่กำหนดไว้

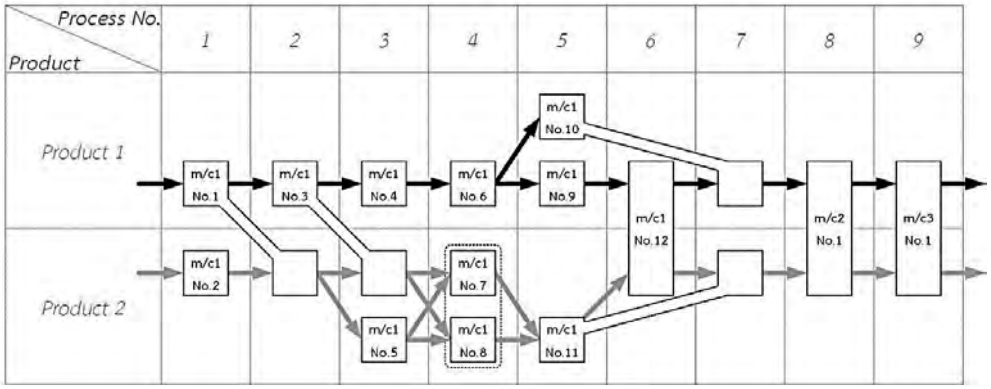
ทั้งนี้จะยังไม่ทราบเวลาปรับตั้งที่จะเกิดขึ้นจริง จนกว่าจะมีการจัดเส้นทางการผลิตจริง ซึ่งจะทราบว่าแต่ละเครื่องจักรเกิดการปรับตั้งจากการรับผิดชอบงานมากกว่าหนึ่งงานหรือไม่ ทั้งนี้อาจใช้อัลกอริทึมที่ประมาณเวลาปรับตั้งก่อนก็ได้ หรือไม่ต้องพิจารณาเวลาปรับตั้งเลยในครั้งแรก เพื่อจัดสรรเส้นทางการผลิตให้ทราบข้อมูลจากการจำลองการผลิตก่อนก็ได้ ในที่นี้ได้เลือกอัลกอริทึมที่ไม่ประมาณเวลาปรับตั้งในครั้งแรก แต่ถือเป็นเพียงข้อมูลเริ่มต้นในการออกแบบ แต่ไม่ใช่จำนวนเครื่องจักรที่เป็นคำตอบสุดท้าย ซึ่งในการออกแบบรอบแรกนี้ การออกแบบกำลังการผลิตจะให้ผลลัพธ์ว่ามีจำนวนเครื่องจักรแต่ละชนิดจำนวนเท่าไร ดังนี้

- เครื่องจักรชนิด A จำนวน 12 เครื่อง
- เครื่องจักรชนิด B จำนวน 1 เครื่อง
- เครื่องจักรชนิด C จำนวน 1 เครื่อง

2. การออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 1

ข้อมูลเป้าหมายและขอบเขตการออกแบบระบบการผลิตต้องใช้ในส่วนนี้เช่นกัน แต่ที่เพิ่มเติมมาคือ การออกแบบส่วนนี้จะรับคำตอบจากการออกแบบกำลังการผลิตรอบแรกมาด้วย เพื่อจัดสรรว่าจะมีการส่งต่องานจากเครื่องจักรใด ไปสู่เครื่องจักรใด และทำเพื่อการผลิตสินค้าชนิดใด โดยจะต้องคำนึงถึงเวลาปรับตั้งที่เกิดขึ้น และได้ผลดังรูปที่ 46 ทั้งนี้พบว่าจำนวนเครื่องจักรจากการออกแบบกำลังการผลิตรอบแรก ไม่มีทางจัดสรรให้เกิดการผลิตตามกำลังการผลิตที่คาดหวังได้ เนื่องจากมีเวลาปรับตั้งมากจนทำให้เวลาโดยรวมนานออกไป

จากที่การออกแบบกำลังการผลิตพิจารณาไว้ จึงต้องสรุปเป็นเวลาปรับตั้งที่ประมาณได้ เพื่อใช้ในการออกแบบกำลังการผลิตใหม่



รูปที่ 46 คำตอบของการออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 1

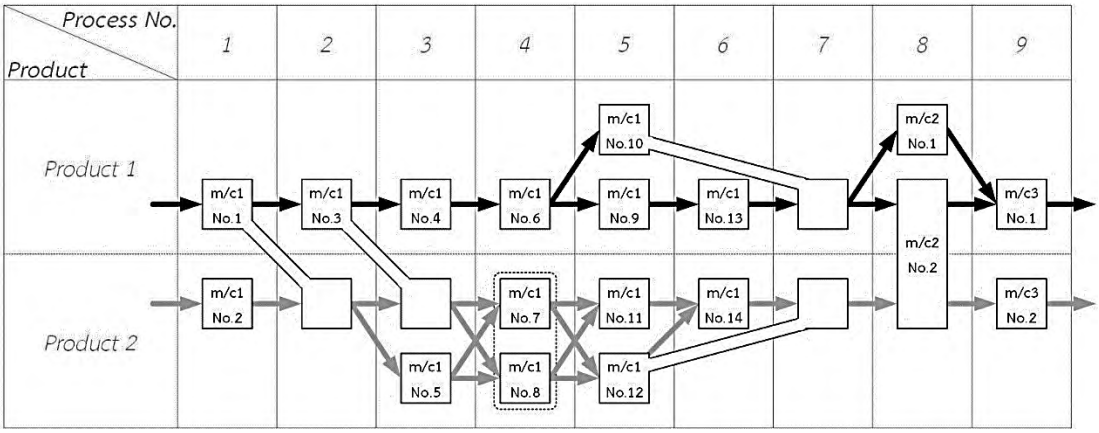
3. การออกแบบกำลังการผลิต รอบที่ 2

การออกแบบกำลังการผลิตรอบนี้จะต้องเผื่อกำลังการผลิตเป้าหมายให้มากกว่าเดิม เพื่อชดเชยเวลาปรับตั้งที่เกิดขึ้น ซึ่งทำให้มีการเพิ่มจำนวนเครื่องจักร ให้เกิดการกระจายภาระงาน ถือว่าเป็นการคำนึงถึงการใช้งานจริงเมื่อมีเส้นทางการผลิต ว่าได้เผื่อการปรับตั้งที่จะเกิดขึ้นแล้ว แล้วเมื่อได้คำตอบของจำนวนเครื่องจักรใหม่ จึงส่งไปให้ออกแบบเส้นทางการผลิตใหม่

- เครื่องจักรชนิด A จำนวน 14 เครื่อง
- เครื่องจักรชนิด B จำนวน 2 เครื่อง
- เครื่องจักรชนิด C จำนวน 2 เครื่อง

4. การออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 2

ในรอบนี้การออกแบบเส้นทางการผลิตสามารถผลิตได้ตามกำลังการผลิตที่คาดไว้แล้ว ดังนั้นจึงสรุปเป็นเส้นทางการผลิต ว่ามีการส่งชิ้นงานอะไร จากเครื่องจักรใด ไปสู่เครื่องจักรใด เพื่อผลิตภัณฑ์ชนิดใด ซึ่งจะสามารถสรุปเป็นสถานีงานได้ว่าเครื่องจักรใดรับหน้าที่เดียวกันบ้าง ดังแสดงในรูปที่ 47

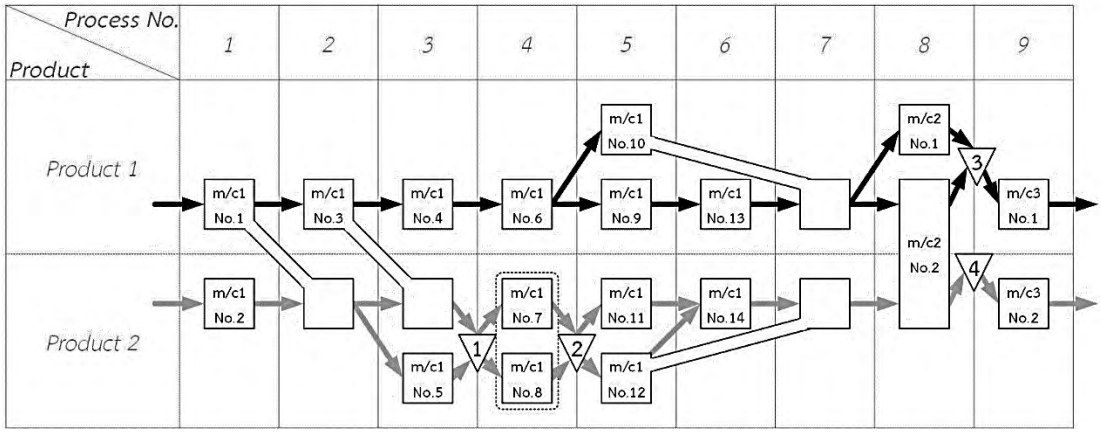


รูปที่ 47 คำตอบของการออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 2

5. การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง รอบที่ 1

เส้นทางการผลิต และสถานีงานที่ได้จากส่วนการออกแบบเส้นทางการผลิต จะเป็นขอบเขตในการออกแบบของการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง เพิ่มเติมจากข้อมูลเป้าหมายที่ควบคุมอยู่ และขอบเขตการออกแบบตั้งต้น ซึ่งการออกแบบตำแหน่งจุดจัดเก็บนั้นจะต้องอยู่บนเส้นทางการผลิตที่กำหนดไว้นั้นเอง พร้อมกันนั้นข้อมูลในส่วนพฤติกรรมของคำสั่งซื้อจะต้องคำนึงถึงความแปรปรวนที่เกิดขึ้นด้วย ซึ่งจากที่ผู้ประกอบการไม่สามารถให้ข้อมูลคำสั่งซื้อเก่าได้มากพอที่จะวิเคราะห์พฤติกรรมของคำสั่งซื้อ อัลกอริทึมในส่วนการออกแบบนี้จึงต้องคาดการสถานการณ์ที่อาจเกิดขึ้นจริง และสร้างพฤติกรรมของคำสั่งซื้อ เพื่อออกแบบให้รองรับความแปรปรวนเหล่านั้นได้

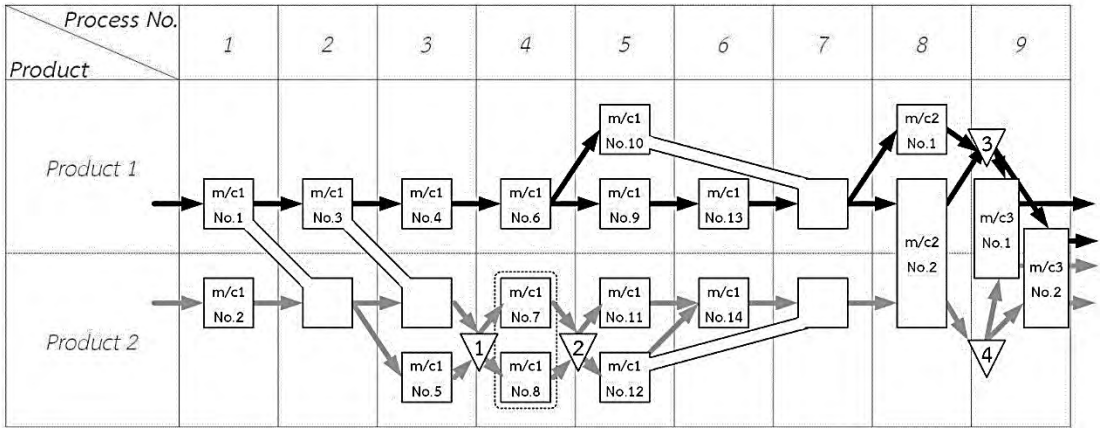
เมื่อพิจารณารูปแบบคำสั่งซื้อที่อาจเกิดขึ้นแล้ว การประเมินพบว่า การวางตำแหน่งจุดจัดเก็บที่ 3 และ 4 ดังรูปที่ 48 และมีจำนวนจัดเก็บสูงที่สุดที่ทำได้ ก็ไม่สามารถชดเชยอัตราเร็วที่ทำไม่ทันได้ กล่าวได้ว่าไม่สามารถทำตามกำลังการผลิตที่คาดหวังได้เมื่อพิจารณาความแปรปรวน ดังนั้นแสดงว่าต้องทบทวนการออกแบบเส้นทางการผลิตอีกครั้ง พร้อมกับรับข้อมูลว่า มีเวลาการปรับตั้งที่เกิดขึ้นจากการทำงานจริงเป็นเท่าไร เพื่อให้เกิดการเผื่อกำลังการผลิตที่คาดหวังเพิ่มในการออกแบบเส้นทางการผลิตใหม่อีกครั้ง



รูปที่ 48 คำตอบของการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง รอบที่ 1

6. การออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 3

เมื่อทำการออกแบบซ้ำในส่วนนี้ โดยมีการกำหนดว่ากำลังการผลิตที่คาดหวังมากกว่าเดิม จะทำให้การออกแบบส่วนนี้โดยลดการใช้เครื่องจักรร่วมกันในการทำหลายหน้าที่ลง เพื่อให้เกิดการปรับตั้งน้อยลง ได้ผลดังรูปที่ 49 ซึ่งพบว่าไม่สามารถทำได้ภายใต้จำนวนเครื่องจักรเดิมที่ออกแบบไว้ จึงต้องส่งต่อกลับไปยังการออกแบบกำลังการผลิตใหม่



รูปที่ 49 คำตอบของการออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 3

7. การออกแบบกำลังการผลิต รอบที่ 3

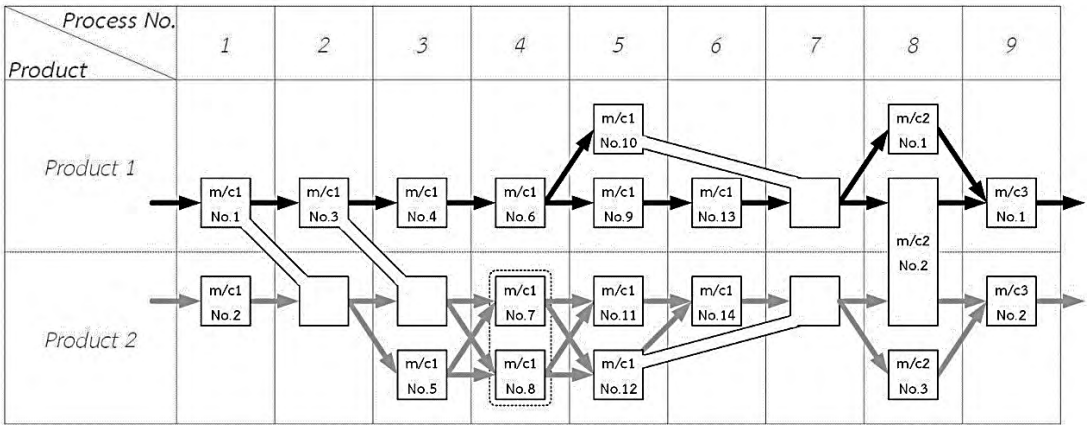
จากกำลังการผลิตที่คาดหวังที่เพิ่มขึ้น จากการที่เผื่อให้เกิดเวลาปรับตั้งเมื่อมีความแปรปรวนของคำสั่งซื้อ ซึ่งจะทำให้จำนวนเครื่องจักรเพิ่มขึ้นอีก โดยสังเกตว่า หากสามารถทราบ หรือมีอัลกอริทึมที่ประมาณเวลาปรับตั้งเพื่อออกแบบกำลังการผลิตได้ตั้งแต่แรก จะช่วยให้จำนวนครั้งการออกแบบใหม่น้อยลงได้ อย่างไรก็ตาม เมื่ออัลกอริทึมที่เลือกใช้ไม่

สามารถทำเช่นนั้นได้ และไม่มีข้อมูลที่ประมาณเวลาปรับตั้งได้ก่อน จึงเกิดการออกแบบซ้ำ ซึ่งคำตอบของจำนวนเครื่องจักรจะถูกส่งไปออกแบบเส้นทางการผลิตใหม่อีกครั้ง

- เครื่องจักรชนิด A จำนวน 14 เครื่อง
- เครื่องจักรชนิด B จำนวน 3 เครื่อง
- เครื่องจักรชนิด C จำนวน 2 เครื่อง

8. การออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 4

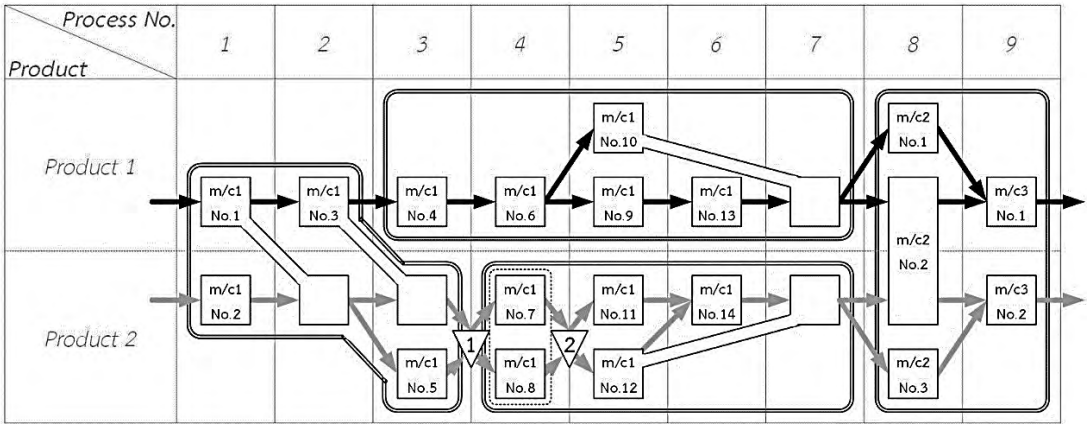
ภายใต้ขอบเขตใหม่ นั้นคือจำนวนเครื่องจักรที่เพิ่มขึ้น และกำลังการผลิตที่คาดหวังที่ถูกประมาณให้สูงขึ้นเพื่อแทนเวลาปรับตั้ง จะทำให้ได้เส้นทางการผลิตที่เปลี่ยนไป สถานีงานที่เปลี่ยนไป ดังรูปที่ 50 เป็นคำตอบใหม่ที่จะถูกส่งต่อให้เกิดการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังอีกครั้ง



รูปที่ 50 คำตอบของการออกแบบเส้นทางการผลิต รอบที่ 4

9. การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง รอบที่ 2

เมื่อมีเส้นทางการผลิตใหม่แล้ว จึงทำการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังใหม่อีกครั้ง โดยจะเหลือจุดจัดเก็บเพียง 2 จุด ซึ่งครั้งนี้ เมื่อประเมินพร้อมกับพิจารณาความแปรปรวนของพฤติกรรมของคำสั่งซื้อ พบว่าสามารถทำตามกำลังการผลิตที่ตั้งเป้าหมายไว้ได้ ดังนั้นจึงสามารถสรุปเป็นคำตอบสุดท้ายได้ดังรูปที่ 51 ซึ่งสามารถสรุปได้แล้วว่า สุดท้ายนี้มีสถานีงานและจุดจัดเก็บใดอยู่ในกลุ่มการผลิตเดียวกันบ้าง เป็นคำตอบสุดท้าย



รูปที่ 51 คำตอบของการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง รอบที่ 2

5.3 การสรุปผล

จากคำตอบของการออกแบบกำลังการผลิต การออกแบบเส้นทางการผลิต และการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง ที่เป็นคำตอบสุดท้าย จะสามารถบอกได้ว่าต้องมีเครื่องจักรแต่ละชนิดจำนวนเท่าใด และมีเส้นทางการผลิตอย่างไร และต้องมีการเก็บชิ้นงานใดที่ตำแหน่งใดบ้าง พร้อมจำนวนขั้นต่ำที่ต้องเก็บ ซึ่งผู้ประกอบการสนใจว่าจะต้องซื้อเครื่องจักรเพิ่มหรือไม่ ทั้งนี้การออกแบบที่ผ่านมาจะไม่ได้คำนึงจากเดิมที่มีอยู่ แต่จะนำคำตอบที่ได้มาเปรียบเทียบกับจำนวนเครื่องจักรที่มีอยู่ ว่ามีต้องซื้อเพิ่มหรือไม่ หรือมีเครื่องจักรชนิดใดที่เกินความจำเป็นหรือไม่ ดังนั้นจึงสรุปเน้นประเด็นนี้ โดยรายละเอียดดังนี้

- เครื่องจักรชนิด A ไม่จำเป็นต้องซื้อเพิ่มโดยสามารถใช้เพียง 14 เครื่อง จากที่มีอยู่ 22 เครื่อง ดังนั้นจำนวนที่เกิดจากจำเป็น ถือว่าเป็นกำลังการผลิตที่เผื่อไว้เมื่อเกิดเหตุการณ์ที่เกินจากที่คาดการณ์ไว้ได้
- เครื่องจักรชนิด B ต้องเพิ่มจากเดิมที่มีอยู่ 2 เครื่อง เป็น 3 เครื่อง
- เครื่องจักรชนิด C มีจำนวน 2 เครื่องเป็นจำนวนที่เหมาะสมอยู่แล้ว

จากจำนวนเครื่องจักรที่ต้องซื้อเพิ่ม จะเป็นต้นทุนในการสร้างระบบการผลิตที่เพิ่มขึ้น ในส่วนนี้หากผู้ประกอบการไม่สามารถยอมรับต้นทุนที่สูงได้ จะสามารถตั้งเป็นเกณฑ์ใหม่ด้านต้นทุน ที่ไม่ควรเกินจากงบประมาณ แล้วออกแบบการผลิตใหม่ เพื่อเป็นคำตอบอีกกรณีมาเปรียบเทียบ แล้วจึงให้ผู้ประกอบการพิจารณาใหม่ก็ได้

ทั้งนี้จะต้องประกอบกับการมอบหมายหน้าที่ เส้นทางการผลิต และจุดจัดเก็บพัสดุคงคลังตามที่ได้ออกแบบไว้ จึงจะเหมาะสมกับเครื่องจักรจำนวนดังกล่าว นอกจากนี้จะต้องสรุปว่านี้คือการพิจารณาภายในเวลาหนึ่งสัปดาห์ ซึ่งจากสถานการณ์ปกติที่ใช้อ้างอิง สามารถทำตามกำลังการผลิตที่เป็นเป้าหมายได้เสร็จก่อนครบเวลาหนึ่งสัปดาห์ ดังนั้นต้องบอกว่าในหนึ่งสัปดาห์นั้นสามารถวาง

แผนการผลิตให้เกิดการปรับตั้งได้สูงสุดกี่รอบ ในแต่ละสถานีงาน ซึ่งจะช่วยให้การวางแผนการผลิตหลังจากนี้มีข้อมูลเพื่อใช้ในการตัดสินใจได้ดีขึ้น เพื่อรองรับความแปรปรวนของคำสั่งซื้อที่มีแนวโน้มไปทางปริมาณมากกว่าปกติ หรือมีความถี่สูงกว่าปกติ

ทั้งผลลัพธ์ที่ต้องทราบเพื่อสร้างระบบการผลิต และผลการดำเนินการที่จะได้จากระบบการผลิตที่นำเสนอจะถูกสรุปเป็นข้อมูลในเชิงลายลักษณ์อักษร และแผนผังที่อธิบายด้วยสัญลักษณ์ ซึ่งอ้างอิงตามองค์ประกอบของระบบการผลิต ซึ่งจะถูกเก็บข้อมูลตามโครงสร้างข้อมูล ด้วยส่วนคำตอบของการออกแบบระบบการผลิต โดยสื่อสารผ่านส่วนประสานกับผู้ใช้งานด้วยรายงานผลลัพธ์ เพื่อเป็นแสดงรายละเอียดคำตอบของการออกแบบระบบการผลิตที่ผู้ประกอบการควรทราบ ส่งเป็นคำตอบสุดท้ายให้กับผู้ประกอบการ อย่างไรก็ตาม หากผู้ประกอบการมีส่วนที่ยังไม่พอใจกับคำตอบภายใต้ข้อมูลที่เป็นเป้าหมาย และขอบเขตการออกแบบระบบการผลิตนี้ ก็สามารถปรับเปลี่ยนข้อมูลตั้งต้นเพื่อทำการออกแบบเป็นคำตอบใหม่ได้

6 การประเมินผลการใช้งาน

6.1 วิธีการประเมินผล

กรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้เป็นกรอบสำหรับให้ผู้ออกแบบระบบการผลิต และผู้ประกอบการ SMEs ดังนั้นในการประเมินจะแบ่งเป็น การประเมินผ่านมุมมองของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบระบบการผลิต เพื่อบอกว่าหลักการทางวิชาการของกรอบการออกแบบระบบการผลิตถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ และการประเมินผ่านมุมมองของผู้ประกอบการ SMEs ด้านการใช้งานกรอบการออกแบบระบบการผลิต เพื่อประเมินว่ากรอบการออกแบบระบบการผลิตเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ ทั้งนี้จะแจ้งตั้งแต่ก่อนเริ่มการประเมิน ว่าต้องการให้ประเมินเกี่ยวกับอะไรบ้าง จากนั้นจึงนำเสนองานนำส่งเพื่อให้ผู้ประเมินสามารถพิจารณาประเมินผลได้ และสอบถามความเห็นตามแต่ละส่วนการประเมินที่แจ้งไว้ โดยสิ่งที่ต้องประเมินของทั้งสองฝ่ายก็จะมีมุมมองต่างกันไป และอาศัยวิธีการนำเสนอที่ต่างกันไป ดังจะอธิบายต่อไปนี้

6.1.1 การประเมินผ่านมุมมองของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบระบบการผลิต

สำหรับฝ่ายผู้ออกแบบระบบการผลิตจะต้องเข้าใจกรอบการดำเนินการทั้งหมด ตั้งแต่การตั้งเป้าหมายของการออกแบบตามมิติตัวชี้วัด การนำข้อมูลไปใช้ออกแบบ จนถึงการประเมินผลการออกแบบและสรุปผล ซึ่งต้องทำการยืนยันว่ากรอบการออกแบบนี้มีแนวคิดในแต่ละส่วนที่ถูกต้อง และเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานกับกลุ่ม SMEs จึงได้ทำการนำเสนอหลักการของกรอบการออกแบบระบบการผลิตประกอบกับการนำไปใช้กับกรณีศึกษา เพื่อขอความเห็นจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ โดยได้รับเกียรติจาก *ผศ.ดร. ชยธัช เผือกสามัญ หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ* เป็นผู้ตัวแทนผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบระบบการผลิต โดยมีขั้นตอนการประเมินดังนี้

1. นำเสนอภาพรวมของกรอบการออกแบบระบบการผลิต

   อธิบายเป้าหมาย ขอบเขต และสมมติฐานที่ทำให้เกิดการสร้างกรอบการออกแบบนี้ขึ้นมา และอธิบายว่ากรอบนี้ประกอบด้วยการดำเนินการส่วนใดบ้าง เพื่อประเมินว่าหลักการของกรอบถูกต้องหรือไม่ และสอดคล้องกับการนำไปใช้งานกับกลุ่มเป้าหมายหรือไม่

2. นำเสนอองค์ประกอบของการออกแบบระบบการผลิต

   อธิบายที่มาของแต่ละองค์ประกอบ บทบาทของแต่ละองค์ประกอบ และการนำไปสร้างเป็นระบบการผลิต พร้อมยกตัวอย่างการนำไปใช้งาน และการนำเสนอผลลัพธ์ผ่านกรณีศึกษา เพื่อประเมินว่าการมีอยู่ขององค์ประกอบเหล่านั้นสมเหตุสมผลหรือไม่ และเพียงพอต่อการอธิบายระบบการผลิตหรือไม่

3. นำเสนอหลักการการออกแบบระบบการผลิต

   อธิบายส่วนการออกแบบว่าประกอบด้วยอะไรบ้าง แต่ละส่วนต้องนำส่งอะไรบ้าง และมีความสัมพันธ์กันอย่างไร เพื่อประเมินว่าหลักการการออกแบบเหล่านี้จำเป็นต้องมีหรือไม่

ขาดส่วนใดที่ควรออกแบบเพิ่มหรือไม่ สิ่งที่นำส่งเพื่อประกอบเป็นระบบการผลิตเพียงพอหรือไม่ และความสัมพันธ์ที่อธิบายไปครบถ้วนหรือไม่

4. นำเสนอมิติชี้วัดของระบบการผลิต

นำเสนอว่าระบบการผลิตที่ดีคืออะไร สามารถแบ่งเป็นมิติชี้วัดอะไรบ้าง และแต่ละมิติชี้วัดสื่อถึงระบบการผลิตที่มีคุณสมบัติอย่างไร ประกอบกับการแปลงเป้าหมายของกรณีศึกษาเป็นมิติชี้วัดที่กรณีศึกษาให้ความสนใจ เพื่อประเมินว่ามุมมองของระบบการผลิตที่ดีที่นำเสนอมีความเหมาะสมหรือไม่ มิติชี้วัดครอบคลุมลักษณะของระบบการผลิตที่ดีหรือไม่ และแต่ละเป้าหมายของโจทย์การออกแบบ สามารถแปลงเป็นมิติชี้วัดเหล่านี้ได้จริงหรือไม่

5. นำเสนอโครงสร้างข้อมูลสำหรับฐานข้อมูล

นำเสนอโครงสร้างข้อมูลในรูปแบบของความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละชุด โดยอธิบายเหตุผลว่าสาเหตุที่ต้องเก็บข้อมูลด้วยโครงสร้างลักษณะนั้นๆ เพราะเหตุใด และผู้ใช้งานฝ่ายใด มีสิทธิ์ในการจัดการข้อมูลอย่างไรบ้าง เพื่อประเมินว่าเหมาะกับใช้เป็นหลักในการสร้างฐานข้อมูลหรือไม่ และความสัมพันธ์ที่เชื่อมแต่ละข้อมูล สมเหตุสมผลหรือไม่

6. นำเสนอส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน

เชื่อมโยงจากโครงสร้างข้อมูลว่าจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูล หรือนำเสนอข้อมูล แก่ผู้ใช้งานฝ่ายใด อย่างไรบ้าง โดยอธิบายผ่านกรณีศึกษา เพื่อประเมินว่าสามารถประสานกับผู้ใช้งานแต่ละฝ่ายได้เหมาะสมหรือไม่ เข้าใจยากหรือไม่ และสามารถรับส่งข้อมูลได้ครบถ้วนหรือไม่

6.1.2 การประเมินผ่านมุมมองของผู้ประกอบการ SMEs

สำหรับฝ่ายผู้ประกอบการ SMEs จะเกี่ยวข้องกับการให้ข้อมูลที่ต้องใช้ในการออกแบบระบบการผลิต และทำความเข้าใจผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบ จึงได้ทำการนำเสนอการรวบรวมข้อมูลผ่านกรณีศึกษาที่ผู้ประกอบการให้ความสนใจ ซึ่งได้ใช้กรณีศึกษาเป็นสายการผลิตเข็มขัดเหล็กสำหรับรัดท่อของ *บริษัท ธนากิจโลหะ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด* ซึ่งต้องการเพิ่มกำลังการผลิต แต่ไม่ทราบว่าจะต้องจัดสายการผลิตอย่างไร หรือต้องซื้อเครื่องจักรเพิ่มหรือไม่ ทั้งนี้บุคลากรระดับผู้บริหาร ผู้วางนโยบายของบริษัท และบุคลากรระดับปฏิบัติการ ผู้ทำหน้าที่วางแผนการผลิต ได้ให้ความร่วมมือในการประเมินผล โดยการประเมินผลมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สัมภาษณ์เพื่อรวบรวมข้อมูล

ทำการสัมภาษณ์เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต้องมีในการออกแบบ อ้างอิงตามโครงสร้างข้อมูลที่นำเสนอ เพื่อตรวจสอบว่า ผู้ประกอบการว่าสามารถเก็บรวบรวมได้จริงหรือไม่ และสามารถจัดข้อมูลให้เป็นรูปแบบมาตรฐาน ตามโครงสร้างข้อมูลได้หรือไม่ โดยจะอธิบายความหมายของข้อมูลแต่ละส่วน เพื่อให้มีความเข้าใจที่ถูกต้อง และได้ข้อมูลที่ถูกต้อง แล้วจึงถามข้อมูลในส่วนนั้นๆ พร้อมเก็บรวบรวมให้อยู่ในลักษณะตามโครงสร้างข้อมูล

2. นำเสนอผลลัพธ์จากการออกแบบ

จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมมา จะนำส่งให้ผู้ออกแบบทดลองออกแบบ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมา สำหรับจัดให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมนำเสนอต่อผู้ประกอบการ และสอบถามว่าเข้าใจผลลัพธ์ที่ได้หรือไม่ และสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้ต่อได้หรือไม่ ซึ่งขั้นตอนนี้ทำเพื่อตรวจสอบว่าข้อมูลที่สรุปเป็นผลลัพธ์สามารถเข้าใจและนำไปใช้ได้หรือไม่ และได้ผลลัพธ์ตรงกับที่ตั้งโจทย์ไว้หรือไม่

6.2 ผลการประเมิน และข้อเสนอแนะ

จากการประเมินจะได้รับความเห็นว่า กรอบการออกแบบระบบการผลิตที่นำเสนอนี้มีความเหมาะสมมากน้อยเพียงใด และมีข้อเสนอแนะอย่างไรบ้างในการพัฒนาเพิ่มเติม ซึ่งได้สรุปความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเหล่านั้น แบ่งตามผู้ประเมินทั้งสองฝ่าย ดังนี้

6.2.1 ผลการประเมิน และข้อเสนอแนะ ผ่านมุมมองของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบระบบการผลิต

ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบระบบการผลิตได้พิจารณาว่า แนวทางในการสร้างกรอบการออกแบบระบบการผลิตถูกต้องตามหลักการการออกแบบ หลักการออกแบบระบบการผลิตถูกต้อง มีส่วนการออกแบบที่จำเป็นครบถ้วน และมีความสัมพันธ์ระหว่างส่วนการออกแบบที่ถูกต้อง ในส่วนของมิติชี้วัดของระบบการผลิตสามารถแสดงถึงระบบการผลิตที่ดีได้ครอบคลุมทุกแง่มุม ทั้งยังเหมาะสมกับพฤติกรรมการทำงานของ SMEs

เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานต่อได้จริงอย่างสมบูรณ์ ควรนำไปใช้ประกอบกับส่วนที่ทำหน้าที่ออกแบบ และส่วนที่ทำหน้าที่ประเมินผลการออกแบบ ซึ่งเมื่อนำไปใช้จริงจะเกิดการไหลของข้อมูลขนาดใหญ่ ดังนั้นหากจะสร้างฐานข้อมูลจะต้องคำนึงถึงแนวทางการเก็บข้อมูลจำนวนมหาศาลด้วย ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำความเห็นส่วนนี้มาพิจารณา และนำเสนอตัวอย่างของส่วนประสานกับผู้ใช้งาน ในรูปแบบการอัพโหลด และดาวน์โหลดไฟล์เอกสารแล้ว

นอกจากนี้ ผู้ประเมินผลได้ให้คำแนะนำว่า ควรมีคู่มือการใช้งานอย่างละเอียด เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากการนำเสนอของผู้วิจัย ทำให้เข้าใจกรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้ได้ ส่วนการนำไปใช้กับกรณีศึกษา ได้อาศัยคำชี้แจงให้ผู้ใช้งานเข้าใจการรวบรวมข้อมูลต่างๆ หากขาดการอธิบาย หรือแนะนำ ของผู้ทำวิจัย อาจทำให้มีความเข้าใจผิดเกิดขึ้นได้ในการใช้งาน ซึ่งอาจทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ไม่ถูกต้อง หรือไม่ดีเท่าที่ควรจะเป็น คู่มือจึงเป็นสิ่งที่ทดแทนการอธิบาย และคำแนะนำในการใช้งานเหล่านั้น เพื่อแนะนำให้ผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูลได้ด้วยมาตรฐานเดียวกัน เข้าใจวิธีการออกแบบด้วยหลักการเดียวกัน และเข้าใจการแสดงผลลัพธ์ด้วยมาตรฐานเดียวกันได้ เช่น การแนะนำการตั้งค่าตัวชี้วัดในแต่ละมิติชี้วัด การรวบรวมข้อมูล และการเลือกอัลกอริทึมในส่วนการออกแบบให้เหมาะสม

6.2.2 ผลการประเมิน และข้อเสนอแนะ ผ่านมุมมองของผู้ประกอบการ SMEs

ผู้ประกอบการสามารถดำเนินการตามแนวทางการดำเนินการของกรอบการออกแบบระบบการผลิตได้ เข้าใจรูปแบบการเก็บรวบรวมข้อมูล และสามารถหาข้อมูลที่ต้องใช้ในการออกแบบได้ รวมถึงสามารถทำความเข้าใจผลลัพธ์ของการออกแบบระบบการผลิต เพื่อนำไปใช้ต่อได้ ซึ่งได้ผลตรงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

อย่างไรก็ตาม การกรอกข้อมูลตามเอกสารรวบรวมข้อมูลตัวอย่างนั้น สามารถกรอกได้หลากหลาย จึงควรมีคู่มือที่ช่วยแนะนำว่า หากมีข้อมูลแบบใด ควรจะกรอกข้อมูลรูปแบบใด ซึ่งหากมีคู่มือที่ชี้แจงอย่างละเอียด จะมีโอกาสได้ข้อมูลที่ถูกต้องมากขึ้น

6.3 สรุปผลการประเมิน

จากการประเมินได้ข้อสรุปว่า กรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้เหมาะสม ทั้งสำหรับผู้ออกแบบระบบการผลิต และผู้ประกอบการ SMEs โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบระบบการผลิตได้ยืนยันว่า กรอบการออกแบบนี้มีหลักการทางวิชาการมีความสมเหตุสมผล ทั้งยังสอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้ประกอบการระดับ SMEs ส่วนผู้ประกอบการ SMEs เองก็สามารถเข้าใจวิธีการนำไปใช้งาน โดยยืนยันว่าสามารถหาข้อมูลตามที่ระบุได้จริง และสามารถนำผลลัพธ์ไปใช้งานต่อได้ กรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้สามารถทดแทนความรู้ความเชี่ยวชาญได้ ทำให้สามารถทำงานได้ง่ายขึ้น โดยได้คำนึงถึงการใช้งานในสถานการณ์จริงแล้ว จึงคาดว่าจะสามารถลดการพึ่งพา และต้นทุนในการจ้างวานผู้เชี่ยวชาญได้ไม่มากก็น้อย ทั้งยังได้ระบบการผลิตตามที่คาดหวังไว้ และสามารถนำไปใช้งานต่อได้

สำหรับคำแนะนำที่ได้รับจะชี้นำไปทางการพัฒนาและใช้งานต่อ เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้สร้างกรอบในการดำเนินงาน แต่ยังไม่ได้มีส่วนการปฏิบัติจริงอย่างละเอียด เพื่อเปิดโอกาสให้พัฒนาตามลักษณะเฉพาะของแต่ละโจทย์ จึงอาจพัฒนาอัลกอริทึมในส่วนการออกแบบ และส่วนการประเมินผลลัพธ์ โดยอาจจะต้องแบ่งแยกย่อยหลากหลายรูปแบบไปตามลักษณะระบบการผลิตต่างๆ นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาแนวทางในการถ่ายทอดหลักการต่างๆ และวิธีการใช้งาน เพื่อทดแทนสิ่งที่ผู้วิจัยได้ทำการอธิบายเพื่อให้สามารถประเมินผลได้ อาจอยู่ในรูปของคู่มือ สื่อการสอน หรือคำชี้แจงที่แฝงในส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน เป็นต้น ซึ่งสามารถนำไปต่อยอดสร้างเป็นงานวิจัยได้ โดยผ่านสิ่งที่กรอบการออกแบบระบบการผลิตได้วางแนวทางการดำเนินงานไว้

7 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

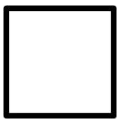
7.1 สรุปงานนำส่ง

จากกรอบการออกแบบระบบการผลิตที่งานวิจัยได้นำเสนอ จะเห็นได้ว่ากรอบการดำเนินงานนี้จะต้องอาศัยงานนำส่งแต่ละส่วน เพื่อให้เกิดการรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้อง สำหรับนำไปดำเนินกิจกรรมการออกแบบ ตั้งแต่การควบคุมการออกแบบระบบการผลิต การออกแบบระบบการผลิต และการประเมินผลลัพธ์ของระบบการผลิต ซึ่งก็มีการรับส่งข้อมูลระหว่างการดำเนินการเช่นกัน ไปจนถึงการนำส่ง ซึ่งต้องสามารถทำให้ผู้ใช้งานที่เกี่ยวข้อง เข้าใจผลที่ต้องนำเสนอได้ และที่สุดท้ายต้องได้ระบบการผลิตที่ดีตามที่ตั้งเป้าหมายไว้ ซึ่งส่วนประกอบเพื่อให้เกิดกรอบการออกแบบระบบการผลิตสรุปได้ ดังนี้

7.1.1 องค์ประกอบของระบบการผลิต

องค์ประกอบของระบบการผลิตได้ถูกสรุปขึ้น เพื่อให้การมองระบบการผลิตเห็นภาพเป็นรูปธรรมมากขึ้น โดยช่วยให้ผู้ออกแบบระบบการผลิตมองเห็นสิ่งที่ต้องตอบได้ และทำให้ผู้ประกอบการเข้าใจระบบการผลิตที่เป็นผลลัพธ์ ซึ่งองค์ประกอบเหล่านั้นสามารถแสดงให้เห็นบทบาทของตัวเอง รวมถึงแสดงการทำงานร่วมกันกับองค์ประกอบอื่นๆ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถตั้งต้นเป็น ซึ่งสามารถสรุปได้ 5 ส่วนประกอบ ดังนี้

1. ทรัพยากรการผลิต แทนด้วยสัญลักษณ์ *สี่เหลี่ยม* ดังรูปที่ 52 แสดงถึงเครื่องจักร คนงาน หรืออุปกรณ์ใดๆ ที่เพิ่มมูลค่าให้กับชิ้นงานโดยการแปรรูป และทำให้เกิดกำลังการผลิต ถือเป็นจุดที่เล็กที่สุดของระบบการผลิตที่จะส่งชิ้นงานต่อกัน โดยที่ต้องมีหน้าที่ในการทำกระบวนการอย่างน้อยหนึ่งกระบวนการ หรือมากกว่านั้น ซึ่งจะเป็นกระบวนการเดียวกันก็ต่อเมื่อรับชิ้นชนิดเดียวกัน จำนวนรับเข้าต่อรอบการผลิตเท่ากัน และผลิตออกมาเป็นชิ้นงานชนิดเดียวกัน จำนวนผลิตต่อรอบเท่ากัน



รูปที่ 52 สัญลักษณ์แทนทรัพยากรการผลิต

2. สถานีงาน แทนด้วยสัญลักษณ์ *กรอบเส้นประ* ดังรูปที่ 53 ใช้ล้อมกรอบรอบทรัพยากรการผลิต เป็นการจัดกลุ่มทรัพยากรการผลิต ที่มีหน้าที่ดำเนินกระบวนการกลุ่มเดียวกันทั้งหมด จนสามารถมองเป็นทรัพยากรการผลิตหน่วยเดียว เพื่อแสดงให้เห็นว่าเมื่อดำเนินกระบวนการเหล่านั้น จะใช้กำลังการผลิตของสถานีงานนั้น หรือกล่าวอีกในหนึ่งว่า แต่ละทรัพยากรการผลิตในสถานีงานเดียวกันจะสามารถทำงานแทนกันได้

รูปที่ 53 สัญลักษณ์แทนสถานีงาน

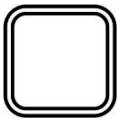
3. เส้นทางการผลิต แทนด้วยสัญลักษณ์ *ลูกศรเส้นทึบ* ดังรูปที่ 54 แสดงถึงการส่งต่อกันว่าชิ้นงานจะถูกส่งจากสถานีงานต้นทางใด ไปสู่สถานีปลายทางใด แสดงถึงการทำงานร่วมกัน ส่งต่องานระหว่างกัน ซึ่งจะแบ่งตามความรับผิดชอบด้วยว่าทำเพื่อผลิตภัณฑ์ใด แม้ว่าจะเป็นชิ้นงานเข้าออกเดียวกัน แต่กลุ่มชิ้นงานเหล่านั้นอาจไม่ได้ผลิตเพื่อแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายเดียวกัน มีทั้งส่วนที่เส้นทางเดียวกัน และส่วนที่แยกไปสถานีงานที่ต่างกัน ดังนั้นเส้นทางจะต้องแบ่งตามผลิตภัณฑ์ที่รับผิดชอบด้วย โดยแบ่งลูกศรแยกสีตามผลิตภัณฑ์

รูปที่ 54 สัญลักษณ์แทนเส้นทางการผลิต

4. จุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง แทนด้วยสัญลักษณ์ *สามเหลี่ยมคว่ำ* ดังรูปที่ 55 แสดงตำแหน่งในเชิงแนวคิด โดยต้องบอกได้ว่าเก็บชิ้นงานอะไร และต้องเก็บขั้นต่ำเท่าไร รับจากสถานีงานใดบ้าง และส่งไปยังสถานีงานอะไรบ้าง ซึ่งแบ่งจุดจัดเก็บตามชนิดชิ้นงานที่เก็บที่ต่างกัน แม้ในเชิงกายภาพจะเก็บหลายชิ้นงานในพื้นที่เดียวกัน แต่เพื่อให้นำไปจัดลงพื้นที่จริงตามความเหมาะสม ไม่จำเป็นว่ารับส่งจากสถานีงานต้นทางและปลายทางเดียวกันแล้วจะต้องเก็บในพื้นที่เดียวกัน แต่ควรอยู่ในตำแหน่งที่สามารถขนถ่ายระหว่างสถานีต้นทางและปลายทางได้สะดวก และเพียงพอตามจำนวนขั้นต่ำที่ได้ออกแบบไว้

รูปที่ 55 สัญลักษณ์แทนจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง

5. กลุ่มการผลิต แทนด้วยสัญลักษณ์ *กรอบเส้นทึบคู่* ดังรูปที่ 56 ใช้ล้อมกรอบรอบกลุ่มสถานีงาน และจุดจัดเก็บสินค้าคงคลัง ที่มีเส้นทางการผลิตเชื่อมระหว่างกัน แสดงถึงกลุ่มสถานีงานและจุดจัดเก็บที่มีเส้นทางต่อกัน ส่วนของกลุ่มที่มีเส้นทางการผลิตเหมือนกัน ซึ่งกล่าวได้ว่ากลุ่มเส้นทางนั้นๆ มีความเกี่ยวข้องกัน ดังนั้นหากประกอบกับพื้นที่ทางกายภาพจริง ควรมีตำแหน่งอยู่ใกล้กัน หรือส่งต่อชิ้นงานระหว่างกันได้สะดวก



รูปที่ 56 สัญลักษณ์แทนกลุ่มการผลิต

7.1.2 หลักการออกแบบระบบการผลิต

จากองค์ประกอบที่เป็นเป้าหมายของการออกแบบระบบการผลิต หลักการออกแบบจะแบ่งส่วนให้สอดคล้องกับผลลัพธ์ที่ต้องการ นั้นคือบทบาทของแต่ละองค์ประกอบการผลิต ซึ่งสามารถสรุปว่าส่วนใดออกแบบอะไร และเพื่อนำส่งอะไร ได้ดังตารางที่ 24 25 และ ตารางที่ 26 รวมถึงสามารถสรุปความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละส่วนการออกแบบได้ดังตารางที่ 27

ตารางที่ 24 ตัวแปรออกแบบ และองค์ประกอบ ที่เกี่ยวข้องกับส่วนการออกแบบกำลังการผลิต

ส่วนการออกแบบ	**ตัวแปรออกแบบ**	**ความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของระบบการผลิต**	
การออกแบบกำลังการผลิต	จำนวนทรัพยากรการผลิต	*ทรัพยากรการผลิต*	จำนวนทรัพยากรการผลิต
		สถานีงาน	-
		เส้นทางการผลิต	-
		จุดจัดเก็บสินค้าคงคลัง	-
		กลุ่มการผลิต	-

ตารางที่ 25 ตัวแปรออกแบบ และองค์ประกอบ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเส้นทางการผลิต

ส่วนการออกแบบ	**ตัวแปรออกแบบ**	**ความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของระบบการผลิต**	
การออกแบบเส้นทางการผลิต	- กระบวนการที่ทรัพยากรรับหน้าที่ดำเนินงาน - เส้นทางระหว่างสถานีงาน	*ทรัพยากรการผลิต*	หน้าที่ของทรัพยากรการผลิต
		สถานีงาน	ทรัพยากรการผลิตที่อยู่ในสถานีงานเดียวกัน
		เส้นทางการผลิต	เส้นทางการส่งต่อระหว่างสถานีงาน
		จุดจัดเก็บสินค้าคงคลัง	-
		กลุ่มการผลิต	สถานีงานและจุดจัดเก็บสินค้าคงคลังที่อยู่ในกลุ่มการผลิตเดียวกัน

ตารางที่ 26 ตัวแปรออกแบบ และองค์ประกอบ ที่เกี่ยวข้องกับส่วนการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง

ส่วนการออกแบบ	**ตัวแปรออกแบบ**	**ความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของระบบการผลิต**	
การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง	- มีหรือไม่มีจุดจัดเก็บบนเส้นทางการผลิตนั้น - ชิ้นงานที่เก็บ - จำนวนขั้นต่ำที่เก็บ	*ทรัพยากรการผลิต*	-
		สถานีงาน	-
		เส้นทางการผลิต	-
		จุดจัดเก็บสินค้าคงคลัง	- ชิ้นงานที่เก็บ - จำนวนชิ้นงานขั้นต่ำที่เก็บ
		กลุ่มการผลิต	-

ตารางที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละส่วนการออกแบบระบบการผลิต

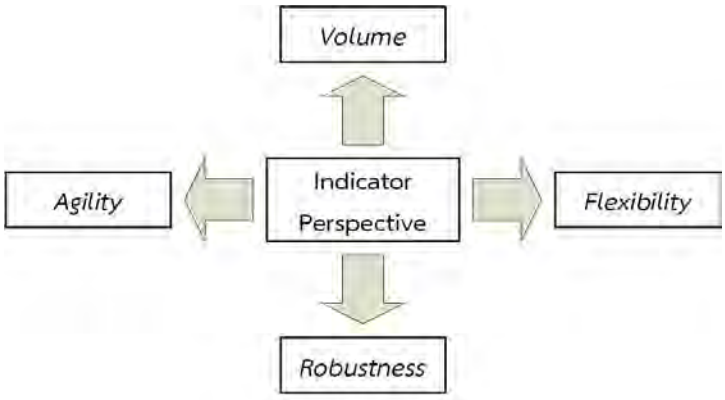
ส่วนได้รับผล / **ส่วนที่ส่งผล**	การออกแบบกำลังการผลิต	การออกแบบเส้นทางการผลิต	การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง
การออกแบบกำลังการผลิต	-	ตัดสินใจภายในขอบเขตที่ทรัพยากรการผลิตที่ถูกเลือกมาแล้วสามารถทำได้	อัตราเร็วในการผลิตของทรัพยากรการผลิต ส่งผลต่อการตัดสินใจว่าควรมีหรือไม่มีการจัดเก็บชิ้นงานและจำนวนจัดเก็บ
การออกแบบเส้นทางการผลิต	เมื่อมอบหมายกระบวนการที่ทำ แล้วเกิดการใช้ทรัพยากรร่วมกัน อาจทำให้เวลาปรับตั้งสูง และทำไม่ทันความต้องการ ซึ่งทำให้ต้องพิจารณาเลือกจำนวนทรัพยากรการผลิตใหม่	-	ขอบเขตจุดที่ต้องตัดสินใจว่ามีจุดจัดเก็บหรือไม่ อยู่บนเส้นทางการผลิตที่กำหนดไว้
การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง	หากการจัดเก็บชิ้นงานไม่สามารถชดเชยส่วนที่ผลิตไม่ทันได้ จะต้องพิจารณาจำนวนทรัพยากรการผลิตใหม่ เพื่อให้กำลังการผลิตเพียงพอ	หากการจัดเก็บไม่สามารถชดเชยส่วนที่ผลิตไม่ทัน และเส้นทางที่วางไว้สามารถปรับการใช้งานร่วมกันใหม่ได้ หรือมอบหมายหน้าที่ใหม่ได้ ต้องทบทวนการออกแบบเส้นทางการผลิตใหม่	-

7.1.3 มิติชี้วัดระบบการผลิต

ระบบการผลิตที่ดีมีหลายมุมมอง เมื่อโจทย์การออกแบบต่างกัน ก็อาจให้ความสำคัญแต่ละมิติไม่เท่ากัน แต่เพื่อเป็นแนวทางในการตั้งเป้าหมายในการออกแบบระบบการผลิต จึงต้องอาศัยมิติชี้วัดที่

แบ่งชัดเจนเป็น 4 มิติ เพื่อช่วยจำกัดขอบเขตมิติของเป้าหมาย แสดงดังรูปที่ 57 และสรุปความหมายแต่ละด้านได้ ดังนี้

1. ด้านปริมาณ (Volume) แสดงถึงความสามารถในการผลิตได้ปริมาณมาก ในขณะที่เสียต้นทุนน้อย หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ใช้ทรัพยากรที่มีได้อย่างคุ้มค่า ตัวอย่างแนวโน้มตัวชี้วัดที่แสดงว่าระบบการผลิตดีในมิตินี้ เช่น ประสิทธิภาพในการผลิตสูง
2. ด้านความไว (Agility) หมายถึง ความคล่องตัวในการจัดการ สามารถปรับการทำงานตามคำสั่งได้อย่างรวดเร็ว สามารถจัดการได้ง่าย ตัวอย่างแนวโน้มตัวชี้วัดที่แสดงว่าระบบการผลิตดีในมิตินี้ เช่น เวลาในการปรับตั้งต่ำ
3. ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) คือความสามารถในการรองรับสถานการณ์ได้หลากหลาย เช่น พฤติกรรมของความต้องการผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนไป แต่ยังสามารถปรับการทำงานได้จากองค์ประกอบของระบบการผลิตที่เป็นอยู่ ตัวอย่างแนวโน้มตัวชี้วัดที่แสดงว่าระบบการผลิตดีในมิตินี้ เช่น ทรัพยากรการผลิตมีกระบวนการที่มอบหมายให้ผลิตได้หลากหลาย และมีกำลังการผลิตที่เผื่อไว้สำหรับรับความต้องการเพิ่มได้
4. ด้านความทนทาน (Robustness) จะพิจารณาเมื่อมีเหตุการณ์ที่เกินความคาดหมายแล้วยังสามารถผลิตเพื่อตอบความต้องการได้ทันตามกำหนด ตัวอย่างแนวโน้มตัวชี้วัดที่แสดงว่าระบบการผลิตดีในมิตินี้ เช่น สามารถตอบสนองความต้องการที่ตั้งไว้ได้ แม้เครื่องจักรหยุดทำงานจำนวนมาก



รูปที่ 57 มิติชี้วัดทั้ง 4 ด้าน แสดงถึงระบบการผลิตที่ดี

ในแต่ละมิติชี้วัดมีตัวชี้วัดมากมาย ที่สามารถสะท้อนว่าระบบมีคุณสมบัติที่ดีในด้านนั้นๆ ซึ่งแต่ละระบบการผลิต สามารถเลือกตัวชี้วัดให้สอดคล้องกับเป้าหมายที่โจทย์นั้นสนใจ เช่น ต้องการให้ระบบการผลิตสามารถรองรับผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายได้อย่างรวดเร็ว ก็อาจวัดที่เวลาในการปรับตั้งโดยรวม หรือจำนวนการปรับตั้งสูงสุดที่ทำได้แล้วยังทันกำหนดส่ง รวมถึงกำลังการผลิตสำหรับ

ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์สูงสุดที่ผลิตได้แล้วยังทันกำหนดส่ง เป็นต้น โดยตัวชี้วัดต่างๆ สามารถแปลงจากเป้าหมายได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1. ให้คะแนนความสำคัญแต่ละมิติ ในกรณีที่ไม่สามารถตั้งตัวชี้วัดได้เฉพาะเจาะจง ผู้ประกอบการก็ยังสามารถบอกเพียงลำดับความสำคัญที่สนใจในแต่ละมิติได้ อย่างไรก็ตาม ต้องมีตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องที่ผู้ออกแบบสามารถใช้สะท้อนแต่ละมิติได้ โดยคะแนนจะส่งผลต่อน้ำหนักความสำคัญของแต่ละตัว
2. ตั้งเกณฑ์เป็นขอบเขตที่รับได้ สามารถตั้งเป็นตัวเลขเจาะจงของแต่ละตัวชี้วัด ว่าต้องมีค่ามากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากับค่าใด จึงจะถือว่าเป็นระบบการผลิตที่บรรลุตามเป้าหมาย
3. ตั้งเป็นค่าที่ต้องทำให้ได้สูงที่สุด หรือต่ำที่สุด หากต้องการทำให้ดีที่สุด เท่าที่ขอบเขตความสามารถในการสร้างระบบการผลิตจะทำได้ ก็สามารถตั้งเป็นตัวชี้วัดที่ต้องการให้ค่าสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ หรือต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

7.1.4 โครงสร้างข้อมูลสำหรับฐานข้อมูล

โครงสร้างข้อมูลที่นำเสนอสร้างให้สอดคล้องกับข้อมูลที่เกิดจากการรับส่ง ระหว่างผู้ประกอบการ และผู้ออกแบบระบบการผลิต ซึ่งจะเกิดข้อมูลแบ่งย่อยไปตามหมวดหมู่ ที่สื่อถึงระบบการผลิตต่างกันไป ซึ่งสามารถสรุปเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ดังนี้

1. ข้อมูลเป้าหมาย เป็นการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติที่แสดงว่า ระบบการผลิตที่ดีของโจทย์การออกแบบนั้น มีคุณสมบัติอย่างไร จะควบคุมให้ส่วนการออกแบบมุ่งสู่เป้าหมาย และใช้ประเมินผลลัพธ์ที่ได้ว่าดีพอหรือไม่ อย่างไร ตามมุมมองที่สนใจ
2. ข้อมูลแสดงขอบเขตการออกแบบระบบการผลิต แสดงถึงสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ หรือความสามารถในการสร้างระบบการผลิตที่ผู้ประกอบการทำได้ ซึ่งเป็นขอบเขตของโจทย์การออกแบบระบบการผลิต โดยการออกแบบต่อจากนี้จะตัดสินใจภายใต้ขอบเขตเหล่านั้น
3. ข้อมูลคำตอบของการออกแบบระบบการผลิต เป็นส่วนที่รวบรวมข้อมูลผลลัพธ์ โดยต้องอาศัยข้อมูลแสดงขอบเขตการออกแบบในการอธิบายคำตอบ ซึ่งแบ่งตามแต่ละส่วนการออกแบบ และสามารถนำผลลัพธ์มารวมกันเป็นระบบการผลิตภาพใหญ่ได้ ซึ่งใช้ในการประเมินผลร่วมกัน ซึ่งจะเก็บเป็นคำตอบสุดท้ายที่องค์ประกอบครบถ้วน เมื่อผ่านการประเมินว่าได้ผลตามเป้าหมายแล้ว

7.1.5 ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน

ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานที่นำเสนออยู่ในรูปแบบของหน้าต่างใช้งานจำลอง และเอกสาร ทั้งเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า และรายงานผลลัพธ์ในการออกแบบ ซึ่งเป็นตัวอย่างการนำแนวคิดของกรอบการออกแบบระบบการผลิต มาทำให้อยู่ในรูปที่ใช้งานได้สะดวก ซึ่งสามารถนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงได้ โดยต้องคำนึงถึงการใช้งานที่แบ่งเป็น 2 ฝ่าย คือ ผู้ใช้งานที่เป็น

ผู้ประกอบการ และผู้ใช้งานที่เป็นผู้ออกแบบ หรืออาจเลือกอัลกอริทึมการออกแบบมาทดแทนบทบาทของผู้ออกแบบก็ได้

7.2 สรุปผลการสร้างกรอบการออกแบบระบบการผลิต

กรอบการดำเนินการออกแบบระบบการผลิตที่งานวิจัยได้สร้างขึ้น เป็นกรอบในการดำเนินการออกแบบ ที่ทำให้สามารถลดความรู้ที่ต้องใช้ได้ โดยองค์ประกอบของระบบการผลิต หลักการการออกแบบระบบการผลิต และมิติชี้วัดระบบการผลิต จะช่วยให้ผู้ประกอบการ SMEs สามารถลดระยะเวลาในการทำความเข้าใจภาพรวมของระบบการผลิต และการตั้งเป้าหมายให้กับโจทย์การออกแบบระบบการผลิตของตนเอง ทั้งยังสามารถเข้าใจว่าจะต้องออกแบบส่วนใดบ้าง เพื่อใช้เลือกอัลกอริทึม หรือผู้ออกแบบระบบการผลิต ที่เหมาะสมกับการดำเนินการ ทำให้เวลาโดยรวมในการดำเนินการลดลง

เนื่องจากกรอบการออกแบบระบบการผลิตสามารถทดแทนความรู้ ความเชี่ยวชาญได้ จะช่วยลดการจ้างวานผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบได้บางส่วน ไม่ต้องพึ่งพาผู้เชี่ยวชาญตลอดการดำเนินการออกแบบ ทำให้ต้นทุนในการออกแบบต่ำลง ในขณะที่ยังคงได้ระบบการผลิตที่ดีตามที่ผู้ประกอบการต้องการ เนื่องจากผู้ประกอบการสามารถเป็นผู้ตั้งเป้าหมายเอง ตามนิยามของมิติชี้วัดและแนวทางการตั้งเป้าหมาย

นอกจากส่วนการออกแบบ งานวิจัยได้สร้างส่วนสนับสนุนการออกแบบ โดยสร้างโครงสร้างข้อมูลเพื่อให้สามารถนำไปใช้สร้างฐานข้อมูล ให้เหมาะสมกับกรอบการดำเนินการที่นำเสนอ สอดคล้องกับการใช้งานจริง ทั้งในแง่ของผู้ประกอบการ และผู้ออกแบบระบบการผลิต รวมถึงสร้างส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานตัวอย่าง เพื่อให้เห็นภาพการนำไปต่อยอดการใช้งานต่อไป

ด้านการประเมินผลการวิจัย ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบ ซึ่งพบว่าหลักการที่ใช้ในการสร้างกรอบการออกแบบระบบการผลิตมีความสมเหตุสมผล ผลลัพธ์ที่นำส่งสามารถชดเชยความเชี่ยวชาญด้านการออกแบบได้ และสอดคล้องกับลักษณะการทำงานของผู้ประกอบการ SMEs และได้รับการประเมินจากผู้ประกอบการ SMEs ว่าสามารถเข้าใจหลักการที่นำเสนอ และสามารถดำเนินการตามกรอบการออกแบบได้

แท้จริงแล้ว กรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้สามารถนำไปใช้กับระบบการผลิตใดก็ได้ ไม่จำเป็นต้องเป็นโรงงานระดับ SMEs เท่านั้น แต่จะเหมาะสมกับ SMEs มากกว่า เนื่องจากเป็นการคำนึงถึงพฤติกรรมของผู้ประกอบการ SMEs ในการสร้างกรอบการดำเนินงานนี้ ซึ่งเป็นการสร้างพื้นฐานความเข้าใจให้กับผู้ประกอบการ SMEs รายใหม่ที่ยังขาดประสบการณ์ความรู้ และเป็นการสร้างระบบความคิดในการออกแบบ ซึ่งหากเป็นผู้ประกอบการรายใหญ่ อาจจะมีระบบที่ใช้อยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องสร้างระบบความคิดใหม่ อย่างไรก็ตาม หากผู้ประกอบการระดับใดๆ ต้องการกรอบการดำเนินการที่ช่วยสร้างความเข้าใจ และแนวคิดในการออกแบบให้เป็นระบบ ก็สามารถนำกรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้ไปใช้ได้เช่นกัน

7.3 ข้อเสนอแนะ

7.3.1 การใช้งานกรอบการออกแบบระบบการผลิต

1. ผู้ใช้งานควรทำความเข้าใจหลักการทำงาน และนิยามต่างๆ ที่กรอบการออกแบบระบบการผลิตนำเสนอก่อนนำไปใช้ เพื่อให้สามารถดำเนินการตามได้ถูกต้อง และได้ผลตามที่คาดหวัง ทั้งนี้ได้สรุปเป็นคู่มือการใช้งานกรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้ ไว้ในส่วนของภาคผนวกท้ายเล่มวิจัย
2. ข้อมูลทุกส่วนดังที่นำเสนอไว้ตามโครงสร้างข้อมูล เป็นข้อมูลส่งผลต่อการออกแบบทั้งหมด ดังนั้นต้องมั่นใจว่าข้อมูลเหล่านั้นถูกต้อง และครบถ้วน จึงจะส่งผลให้การออกแบบถูกต้อง
3. การเลือกให้ความสำคัญแต่ละมิติชี้วัด มีผลต่อการออกแบบ และการประเมินผล ซึ่งจะส่งผลต่อคุณสมบัติของระบบการผลิตที่เป็นผลลัพธ์ ดังนั้นต้องอาศัยวิจารณญาณของผู้ใช้งานในการกำหนดเป้าหมาย

7.3.2 แนวทางการต่อยอด

1. สามารถพัฒนาอัลกอริทึมของแต่ละส่วนการออกแบบ และส่วนประเมินผล มาประกอบกับฐานข้อมูลจริง เพื่อสร้างเป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบระบบการผลิตที่สมบูรณ์
2. กรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้เป็นแบบทั่วไป ดังนั้นสามารถพัฒนาต่อให้เหมาะกับลักษณะเฉพาะของระบบการผลิตนั้นได้ ทั้งด้านการตั้งค่าตัวชี้วัด และข้อมูลที่ละเอียดขึ้น ซึ่งจะสามารถทำได้ต่อเมื่อมีลักษณะของโจทย์ที่เฉพาะเจาะจง

เอกสารอ้างอิง

ภาษาอังกฤษ

AALST, W. V. D., HOFSTEDE, A. T. & WESKE, M. 2003. *Business Process Management*.

AFENTAKIS, P. 1986. A MODEL FOR LAYOUT DESIGN IN FMS. *Flexible Manufacturing Systems: Methods and Studies*.

AHMAD, M. M. & CUENCA, R. P. 2013. Critical success factors for ERP implementation in SMEs. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*.

ALVARADO-INIESTA, A., GARCIA-ALCARAZ, J. L., RODRIGUEZ-BORBON, M. I. & MALDONADO, A. 2013. Optimization of the material flow in a manufacturing plant by use of artificial bee colony algorithm. *Expert Systems with Applications* 4785–4790.

BANK, T. W. 2015. *Manufacturing, value added (% of GDP)* [Online]. [Accessed February 19, 2017 2017].

BARRON, Y., PERRY, D. & STADJE, W. 2016. A make-to-stock production/inventory model with MAP arrivals and phase-type demands. *Ann Oper Res*, 373–409.

BENJAAFAR, S. 1996. Modeling and analysis of machine sharing in manufacturing systems. *European Journal of Operational Research*, 56-73.

BLANCHARD, B. S. & FABRYCKY, W. J. 1998. *Systems Engineering and Analysis,* the United States of America, Prentice-Hall.

BRISKORN, D., ZEISE, P. & PACKOWSKI, J. 2016. Quasi-fixed cyclic production schemes for multiple products with stochastic demand. *European Journal of Operational Research*, 156-169.

BRUCH, J. & BELLGRAN, M. 2013. Characteristics affecting management of design information in the production system design process. *International Journal of Production Research,* 51, 3241-3251.

CHRYSSOLOURIS, G. 1992. *Manufacturing Systems Theory and Practice*, Springer-V erlag New York, Inc.

COCHRAN, D. S. 1999. The Production System Design and Deployment Framework. *International Automotive Manufacturing Conference and Exposition.* Detroit, Michigan.

COCHRAN, D. S., ARINEZ, J. F., DUDA, J. W. & LINCK, J. 2002. A Decomposition Approach for Manufacturing System Design. *Journal of Manufacturing Systems,* 20, 371-389.

COCHRAN, D. S., JAFRI, M. U., CHU, A. K. & BI, Z. 2016. Incorporating design improvement with effective evaluation using the Manufacturing System Design Decomposition (MSDD). *Journal of Industrial Information Integration,* 2, 65-74.

COCHRAN, D. S. & REYNAL, V. A. 1996. Axiomatic Design of Manufacturing Systems. Massachusetts Institute of Technology.

DAVIS, J., EDGAR, T., PORTER, J., BERNADEN, J. & SARLI, M. 2012. Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. *Computers and Chemical Engineering*, 145-156.

DEEP, K. & SINGH, P. K. 2015. Design of robust cellular manufacturing system for dynamic part population. *Journal of Manufacturing Systems*.

EGILMEZ, G., SüER, G. A. & HUANG, J. 2012. Stochastic cellular manufacturing system design subject to maximum acceptable risk level. *Computers & Industrial Engineering,* 63, 842-854.

FAVI, C., GERMANI, M. & MANDOLIN, M. 2016a. Design for Manufacturing and Assembly vs. Design to Cost toward a multi-objective approach for decision-making strategies during conceptual design of complex products. *Procedia CIRP*.

FAVI, C., GERMANI, M. & MANDOLINI, M. 2016b. A multi-objective design approach to include material, manufacturing and assembly costs in the early design phase. *Procedia CIRP*.

FORZA, C. & SALVADOR, F. 2001. Information flows for high-performance manufacturing. *Int. J. Production Economics*, 21-36.

GERSHWIN, S. B., DALLERY, Y., PAPADOPOULOS, C. T. & SMITH, J. M. 2003. *Analysis and Modeling of Manufacturing Systems*, Kluwer Academic Publishers.

GIRI, B. C. & SHARMA, S. 2016. Optimal production policy for a close-loop hybrid system with uncertain demand and return under supply disruption. *Journal of Cleaner Production*, 2015-2028.

GONG, Q., YANG, Y. & WANG, S. 2014. Information and decision-making delays in MRP, KANBAN, and CONWIP. *Int. J. Production Economics*, 208–213.

HAFEZALKOTOB, A. & HAFEZALKOTOB, A. 2017. Interval target-based VIKOR method supported on interval distance and preference degree for machine selection. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 184-196.

HASAN, F., JAIN, P. K. & KUMAR, D. 2014. Service Level as Performance Index for Reconfigurable Manufacturing System Involving Multiple Part Families. *Procedia Engineering*, 814 – 821.

HOLZNER, P., RAUCH, E., SPENA, P. R. & MATT, D. T. Systematic design of SME manufacturing and assembly systems based on Axiomatic Design. 9th International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2015, 2015.

HUANG, G., CHEN, J., WANG, X., SHI, Y. & TIAN, H. 2017. From loop structure to policy-making: a CONWIP design framework for hybrid flow shop control in one-of-a-kind production environment. *International Journal of Production Research,* 55, 374-3391.

HUNG, Y.-F., TSAI, P.-H. & WU, G.-H. 2014. Application extensions from the stochastic capacity rationing decision approach. *International Journal of Production Research,* 52, 1695-1710.

III, J. F. C. & JR., J. H. B. 2002. APICS Dictionary Tenth Edition. *In:* III, J. F. C. & JR., J. H. B. (eds.).

JOYCE, A. & PAQUIN, R. L. 2016. The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models. *Journal of Cleaner Production,* 135, 1474-1486.

KARLSSON, A. 2002a. Assembly-initiated production - a strategy for mass-customisation utilising modular, hybrid automatic production systems. *Assembly Automation,* 22, 239-247.

KARLSSON, A. 2002b. *Developing High Performance Manufacturing Systems.* Doctoral degree, Royal Institute of Technology.

KARLSSON, A. FORMING A BASE FOR A MANUFACTURING SYSTEM DESIGN AND EVALUATION METHOD. INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE - DESIGN 2002, 2002c. 803-810.

KARLSSON, A. 2008. MANUFACTURING SYSTEM DESIGN BASED ON REAL-LIFE DEMANDS – A METHOD DESCRIPTION. *INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE.* Dubrovnik - Croatia.

KARMARKAR, U. & KEKRE, S. 1987. Manufacturing Configuration, Capacity and Mix Decisions Considering Operational Costs. *Journal of Manufacturing Systems,* 6, 315-324.

KIM, C. & LEE, T.-E. 2013. Modelling and simulation of automated manufacturing systems for evaluation of complex schedules. 51, 3734-3747.

KUSIAK, A. & LARSON, N. 1999. *Concurrent Engineering,* the United States of America, A Wiley-interscience Publication.

KUTZNER, S. C. & KIESMüLLER, G. P. 2013. Optimal control of an inventory-production system with state-dependent random yield. *European Journal of Operational Research*, 444-452.

LAPERRIE`RE, L. & REINHART, G. 2014. *CIRP Encyclopedia of Production Engineering,* New York Dordrecht London, Springer Heidelberg.

LIRAVIASL, K. K., ELMARAGHY, H., HANAFY, M. & SAMY, S. N. 2015. A Framework for Modelling Reconfigurable Manufacturing Systems Using Hybridized Discrete-Event and Agent-based Simulation. *IFAC (International Federation of Automatic Control).*

MAHAYUDDIN, Z. R. & KHAIRUDDIN, N. A. 2017. Rapid Simulation Model Building in Cellular Manufacturing using Cladistics Technique. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology,* 7, 489-495.

MEHRABI, M. G., ULSOY, A. G. & KOREN, Y. 2000. Reconfigurable manufacturing systems: Key to future manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 403-419.

MITRA, D. 1991. ANALYSIS OF KANBAN DISCIPLINE FOR CELL COORDINATION IN PRODUCTION LINES, II: STOCHASTIC DEMANDS. *Operation Research,* 39, 807-823.

MOHAMED, N. M. Z. N. & KHAN, M. K. 2012. Decomposition of Manufacturing Processes: A Review. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering (IJAME),* 5, 545-560.

NA, J. H., CHOI, Y. & HARRISON, D. 2016. Beyond Design for Manufacture: A Design Innovation Framework. *DMI,* 27, 34-40.

OECD 2008. *Handbook on Constructing Composite Indicators*.

ONKEN, M. & CAMPEAU, D. 2016. Lean Startups: Using the Business Model Canvas. *Journal of Case Studies,* 34, 95-101.

PITTMAN, P. H. & ATWATER, J. B. 2016. APICS Dictionary Fifteenth Edition. *In:* PITTMAN, P. H. & ATWATER, J. B. (eds.) Fifteenth ed. Chicago: APICS.

SADEGHI, R., DAUZERE-PERES, S. & YUGMA, C. 2016. A Multi-Method Simulation Modelling for Semiconductor Manufacturing. *IFAC*, 727-732.

SIVARD, G. & LUNDGREN, M. 2008. *A methodology for manufacturing system development.* KTH - Royal Institute of Technology.

SPENA, P. R., HOLZNER, P., RAUCH, E., VIDONI, R. & MATT, D. T. 2015. Requirements for the Design of flexible and changeable Manufacturing and Assembly Systems: a SME-survey. 48*th CIRP Conference on MANUFACTURING SYSTEMS - CIRP CMS* 2015.

STARBEK, M. & MENART, D. 2000. The optimization of material flow in production. *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 1299–1310.

SUH, N. P., S.COCHRAN, D. & LIMA, P. C. 2008. *Manufacturing System Design.* M. I.T. Cambridge.

TOMPKIMS, J. A., WHITE, J. A., BOZER, Y. A. & TANCHOCO, J. M. A. 2003. *Facilities Planning*.

TSOURVELOUDIS, N., VALAVANIS, K., GRACANIN, D. & MATIJASEVIC, M. ON THE MEASUREMENT OF AGILITY IN MANUFACTURING SYSTEMS. European Symposium on Intelligent Techniques, 1999.

ULRIC J. GELINAS, J., SUTTON, S. G. & FEDOROWICZ, J. 2004. *Business Process & Information Technology*.

VIDOR, G., MEDEIROS, J. F. D., FOGLIATTO, F. S. & TSENG, M. M. 2015. Critical characteristics for the implementation of mass-customized services. *European Business Review,* 27, 513-534.

WANKE, P., ALVARENGA, H., CORREA, H., HADI-VENCHEH, A. & AZAD, M. A. K. 2017. Fuzzy inference systems and inventory allocation decisions: Exploring the impact of priority rules on total costs and service levels. *Expert Systems With Applications*.

WELBORN, C. 2009. Customization Index: Evaluating the Flexibility of Operations in a Mass Customization Environment. *The IUP Journal of Operations Management,* 8, 6-13.

WU, B. 1992. *A design and evaluation methodology of manufacturing systems,* 2-6 Boundary Row, London SE1 8HN, UK, Chapman & Hall.

ZHAO, S. T., KANWU & XUE-MINGYUAN 2016. Optimal integer-ratioinventory coordination policy for an integrated multi-stage supply chain. *Applied Mathematical Modelling*, 3876-3894.

ภาษาไทย

พรประเสริฐสกุล, อ. 2001a. การวิเคราะห์ (*Analysis),* กรุงเทพฯ, ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.

พรประเสริฐสกุล, อ. 2001b. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับระบบ (*System),* กรุงเทพฯ, ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.

พรประเสริฐสกุล, อ. 2001c. เทคนิคการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาความจริงของระบบ (*Fact Gathering Techniques),* กรุงเทพฯ, ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.

พรประเสริฐสกุล, อ. 2001d. แผนภาพกระแสข้อมูล (*Data Flow Diagram, DFD),* กรุงเทพฯ, ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ.

ภักดีวัฒนะกุล, ก. & กลมกล่อม, ก. 2005. คัมภีร์การวิเคราะห์และออกแบบระบบเชิงวัตถุด้วย *UML,* กรุงเทพฯ, บริษัท เคทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด.

รัตนมณี, ว., ตระการชัยศิริ, พ., แสงศักดิ์, จ., ปราชญา, ป. & อามีน, พ. 2012. ศึกษาและออกแบบกระบวนการผลิตอัตโนมัติในโรงงานของเล่นเด็กจากไม้ยางพารา. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ.

ลิมป์มณีรักษ์, อ. 2013. การออกแบระบบซื้อ-ขายความจุรถบรรทุก. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาอุตสาหการ, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ว่องอรุณ, ว. 2004. กระบวนการทางธุรกิจ (Business Process). 8.

เวทีกูล, ม. & เชาวลิตวงศ, ป. 2012. การวิเคราะห์ทางเลือก การวางผังโรงงานของ สายการผลิตชุดบังคับเลี้ยวล้อหน้า. วารสารวิศวกรรม, 3, 19-34.

สว่างนพ, ส. 2007. การออกแบบเครือข่ายสารสนเทศเพื่อการจัดการโรงพยาบาล. ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม 2016a. บทสรุปผู้บริหารปี 2559. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม.

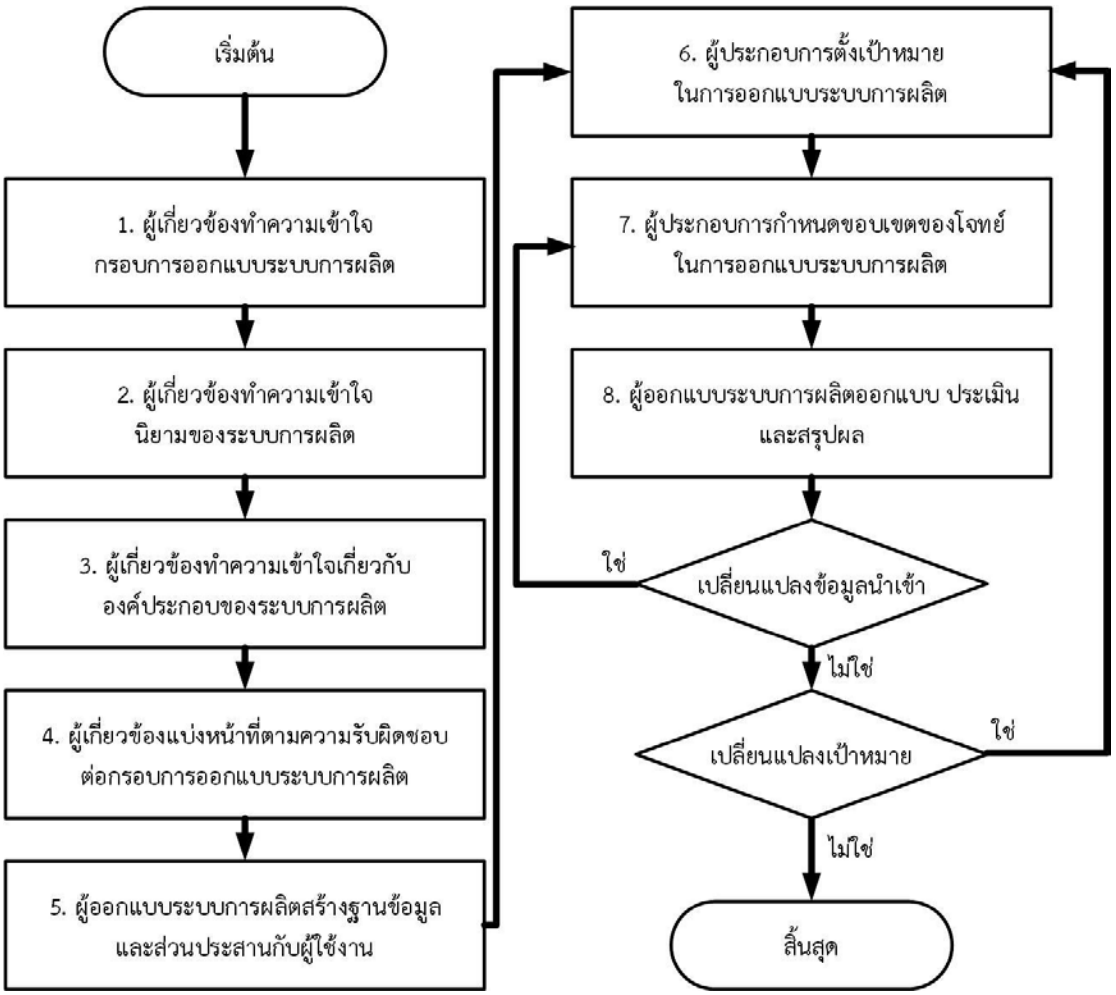
สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม 2016b. รายงานสถานการณ์ปี 2559 SMEs. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานส่งเสริมวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม.

เอี่ยมสิริวงศ์, . 2006. การวิเคราะห์ และ ออกแบบระบบ, กรุงเทพฯ, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

ภาคผนวก
คู่มือการใช้งานกรอบการออกแบบระบบการผลิต

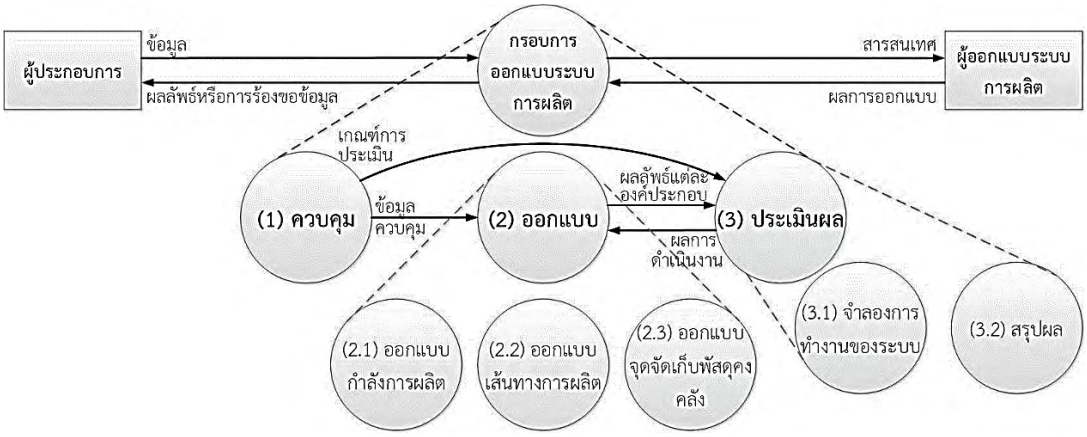
การใช้งานกรอบการออกแบบระบบการผลิตสามารถสรุปขั้นตอนได้ดังแผนภาพการไหลด้านล่าง โดยคำอธิบายจะกล่าวต่อไปหลังจากแผนภาพ ซึ่งสามารถอ่านรายละเอียดนอกเหนือจากในคู่มือได้จากเนื้อหาในเล่มวิจัย ซึ่งการออกแบบเริ่มต้นจากความต้องการระบบการผลิตของผู้ประกอบการ และจะสิ้นสุดเมื่อได้คำตอบตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยหากได้คำตอบแล้ว ผู้ประกอบการสามารถทดลองเปลี่ยนโจทย์การออกแบบ โดยมีการเปลี่ยนข้อมูลนำเข้าใหม่ หรือเปลี่ยนแปลงเป้าหมายใหม่ ซึ่งจะต้องกลับไปที่ขั้นตอนการนำเข้าข้อมูลใหม่ หรือขั้นตอนการตั้งเป้าหมายใหม่ แล้วทำการออกแบบใหม่ทั้งหมด หากไม่ทำการเปลี่ยนแปลงข้อมูลใดๆ แล้ว คำตอบสุดท้ายที่ได้ ถือเป็นการสิ้นสุดการออกแบบ

แผนภาพแสดงขั้นตอนการใช้งานกรอบการออกแบบระบบการผลิต



1. ผู้เกี่ยวข้องทำความเข้าใจกรอบการออกแบบระบบการผลิต

กรอบการออกแบบระบบการผลิต



จากรูปกรอบการออกแบบระบบการผลิต จะพบว่ากรอบการออกแบบระบบการผลิตนี้จะต้องมีผู้เกี่ยวข้อง 2 ฝ่าย ได้แก่ ผู้ประกอบการ และผู้ออกแบบระบบการผลิต เพื่อให้เกิดการดำเนินการตามกรอบการดำเนินการนี้ โดยกิจกรรมที่ต้องดำเนินการตามกรอบ ได้แก่

(1) การควบคุม หมายถึง การตั้งเป้าหมายและขอบเขตในการออกแบบต่อจากนี้ ซึ่งจะควบคุมการดำเนินการออกแบบและประเมินผล

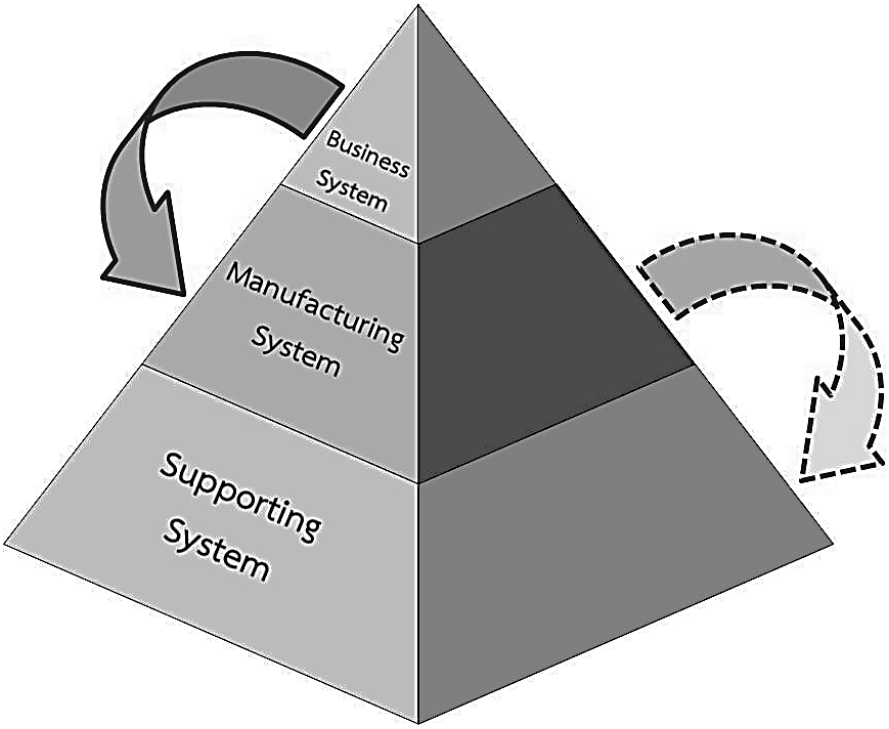
(2) การออกแบบ หมายถึง การวิเคราะห์และตัดสินใจเพื่อได้คำตอบเป็นระบบการผลิตที่เหมาะสม โดยการออกแบบแบ่งเป็น (2.1) การออกแบบกำลังการผลิต (2.2) การออกแบบเส้นทางการผลิต และ (2.3) การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง

(3) การประเมินผล หมายถึง การประเมินให้แน่ใจว่าคำตอบได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้แล้ว แบ่งเป็น (3.1) จำลองการทำงานของระบบ และ (3.2) การสรุปผล

2. ผู้เกี่ยวข้องทำความเข้าใจนิยามของระบบการผลิต

เพื่อความเข้าใจที่ตรงกัน ผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคนต้องเห็นตรงกันว่าสิ่งที่กำลังจะออกแบบต่อจากนี้ **ระบบการผลิต (Manufacturing System)** จะหมายถึง **ส่วนการผลิต (Production Function)** ที่ถูกควบคุมโดยข้อมูลที่ผ่านการตัดสินใจแล้วของ**ระบบบริหาร (Business System)** และผลลัพธ์จากการออกแบบจะสามารถนำไปออกแบบ**ระบบสนับสนุนการผลิต (Supporting System)** ได้ภายหลัง ตามรูปพีระมิดแสดงระดับขั้นของระบบอุตสาหกรรมด้านล่าง

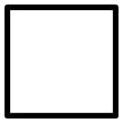
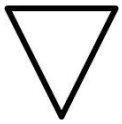
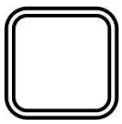
พีระมิดแสดงระดับขั้นของระบบอุตสาหกรรม



3. ผู้เกี่ยวข้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบของระบบการผลิต

องค์ประกอบการออกแบบระบบการผลิตแบ่งเป็น 5 องค์ประกอบ ซึ่งผู้เกี่ยวข้องต้องมีความเข้าใจในบทบาทต่อระบบการผลิตที่ตรงกัน และใช้สัญลักษณ์ที่ตรงกันตามที่ระบุไว้ ดังตารางด้านล่าง

ชื่อ สัญลักษณ์ และนิยาม แต่ละองค์ประกอบของระบบการผลิต

ชื่อ	สัญลักษณ์	นิยาม
ทรัพยากรการผลิต		ทรัพยากรใดที่เพิ่มมูลค่าให้กับชิ้นงานโดยการแปรรูป และทำให้เกิดกำลังการผลิต ถือเป็นจุดที่เล็กที่สุดของระบบการผลิต
สถานีงาน		ใช้ล้อมกรอบรอบทรัพยากรการผลิต ที่มีหน้าที่ดำเนินกระบวนการกลุ่มเดียวกันทั้งหมด ทรัพยากรการผลิตในสถานีงานเดียวกันจะสามารถทำงานแทนกันได้
เส้นทางการผลิต		แสดงถึงการส่งต่อกันว่าชิ้นงานจะถูกส่งจากสถานีงานต้นทางใด ไปสู่สถานีปลายทางใด แบ่งตามความรับผิดชอบด้วยว่าทำเพื่อผลิตภัณฑ์ใด โดยแบ่งลูกศรแยกสีตามผลิตภัณฑ์
จุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง		แสดงตำแหน่งในเชิงแนวคิด บอกว่าเก็บชิ้นงานอะไร และจำนวนขั้นต่ำเท่าไร รับจากสถานีงานใด และส่งไปยังสถานีงานใด
กลุ่มการผลิต		ใช้ล้อมกรอบรอบกลุ่มสถานีงาน และจุดจัดเก็บสินค้าคงคลัง ที่มีเส้นทางการผลิตเชื่อมระหว่างกัน ควรมีตำแหน่งอยู่ใกล้กัน หรือส่งต่อชิ้นงานระหว่างกันได้สะดวก

4. ผู้เกี่ยวข้องแบ่งหน้าที่ตามความรับผิดชอบต่อกรอบการออกแบบระบบการผลิต

ทั้งผู้ทำหน้าที่ผู้ประกอบการ และผู้ออกแบบ ไม่จำเป็นต้องเป็นบุคคลเพียงคนเดียวในฝ่ายหนึ่งๆ สามารถเป็นกลุ่มคนที่ให้ข้อมูลในส่วนที่ต่างกันไป แต่เมื่อรวมกันแล้วได้ข้อมูลครบถ้วน และต้องสามารถดำเนินกิจกรรมตามกรอบระบบการผลิตได้ นอกจากนี้ผู้ออกแบบยังสามารถแทนด้วยอัลกอริทึม หรือโปรแกรมอัตโนมัติต่างๆ ทั้งนี้จะต้องเลือกตามความสามารถในการให้ข้อมูล ดังนี้

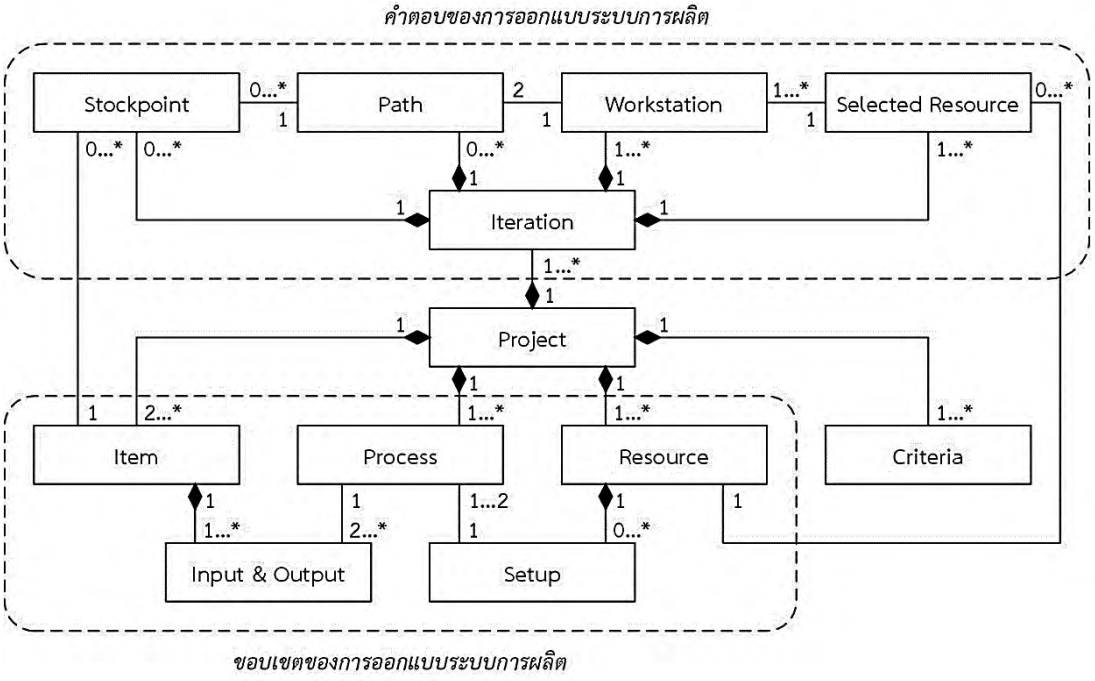
ผู้ประกอบการ: สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับระบบการผลิตที่ต้องการได้ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการออกแบบระบบบริหาร ได้แก่ ระดับข้อมูลเป้าหมาย และข้อมูลแสดงขอบเขตการออกแบบระบบการผลิต ทั้งนี้ต้องสามารถดำเนินการควบคุมได้ ในการดำเนินตามกรอบการออกแบบระบบการผลิต

ผู้ออกแบบระบบการผลิต: สามารถให้ข้อมูลองค์ประกอบของระบบการผลิต ซึ่งผ่านการวิเคราะห์และตัดสินใจแล้วว่าเหมาะสมกับเป้าหมาย และขอบเขตของระบบการผลิตที่พิจารณา นั้นคือ ข้อมูลคำตอบของการออกแบบระบบการผลิต ทั้งนี้ต้องสามารถดำเนินการออกแบบ และการประเมินผลได้ในการดำเนินตามกรอบการออกแบบระบบการผลิต

5. ผู้ออกแบบระบบการผลิตสร้างฐานข้อมูล และส่วนประสานกับผู้ใช้งาน

ผู้ออกแบบต้องสร้างฐานข้อมูลที่จะใช้เก็บข้อมูลต่อจากนี้ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยสร้างตามโครงสร้างข้อมูลด้านล่าง ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลผ่าน Conceptual Class Diagram แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ข้อมูลเป้าหมาย ข้อมูลแสดงขอบเขตการออกแบบระบบการผลิต ข้อมูลคำตอบของการออกแบบระบบการผลิต โดยสามารถอ่านรายละเอียดนิยามข้อมูลได้ที่หน้า 70-74 รวมถึงอ่านรายละเอียดความสัมพันธ์ และบทบาทของผู้ใช้งานต่อข้อมูล ได้ที่หน้า 74-88 ซึ่งเมื่อเข้าใจโครงสร้างข้อมูลแล้ว ก็จะสามารถสร้างฐานข้อมูล และส่วนประสานกับผู้ใช้งานตามได้ ทั้งนี้สามารถดูตัวอย่างส่วนประสานกับผู้ใช้งานได้จากหน้าที่ 88-101 ซึ่งสร้างตามความสามารถในการจัดการกับข้อมูลที่ต่างกันของแต่ละผู้ใช้งานนั้นเอง

โครงสร้างข้อมูล



6. ผู้ประกอบการตั้งเป้าหมายในการออกแบบระบบการผลิต

ผู้ประกอบการต้องตั้งเป้าหมายว่าระบบการผลิตควรมีคุณสมบัติอย่างไร จึงจะถือว่าดีสำหรับระบบการผลิตที่พิจารณาอยู่ โดยประกอบกับการวางแผนระดับบริหาร โดยระบบการผลิตที่ดีควรคุณสมบัติ 4 ด้าน ได้แก่

(1) **ด้านปริมาณ (Volume)** หมายถึง การผลิตได้ปริมาณมาก ในขณะที่เสียต้นทุนน้อย ใช้ทรัพยากรที่มีได้อย่างคุ้มค่า เช่น ประสิทธิภาพในการผลิตสูง

(2) **ด้านความไว (Agility)** หมายถึง ความไวในการจัดการ สามารถปรับการทำงานได้อย่างรวดเร็ว จัดการได้ง่าย เช่น เวลาในการปรับตั้งต่ำ

(3) **ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility)** หมายถึง การรองรับสถานการณ์ได้เปลี่ยนแปลงอย่างหลากหลาย ก็ยังสามารถปรับแผนการทำงานให้รองรับได้ เช่น ทรัพยากรการผลิตผลิตได้หลากหลายกระบวนการ และกำลังการผลิตที่มีอยู่ สามารถรองรับความต้องการเพิ่มขึ้นได้

(4) **ด้านความทนทาน (Robustness)** หมายถึง ความสามารถผลิตเพื่อตอบความต้องการได้ทันตามกำหนด แม้มีเหตุการณ์ที่เกินความคาดหมาย เช่น ตอบสนองความต้องการได้ แม้เครื่องจักรหยุดทำงานจำนวนมาก

ผู้ประกอบการสามารถเลือกได้ว่าระบบการผลิตที่พิจารณา ให้ความสำคัญกับด้านใด มากน้อยอย่างไร โดยมีวิธีการตั้งเกณฑ์ของแต่ละมิติได้ 3 ลักษณะ ได้แก่

(1) **ให้คะแนนความสำคัญแต่ละมิติ**: ในกรณีที่ไม่สามารถตั้งตัวชี้วัดได้เฉพาะเจาะจง ผู้ประกอบการสามารถบอกเพียงลำดับความสำคัญที่สนใจในแต่ละมิติได้ โดยมีข้อแม้ว่าผู้ออกแบบจะต้องแปลงจากคะแนนเป็นเกณฑ์ของแต่ละตัวชี้วัดได้

(2) **ตั้งเกณฑ์เป็นขอบเขตที่รับได้**: สามารถตั้งเป็นตัวเลขเจาะจงของแต่ละตัวชี้วัด ว่าต้องมีค่ามากกว่า น้อยกว่า หรือเท่ากับค่าใด จึงจะถือว่าเป็นระบบการผลิตที่บรรลุตามเป้าหมาย โดยอ้างอิงตามตัวชี้วัดที่ผู้ออกแบบสามารถใช้ตัดสินใจได้

(3) **ตั้งเป็นค่าที่ต้องทำให้ได้สูงที่สุด หรือต่ำที่สุด**: กรณีต้องการทำให้ดีที่สุดในตัวชี้วัดนั้นๆ เท่าที่ขอบเขตความสามารถในการสร้างระบบการผลิตจะทำได้ อ้างอิงตามตัวชี้วัดที่ผู้ออกแบบสามารถใช้ตัดสินใจได้เช่นกัน

7. ผู้ประกอบการกำหนดขอบเขตของโจทย์ในการออกแบบระบบการผลิต

ผู้ประกอบการจะต้องให้ข้อมูลที่เกี่ยวกับระบบการผลิต โดยอาศัยเอกสารรวบรวมข้อมูลนำเข้า (สามารถดูตัวอย่างเอกสารได้ที่หน้าที่ 95-97) ซึ่งจะเป็นขอบเขตในการออกแบบต่อไป โดยได้จากการวางแผนในระดับบริหาร ได้แก่

(1) **ข้อมูลผลิตภัณฑ์**: ผลิตสินค้าอะไรบ้าง ประกอบจากอะไรบ้าง แต่ละผลิตภัณฑ์มีความต้องการจากลูกค้าอย่างไร โดยให้รายละเอียดมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ อย่างน้อยต้องประมาณกำลังการผลิตที่ต้องการสำหรับผลิตภัณฑ์นั้นได้ ซึ่งได้จากการตัดสินใจระดับบริหารว่าสนใจจะผลิตสินค้าอะไร ประกอบกับการคาดการณ์สถานการณ์ตลาดในขณะนั้น

(2) **ข้อมูลกระบวนการ**: แต่ละผลิตภัณฑ์ต้องผ่านกระบวนการใดบ้าง ทำการแปรรูปจากชิ้นงานใดเป็นชิ้นงานใด และระหว่างแต่ละขั้นตอน เกิดชิ้นงานระหว่างผลิตอะไรบ้าง ซึ่งต้องมีการเลือกแล้วว่าจะผลิตด้วยกระบวนใด พร้อมกับระบุมีจำนวนชิ้นงานที่เข้าสู่กระบวนการ และจำนวนชิ้นงานที่ออกจากกระบวนการ ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงกระบวนการตามที่ทรัพยากรการผลิตที่เลือกไว้ทำได้จริงด้วย โดยให้เลือกให้สอดคล้องกับนโยบายของระบบบริหาร

(3) ข้อมูลทรัพยากรการผลิต: จากกระบวนการที่เลือกไว้ จะต้องเลือกว่ามีเครื่องจักรใดที่ทำกระบวนการเหล่านั้นได้ ภายใต้เกณฑ์เชิงคุณภาพที่ระดับบริหารตัดสินใจเลือกไว้ โดยต้องสามารถบอกได้ว่าสามารถทำกระบวนการใดได้บ้าง ใช้เวลาเท่าไรในการดำเนินกระบวนการนั้น ระบุเวลาเผื่อเพื่อคำนึงถึงความแปรปรวนของการเวลาดำเนินการ รวมถึงเวลาเสริมที่อาจเพิ่มขึ้นมาจากการขนย้าย และเวลาในการปรับตั้งเท่าไรเพื่อปรับจากสถานะต่างๆ มาสู่สถานะที่ทำกระบวนการเหล่านั้นได้

8. ผู้ออกแบบระบบการผลิตออกแบบ ประเมิน และสรุปผล

การออกแบบแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การออกแบบกำลังการผลิต การออกแบบเส้นทางการผลิต และการออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง ประกอบกับส่วนการประเมินผลอีก 2 ส่วน คือ การจำลองการทำงานของระบบ และการสรุปผล เพื่อให้เกิดการออกแบบเพื่อพัฒนาคำตอบ โดยการออกแบบจะต้องนำส่งตามตารางด้านล่าง

คำตอบนำส่งของแต่ละส่วนการออกแบบ

ส่วนการออกแบบ	คำตอบนำส่ง
การออกแบบกำลังการผลิต	- จำนวนทรัพยากรการผลิต
การออกแบบเส้นทางการผลิต	- กระบวนการที่ทรัพยากรรับหน้าที่ดำเนินงาน - เส้นทางระหว่างสถานีงาน
การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง	- มีหรือไม่มีจุดจัดเก็บบนเส้นทางการผลิตนั้น - ชิ้นงานที่เก็บ - จำนวนขั้นต่ำที่เก็บ

เมื่อแต่ละส่วนการออกแบบทำการออกแบบตามหลักการออกแบบที่แสดงไว้ในหน้าที่ 49-59 เรียบร้อยแล้ว คำตอบจะต้องถูกส่งต่อจากการออกแบบกำลังการผลิต ไปสู่การออกแบบเส้นทางการผลิต และส่งไปที่การออกแบบจุดจัดเก็บพัสดุคงคลัง เมื่อครบทั้ง 3 ส่วนแล้ว จะต้องทดสอบผ่านแบบจำลอง เพื่อประเมินผล และสรุปเป็นผลที่ได้ ซึ่งส่วนการประเมินผลจะต้องสามารถสรุปได้ว่าระบบการผลิตมีคุณสมบัติตามเป้าหมายหรือไม่เมื่อนำแต่ละองค์ประกอบที่ออกแบบได้มาทำงานร่วมกันภายใต้สถานการณ์เสมือนจริง สรุปว่ามีส่วนใดที่ยังต้องปรับปรุง และส่งกลับไปให้ส่วนการออกแบบที่ต้องรับผิดชอบในการแก้ไขตามสิ่งที่สะท้อนได้จากตัวชี้วัดต่างๆ

หากถูกส่งไปยังส่วนใดแล้ว ส่วนที่อยู่ถัดลงมาจะต้องถูกออกแบบใหม่ด้วย ตามคำตอบที่ถูกส่งต่อมาใหม่ จนกว่าคำตอบสุดท้ายที่รวมทุกส่วนจะถูกประเมินว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ที่สามารถทำได้ภายใต้ขอบเขตที่กำหนดไว้ตอนต้น ทั้งนี้ หากสามารถหาส่วนประเมินผลระหว่างส่วนการออกแบบ ก็จะช่วยให้การออกแบบไม่จำเป็นต้องออกแบบทั้ง 3 ส่วน แล้วประเมินผลที่ปลายทางสุดท้ายเท่านั้น แต่สามารถตรวจพบสิ่งที่ต้องปรับปรุง และส่งกลับไปยังส่วนก่อนหน้าได้ โดยไม่ต้องเสียเวลาส่งไปยังปลายทางก่อนแล้วจึงวนกลับ ซึ่งต้องอาศัยการเลือกอัลกอริทึม โปรแกรม หรือพัฒนาโปรแกรมร่วมกัน โดยจะเกิดการส่งต่อข้อมูลดังรูปสรุปภาพรวมการออกแบบด้านล่าง ซึ่งระหว่างการส่งต่อจะแฝงด้วยส่วนการประเมินเสมอ เพื่อสุดท้ายจะนำส่งคำตอบของการออกแบบระบบการผลิตที่ดีที่สุดผ่านรายงานผลลัพธ์ (สามารถดูตัวอย่างรายงานได้ที่หน้าที่ 95-101) ที่ผู้ประกอบการสามารถนำไปใช้ต่อได้

ภาพรวมการออกแบบ