



การจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดลำดับการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานเชื่อมและประกอบ  
โลหะ



อรรถพล ว่องกสิกิจ

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดลำดับการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานเชื่อมและประกอบ  
โลหะ



อรรถพล ว่องกสิกิจ

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล

คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

Data Simulation to Analyze Production Sequencing Patterns: Case Study of a Metal  
Fabrication Manufacturing



ATTAPOL WONGKASIKIT

AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF SCIENCE

IN DATA SCIENCE

FACULTY OF INFORMATICS

BURAPHA UNIVERSITY

2024

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ได้พิจารณางาน  
นิพนธ์ของ อรรถพล ว่องกลกิจ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ริมเจริญ)

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนนท์ ลีลาตระกูล)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ริมเจริญ)

..... กรรมการ

(ดร.คณินิจ กุโบล่า)

..... คณบดีคณะวิทยาการสารสนเทศ

(รองศาสตราจารย์ ดร. กฤษณะ ชินสาร)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ  
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการข้อมูล ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิหวัศ แจ้งเอี่ยม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

64910136: สาขาวิชา: วิทยาการข้อมูล; วท.ม. (วิทยาการข้อมูล)

คำสำคัญ: เวลาผลิตรวม, การผลิตแบบไหลเลื่อน, การจำลองข้อมูล, การเรียงสับเปลี่ยน, เวลาสูญเสีย

อรรถพล ว่องกลกิจ : การจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดลำดับการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานเชื่อมและประกอบโลหะ. (Data Simulation to Analyze Production Sequencing Patterns: Case Study of a Metal Fabrication Manufacturing) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: สุนิสา ริมเจริญ ปี พ.ศ. 2567.

บทความนี้นำเสนอวิธีการจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดลำดับการผลิตสำหรับโรงงานเชื่อมและประกอบโลหะ ปัญหาการจัดลำดับการผลิตในโรงงานแห่งนี้มีปัญหาที่ส่งผลต่อเวลาการผลิตขึ้นงานซึ่งอาจกระทบต่อการทำงานให้เสร็จทันกับวันส่งมอบขึ้นงานให้กับลูกค้า ปัจจุบันทางโรงงานที่ผู้วิจัยใช้เป็นกรณีศึกษาไม่มีเครื่องมือที่จะเข้ามาช่วยตัดสินใจในการจัดลำดับการผลิตให้สอดคล้องกับวันส่งมอบ โรงงานแห่งนี้ผลิตขึ้นงานอยู่ 9 รุ่น ซึ่งมีระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนไปตามสถานีงานต่างๆ โดยมีสถานีงานทั้งหมดจำนวน 22 สถานี โดยขึ้นงานทั้ง 9 รุ่นจะมีลำดับกระบวนการผลิตและเวลาที่ใช้ในการผลิตบนสถานีงานที่ไม่เท่ากัน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อค้นหการจัดรูปแบบลำดับการผลิตที่ให้เวลาผลิตรวมที่น้อยที่สุดของเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ของชุดการผลิตที่มีการผสมกันของขึ้นงาน (Mixed Model Production) เพื่อนำรูปแบบที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ไปเป็นแนวทางในการจัดวางลำดับการผลิตโดยใช้วิธีการจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบที่เป็นไปได้ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีที่นำเสนอเปรียบเทียบกับวิธีการจัดลำดับการผลิตที่โรงงานใช้อยู่เดิมในระยะเวลา 1 เดือน พบว่าวิธีที่นำเสนอสามารถหารูปแบบการจัดลำดับการผลิตที่ใช้เวลาการผลิตลดลง 5,688 นาที ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การประหยัดเวลาลงได้ 8.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการจัดลำดับการผลิตแบบเดิม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์จากเทคนิคการจำลองข้อมูลในการจัดลำดับในสำหรับกระบวนการผลิตของโรงงานเชื่อมและประกอบโลหะ ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินการและการส่งมอบงานให้ลูกค้า

64910136: MAJOR: DATA SCIENCE; M.Sc. (DATA SCIENCE)

KEYWORDS: MAKESPAN, FLOW SHOP, PRODUCTION SCHEDULING, DATA  
SIMULATION, PERMUTATION, IDLE TIME

ATTAPOL WONGKASIKIT : DATA SIMULATION TO ANALYZE PRODUCTION  
SEQUENCING PATTERNS: CASE STUDY OF A METAL FABRICATION MANUFACTURING.  
ADVISORY COMMITTEE: SUNISA RIMCHAROEN, 2024.

This paper introduces a data simulation method to improve production scheduling in a welding and metal fabrication factory. Effective scheduling is crucial for on-time deliveries and customer satisfaction, but the factory currently lacks tools for efficiently aligning schedules with committed shift dates. The factory produces nine product models with varying production times across 22 workstations. Our research aims to identify the optimal scheduling strategy to minimize overall production time. We utilize data simulation to explore different scheduling patterns and identify the most efficient one. In a one-month test period, our method reduced production time by 5,688 minutes, representing an 8.5% improvement over existing scheduling methods. This research highlights the potential of data simulation techniques to optimize scheduling for welding and metal fabrication processes, ultimately enhancing operational efficiency and the ability to meet customer delivery requirements.

## กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงไปได้เลยหากปราศจากข้อเสนอแนะ ข้อปรึกษาและกำลังใจอันมีค่าที่ได้รับจาก รองศาสตราจารย์ ดร.สุนิสา ริมเจริญ ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งทั้งความสมบูรณ์ของงานนิพนธ์ และต่อโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการคุมสอบงานนิพนธ์ฉบับนี้ทั้ง 2 ท่าน รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนนท์ ธิลาตระกูล และ ดร.คณิงนิจ กุโบล่า สำหรับข้อชี้แนะที่ทำให้งานนิพนธ์ฉบับนี้ดีที่สุดเท่าที่เคยมีมา รวมถึงคณาจารย์ทุกท่านทั้งในภาควิชาวิทยาการข้อมูลและนอกภาควิชาที่มีอาจเอ่ยชื่อได้หมด ที่ทำให้ข้าพเจ้าสามารถบูรณาการความรู้ที่ได้รับนำมาปรับใช้ในงานนิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณเพื่อนร่วมชั้นเรียนปริญญาโทสาขาวิทยาการข้อมูล ที่คอยช่วยเหลือทางด้านต่างๆในช่วงระหว่างการเรียน และขอขอบพระคุณโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา สำหรับการสนับสนุนข้อมูลที่นำมาให้เป็นกรณีตัวอย่างนำไปสู่การค้นพบวิธีการในการแก้ปัญหา ข้าพเจ้าหวังว่า งานนิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานแห่งนี้และผู้ที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาต่อของงานนิพนธ์ฉบับนี้ให้ยั่งยืนต่อไป

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณกัลยาณมิตรทุกท่าน สำหรับความปรารถนาดีอันบริสุทธิ์ที่เป็นแรงผลักดันในทุกก้าวของความสำเร็จของข้าพเจ้าเสมอมา

อรรถพล ว่องกสิกิจ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานนิพนธ์ .....	3
1.3 ขอบเขตงานนิพนธ์.....	3
2.1 ประโยชน์ที่ได้คาดว่าจะได้รับ .....	3
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง .....	5
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับงาน .....	5
2.1.1 ประเภทของการผลิต.....	5
2.1.2 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิต .....	7
2.1.3 ปัญหาการจัดลำดับการผลิต (Sequencing Problems).....	8
2.1.4 วิธีการหาคำตอบให้กับปัญหาการจัดลำดับการผลิต.....	10
2.2 การจำลองสถานการณ์ (Simulation) .....	11
2.3 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา.....	12
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	16
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	17

3.1 ขั้นตอนกระบวนการดำเนินการวิจัย .....	17
3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองข้อมูลมีดังนี้.....	18
3.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลลัพธ์ .....	22
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	23
4.1 ผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์ด้วยวิธีการจัดกลุ่มเป็นช่วงเวลาของการผลิต .....	28
4.2 ผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่สนใจผ่านสเปซซีท.....	30
4.3 ผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่สนใจด้วยวิธีจับคู่อันดับเพื่อคู่ค่าเฉลี่ย .....	31
บทที่ 5 สรุปผล.....	34
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	34
5.2 อภิปรายผลการทดลอง .....	34
5.3 ข้อเสนอแนะ .....	35
บรรณานุกรม.....	36
ภาคผนวก.....	37
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	50

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 แสดงจำนวนเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ในการผลิตด้วยวิธีเรียงสับเปลี่ยนลำดับ .....	9
ตารางที่ 2-2 แสดงข้อมูลการประมาณการคำสั่งซื้อของเดือน มกราคม ถึง เดือนธันวาคม .....	13
ตารางที่ 2-3 แสดงตัวอย่างตารางกำหนดวันส่งมอบชิ้นงานของเดือนกุมภาพันธ์.....	14
ตารางที่ 2-4 แสดงเวลาที่ใช้บนสถานีงานต่างๆของชิ้นงานทั้ง 9 รุ่น.....	15
ตารางที่ 3-1 ตารางแสดงเวลาที่ชิ้นงานแต่ละรุ่นทำงานบนสถานีงาน .....	19
ตารางที่ 3-2 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์เวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ .....	20
ตารางที่ 4-1 แสดงเวลาที่มีการรอคอยในกระบวนการ (Idle times) .....	26
ตารางที่ 4-2 สถิติเชิงพรรณนาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4.....	27
ตารางที่ 4-3 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 1	28
ตารางที่ 4-4 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 2	28
ตารางที่ 4-5 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 3	28
ตารางที่ 4-6 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 4	29
ตารางที่ 4-7 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 5	29
ตารางที่ 4-8 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 6	29
ตารางที่ 4-9 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 7	29
ตารางที่ 4-10 เวลาเฉลี่ยของคู่ลำดับที่1 และลำดับที่2 .....	32
ตารางที่ 4-11 เวลาเฉลี่ยของคู่ลำดับที่6 และลำดับที่7 .....	33

## สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1-1 แสดงเวลาผลิตรวม 150 นาทีของการเรียงลำดับของชิ้นงานรุ่น D2->D4->D1.....	2
ภาพที่ 1-2 แสดงเวลาผลิตรวม 160 นาทีของการเรียงลำดับของชิ้นงานรุ่น D1->D4->D2.....	2
ภาพที่ 2-1 แสดงการเพิ่มขึ้นของเวลาในการค้นหาคำตอบเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล.....	9
ภาพที่ 2-2 แสดงการแบ่งกลุ่มวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดลำดับงาน.....	10
ภาพที่ 2-3 ภาพแสดงสถานีงานและการไหลของกระบวนการแบบทางเดียว.....	14
ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	17
ภาพที่ 4-1 ไฟล์เอ็กเซลล์ที่เก็บผลลัพธ์ที่ขึ้นต้นด้วย Model_D1.....	23
ภาพที่ 4-2 เปรียบเทียบการจัดลำดับการผลิตแบบเดิมกับรูปแบบใหม่.....	24
ภาพที่ 4-3 แผนภูมิแกนต์แสดงชุดการผลิตของ D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4.....	25
ภาพที่ 4-4 แผนภูมิแกนต์แสดงชุดการผลิตของ D3 D4 D4 D5 D7 D6 D2.....	25
ภาพที่ 4-5 ความเป็นไปได้ทุกกรณีในการเรียงลำดับของ D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4.....	27
ภาพที่ 4-6 ความเป็นไปได้ทุกกรณีในการเรียงลำดับของ D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 จากน้อยไปมาก .....	30
ภาพที่ 4-7 ความเป็นไปได้ทุกกรณีในการเรียงลำดับของ D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 จากมากไปน้อย .....	31

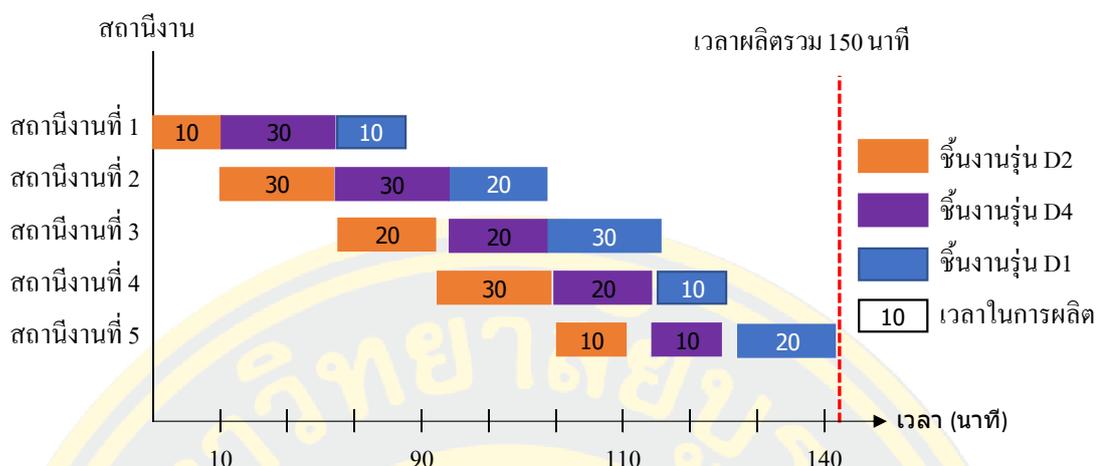
# บทที่ 1

## บทนำ

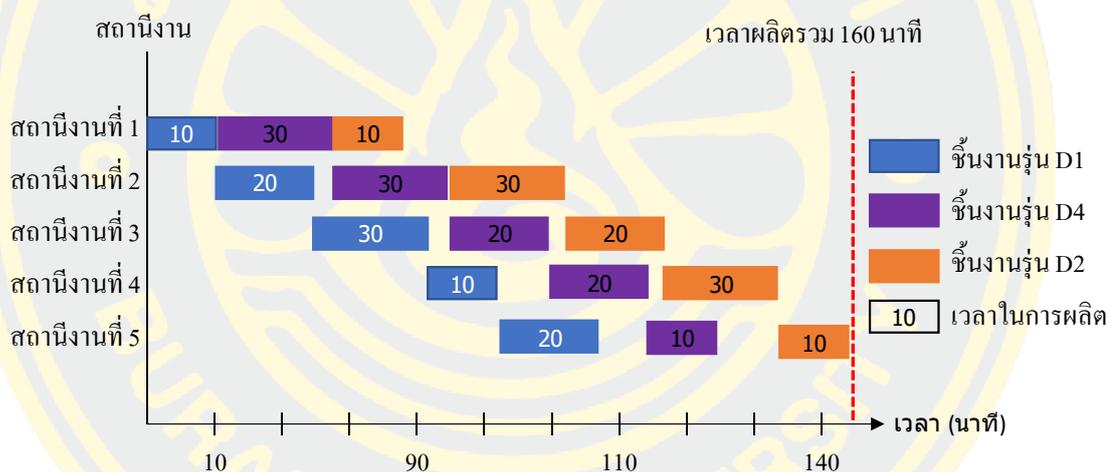
### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การจัดลำดับการผลิตถือว่าเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญมากกิจกรรมหนึ่งและเป็นปัญหาท้าทายในการตัดสินใจสำหรับผู้บริหาร ปัญหาการจัดลำดับการผลิตในโรงงานผลิตที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ (Model Mixed) และเป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อ (Made-to-Order) มีเงื่อนไขหลายอย่างที่เป็นข้อจำกัดในการจัดลำดับตารางการผลิต อาทิเช่น ความไม่แน่นอนของคำสั่งซื้อที่จะเข้ามา การจัดเตรียมวัตถุดิบให้เพียงพอต่อการผลิตโดยระดับวัตถุดิบคงคลังต้องไม่มากเกินไปจนมีผลกระทบต่อสถานะทางการเงิน หรือน้อยเกินไปจนอาจมีความเสี่ยงการขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิต การวางแผนกิจกรรมที่ทำบนเครื่องจักรแต่ละสถานีในการผลิตต้องเสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนด เพื่อส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าตามข้อกำหนด หากเกิดเหตุการณ์ที่ไม่สามารถส่งมอบสินค้าได้ตามที่กำหนดอาจมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นที่เกิดจากค่าปรับ และลูกค้าจะได้รับสินค้าที่ล่าช้าออกไป เป็นต้น ข้อจำกัดที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นแค่ส่วนหนึ่งของปัจจัยที่มีผลกระทบในการจัดลำดับการผลิตทั้งสิ้น โรงงานผลิตที่มีการวางแผนและจัดลำดับงานในการผลิตที่ดีต้องสามารถยืดหยุ่นและไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่อปัจจัยเหล่านี้

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการจัดลำดับงานของโรงงานเชื่อมและประกอบโลหะแห่งหนึ่ง ซึ่งปัจจุบันโรงงานผลิตแห่งนี้ประสบปัญหาไม่มีเครื่องมือที่จะเข้ามาช่วยตัดสินใจในการจัดลำดับการผลิตให้สอดคล้องกับวันส่งมอบซึ่งเวลารวมที่ใช้ในการผลิตยาวกว่าวันกำหนดส่งมอบ โดยที่ผ่านมามีการจัดลำดับงานมักจะใช้ประสบการณ์มาใช้ในการจัดลำดับงานซึ่งส่งผลให้ขาดความแม่นยำในการวางแผนลำดับงาน โดยโรงงานแห่งนี้ใช้แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) แสดงการทำงานบนสถานีงานตามลำดับขั้นตอนเพื่อแสดงเวลาผลิตรวม



ภาพที่ 1-1 แสดงเวลาผลิตรวม 150 นาทีของการเรียงลำดับของชิ้นงานรุ่น D2->D4->D1



ภาพที่ 1-2 แสดงเวลาผลิตรวม 160 นาทีของการเรียงลำดับของชิ้นงานรุ่น D1->D4->D2

จากภาพที่ 1-1 และภาพที่ 1-2 ที่แสดงให้เห็นถึงเวลาผลิตรวมของชิ้นงาน 3 รุ่นที่เรียงต่อกันตามลำดับ โดยชิ้นงานแต่ละรุ่นจะมีกระบวนการผลิตที่ผ่านสถานีงานตั้งแต่สถานีงานแรกจนถึงสถานีงานสุดท้ายซึ่งแต่ละกระบวนการผลิตของชิ้นงานแต่ละรุ่นที่ผ่านแต่ละสถานีงานใช้เวลาในการผลิตที่ไม่เท่ากัน ซึ่งหากพิจารณาภาพที่ 1-1 และภาพที่ 1-2 มีการนำเอารุ่นของชิ้นงาน 3 รุ่น คือ D1, D2, และ D4 มาจัดวางลำดับการผลิตที่แตกต่างกัน โดยภาพที่ 1-1 เรียงลำดับจากชิ้นงานรุ่น D2, D4, และ D1 เวลาผลิตรวมของการผสมกันของชิ้นงานทั้ง 3 รุ่นนี้จะเท่ากับ 150 นาที ในขณะที่ภาพที่ 1-2 มีการเรียงลำดับชิ้นงานรุ่น D1, D4, และ D2 เวลาผลิตรวมจะเท่ากับ 160 นาที จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 เหตุการณ์ถึงแม้จะใช้ชิ้นงานชุดเดียวกันในการผลิตแต่ผลลัพธ์เวลาผลิตรวมที่ได้ไม่เท่ากัน

ดังนั้นการจัดวางลำดับการผลิตจึงมีผลอย่างมากต่อเวลาผลิตรวมซึ่งอาจกระทบต่อการทำงานให้เสร็จทันกับวันส่งมอบชิ้นงานให้กับลูกค้า โดยเป้าหมายสำคัญในการจัดลำดับการงานคือจะต้องยังคงสามารถรักษาการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าตามวันที่ตกลงกันได้ ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการวางแผนการผลิตมาสร้างแบบจำลองเหตุการณ์การจัดลำดับงานเพื่อหารูปแบบในการผลิตที่ใช้เวลารวมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้สอดคล้องกับวันส่งมอบชิ้นงาน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานนิพนธ์

การค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองของข้อมูลเพื่อหาเวลาผลิตรวม ของทุกเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ของชุดการผลิตที่มีการผสมกัน (Mixed Model Production) ของชิ้นงานทั้ง 9 รุ่น เพื่อนำรูปแบบที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์นำไปเป็นแนวทางในการจัดวางลำดับงานในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

## 1.3 ขอบเขตงานนิพนธ์

1. ข้อมูลที่ใช้ทำการศึกษาเป็นของโรงงานประกอบและเชื่อมโลหะแห่งหนึ่ง
2. ปัจจัยที่นำเข้ามาเป็นข้อมูลในการศึกษา มีดังนี้

2.1 ข้อมูลประมาณการคำสั่งซื้อ ในช่วงเดือนมกราคม 2566 ถึงเดือน ธันวาคม 2566

2.2 จำนวนชิ้นงานทั้งหมด 9 รุ่น

2.3 จำนวนเครื่องจักรและสถานีงานในกระบวนการผลิตทั้งหมด 22 สถานีงาน

2.4 รอบเวลาการผลิต (Cycle Times) ในการผลิตบนเครื่องจักรและสถานีงานของสินค้าในแต่ละรุ่น

2.5 คำสั่งซื้อแต่ละเดือน

2.6 วันส่งมอบสินค้า

### 2.1 ประโยชน์ที่ได้คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มความแม่นยำในการจัดลำดับงานในการผลิต ลดความสูญเปล่าจากการรอคอยงานในกระบวนการผลิตอันเนื่องมาจากการจัดลำดับงานที่ผิดพลาดจากการใช้ประสบการณ์ในการวางแผนงาน

2. เป็นแนวทางในการช่วยตัดสินใจในการจัดลำดับงาน จากการนำข้อมูลเข้ามาจำลองเหตุการณ์ในการสร้างรูปแบบการจัดลำดับงาน

3. เพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดลำดับงานในตารางการผลิตและมีความไวในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงลำดับงาน

4. เสริมสร้างศักยภาพในการผลิตทั้งในแง่การได้เปรียบทางการแข่งขันและสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าในการส่งมอบสินค้าตรงเวลา



## บทที่ 2

### แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาเรื่องการจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดลำดับการผลิต สำหรับกรณีศึกษาโรงงานเชื่อมและประกอบโลหะในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษารวมไปถึงค้นคว้าทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่เคยถูกเผยแพร่มาก่อนหน้านี้ เพื่อนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการสร้างเครื่องมือสำหรับงานวิจัยและสนับสนุนผลการวิจัยเพื่อให้บรรลุผล

#### 2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับงาน

การจัดตารางการผลิต (Production Scheduling) เป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนการผลิต (Production Planning) ซึ่งเป็นการจัดสรรทรัพยากรการผลิต เช่น แรงงานที่ใช้ในการผลิต เครื่องจักร เวลา ต้นทุน เป็นต้น การจัดตารางการผลิตจะรับช่วงต่อมาจาก การวางแผนความต้องการวัสดุ (Material Requirement Planning: MRP) และการวางแผนความต้องการกำลังการผลิต (Capacity) ทั้งการจัดตารางการผลิตจะเกี่ยวข้องกับเรื่องการทำงาน (Job order) และการจัดลำดับงาน (Sequencing) [1]

การจัดลำดับการผลิต (Sequencing) เป็นกระบวนการตัดสินใจรูปแบบหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากรในการดำเนินการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในเวลาที่ต้องการ [2] การจัดลำดับการผลิตยังมีการกำหนดความสัมพันธ์ของลำดับงานที่จะผลิตภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อให้การผลิตนั้นๆ เสร็จภายในช่วงเวลาที่กำหนดหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการจัดเวลาการทำงานของงาน (Task) บนสถานีงานหรือเครื่องจักร (Machine) ที่ต้องการผลิตงานนั้นๆ การจัดลำดับงานนั้นจะขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ก่อนหลังของงาน กล่าวคือ สถานีงานจะไม่สามารถทำงานขึ้นต่อไปได้ ถ้ายังทำงานที่ทำก่อนยังไม่เสร็จ ซึ่งมีลักษณะเหมือนปัญหาแถวคอย (Queuing Problem) ซึ่งผลของการจัดลำดับงานจะทำให้สถานีงานนั้นๆ ตามลำดับที่จัดวางเอาไว้ งานผลิตใดที่ยังไม่ได้ทำการผลิตจะรอคอยอยู่หน้าเครื่องจักร [3]

##### 2.1.1 ประเภทของการผลิต

ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับระบบผลิตนั้นเราสามารถแบ่งประเภทของกระบวนการผลิตเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือ

1. แบ่งตามลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์เป็นการผลิตที่มีคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์

- 1.1 การผลิตตามคำสั่งซื้อ (Made to order) เป็นการผลิตที่คุณลักษณะของผลิตภัณฑ์จะเปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการของลูกค้าแต่ละราย การเตรียมการผลิตและวัตถุดิบที่ต้องการจะใช้

ตลอดจนกระบวนการผลิตจึงไม่สามารถคาดการณ์ไว้ล่วงหน้าได้ เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ต้องเป็นแบบ  
อเนกประสงค์และผู้ผลิตต้องมีความชำนาญหลายอย่างเพื่อทำการผลิตสิ่งที่ลูกค้าต้องการได้

1.2 การผลิตเพื่อรอจำหน่าย (Made to stock) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณลักษณะเป็น  
มาตรฐานเดียวกันตามความต้องการของกลุ่มลูกค้าเป้าหมายส่วนใหญ่ การจัดหาวัตถุดิบและการ  
เตรียมกระบวนการผลิตสามารถทำได้ล่วงหน้า เครื่องจักรอุปกรณ์จะเป็นเครื่องมือเฉพาะงานและ  
ผู้ผลิตถูกอบรมมาเพื่อทำงานตามหน้าที่เฉพาะอย่าง ตัวอย่างเช่น การผลิตแชมพู การผลิตเสื้อผ้า การ  
ผลิตรองเท้า เป็นต้น

1.3 การผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อ (Assembly to order) เป็นการผลิตชิ้นส่วนที่จะประกอบเป็น  
สินค้าสำเร็จรูปได้หลายชนิด ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านี้จะมีลักษณะแยกออกเป็นส่วนจำเพาะหรือ (Module)  
โดยผลิตรอไว้ก่อน เมื่อได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าจึงทำการประกอบโมดูลเป็นสินค้าตามลักษณะที่ลูกค้า  
ต้องการ จึงนับได้ว่าการผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อได้นำเอาลักษณะของการผลิตเพื่อรอจำหน่ายซึ่งมีการ  
ผลิตชิ้นส่วนเป็นโมดูลมาตรฐานที่ใช้ประกอบสินค้าหลายชนิดรอไว้มาผสมเข้ากับลักษณะของการผลิต  
ตามคำสั่งซื้อซึ่งนำโมดูลมาประกอบและเพิ่มรายละเอียดให้สินค้าสำเร็จรูปมีความแตกต่างกันไปตาม  
ความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย ตัวอย่างเช่น การผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า หลายรุ่นที่มีการใช้소재  
เหมือนกัน

## 2. แบ่งตามลักษณะของระบบการผลิตและปริมาณการผลิต

2.1 การผลิตแบบโครงการ (Project Manufacturing) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่  
ราคาแพง และมีลักษณะเฉพาะตามความต้องการของลูกค้าเฉพาะราย ตัวอย่างเช่น การสร้างเขื่อน  
การสร้างเครื่องบิน เป็นต้น การผลิตแบบโครงการมักมีปริมาณการผลิตต่อครั้งน้อยมากหรือผลิตครั้ง  
ละชิ้นเดียวและใช้เวลานาน การผลิตจะเกิดขึ้นที่สถานที่ตั้งโครงการ เมื่อเสร็จงานโครงการหนึ่งจึงย้าย  
ทั้งคนและวัสดุสิ่งของเครื่องมือต่างๆไปปฏิบัติงานใหม่ เครื่องมือที่ใช้จึงเป็นแบบอเนกประสงค์ซึ่ง  
เคลื่อนย้ายได้ง่าย และคนงานต้องสามารถทำงานได้หลายอย่างจึงต้องใช้แรงงานมีฝีมือผ่านการอบรม  
อย่างดี

2.2 การผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Job Shop) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะหลากหลาย  
ตามความต้องการของลูกค้า โดยมีปริมาณการผลิตต่อครั้งเป็นล็อต มีการเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ที่ผลิต  
ค่อนข้างบ่อย เครื่องจักรอุปกรณ์สถานีนางานต่างๆจะถูกรวมกันตามหน้าที่การใช้งานไว้ในสถานีการผลิต  
แยกเป็นหมวดหมู่อยู่ตามส่วนต่างๆของผังโรงงานในจุดที่สามารถทำให้กระบวนการผลิตทุกผลิตภัณฑ์  
สามารถดำเนินไปตามขั้นตอนการผลิตที่กำหนดไว้อย่างคล่องตัว การเดินเครื่องจักรผลิตจะผลิตสินค้า  
ชนิดหนึ่งจนได้ปริมาณตามที่ต้องการแล้วจึงเปลี่ยนไปผลิตสินค้าชนิดอื่นโดยใช้เครื่องจักรชุดเดิม

2.3 การผลิตแบบกลุ่ม (Batch Production) เป็นการผลิตที่คล้ายกับการผลิตแบบไม่  
ต่อเนื่องมากจนบางครั้งจัดเป็นการผลิตประเภทเดียวกัน แต่จะแตกต่างกันตรงที่การผลิตแบบกลุ่มจะ

มีลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตแยกเป็นกลุ่มๆ ในแต่ละกลุ่มจะผลิตตามมาตรฐานเดียวกัน ทั้งล็อต ในขณะที่การผลิตแบบไม่ต่อเนื่องจะมีลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์หลากหลายมากกว่า ลักษณะการจัดเครื่องจักรอุปกรณ์ของการผลิตแบบกลุ่มจะเหมือนกับการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องคือจัดเครื่องจักรตามหน้าที่การใช้งานเป็นสถานีแล้วงานจะไหลผ่านไปแต่ละสถานีตามลำดับขั้นตอนของงาน และเนื่องจากการผลิตแบบกลุ่มเป็นการผลิตเป็นล็อตขั้นตอนการผลิตจึงมีแบบแผนลำดับเหมือนกันเป็นกลุ่มๆ ตามล็อตการผลิตเหล่านั้น การผลิตแบบกลุ่มนี้ใช้ได้กับการผลิตตามคำสั่งซื้อและการผลิตเพื่อรอจำหน่าย ตัวอย่างเช่นการตัดเย็บเสื้อโหล เป็นต้น

2.4 การผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow Shop) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เหมือนกันในปริมาณมาก การผลิตแบบไหลเลื่อนจะมีเครื่องจักรอุปกรณ์เฉพาะของแต่ละสายผลิตภัณฑ์แยกต่างหาก โดยไม่มีการใช้เครื่องจักรร่วมกัน เครื่องจักรอุปกรณ์จะเป็นแบบเฉพาะงานสำหรับแต่ละสายผลิตภัณฑ์เพื่อการผลิตที่รวดเร็วและได้ปริมาณมาก การผลิตแบบนี้จะเหมาะสมกับการผลิตเพื่อรอจำหน่ายหรือใช้ในการประกอบโมดูลในการผลิตเพื่อรอคำสั่งซื้อจากลูกค้าต่อไป

2.5 การผลิตแบบต่อเนื่อง (Continuous Process) เป็นการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันในปริมาณที่มากมายอย่างต่อเนื่องโดยใช้เครื่องจักรเฉพาะอย่าง ซึ่งมักเป็นการผลิตที่ใช้วัตถุดิบในการผลิตขั้นตอนต่อไป

### 2.1.2 ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดการการผลิต

ตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดการการผลิตจะเป็นตัวกำหนดว่าตารางการผลิตที่สร้างขึ้นเป็นไปตามเป้าหมายที่ได้วางไว้หรือไม่ การกำหนดตัวชี้วัดจะขึ้นอยู่กับนโยบายขององค์กรว่าต้องการให้ตารางการผลิตที่ได้ออกมาเป็นรูปแบบใด [4] โดยตัวชี้วัดประสิทธิภาพของการจัดการการผลิต มีดังนี้

1. เวลาล่าช้า (Tardiness: T) หมายถึง เวลาที่ทำงานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนดส่งโดยอาจแบ่งตัวชี้วัดในด้านเวลาล่าช้าออกเป็น เวลาล่าช้าสูงสุด เวลาล่าช้ารวม เวลาล่าช้าเฉลี่ย เวลาล่าช้ารวมแบบถ่วงน้ำหนัก จำนวนงานล่าช้า และจำนวนงานล่าช้าแบบถ่วงน้ำหนัก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่ามีจุดประสงค์ของตารางการผลิตในเรื่องของเวลาล่าช้าเป็นแบบใด

2. เวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนดส่ง (Earliness: E) หมายถึง เวลาที่งานที่ทำการผลิตแล้วเสร็จก่อนกำหนดส่ง โดยอาจแบ่งตัวชี้วัดในด้านเวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนดออกเป็น เวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนดสูงสุด เวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนดรวม เวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนดเฉลี่ย เวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนดแบบถ่วงน้ำหนัก จำนวนงานเสร็จก่อนกำหนด และจำนวนงานเสร็จก่อนกำหนดแบบถ่วงน้ำหนัก

3. เวลาสาย (Lateness: L) หมายถึง เวลาของงานที่บ่งบอกว่าเวลาในการเสร็จของงานต่างจากกำหนดส่งเท่าไร ซึ่งอาจจะเป็นได้ทั้งเวลาล่าช้าที่เสร็จช้ากว่ากำหนดส่งหรือเวลาที่เสร็จก่อน

กำหนดส่ง โดยตัวชี้วัดในด้านเวลาสายนั้นสามารถแบ่งได้เป็น เวลาสายสูงสุด เวลาสายรวม เวลาสายเฉลี่ย และเวลาสายรวมแบบถ่วงน้ำหนัก

4. เวลางานที่อยู่ในระบบ (Flow time: F) หมายถึง เวลาของงานที่อยู่ในระบบทั้งหมดตั้งแต่เริ่มงานจนกระทั่งเสร็จงาน ซึ่งรวมถึงเวลารอคอยที่เกิดขึ้นในระหว่างที่งานยังคงอยู่ภายในระบบด้วย โดยตัวชี้วัดด้านเวลางานที่อยู่ในระบบที่ได้รับความนิยมในการใช้งานคือ เวลาที่อยู่ในระบบทั้งหมด และเวลาที่งานอยู่ในระบบเฉลี่ย

5. เวลางานเสร็จ (Completion time: C) หมายถึง เวลาที่งานย่อยสุดท้ายของงานใดๆ ทำงานเสร็จสิ้น โดยตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับค่าเวลาเสร็จงานนั้นอาจเป็น เวลาเสร็จงานสูงสุดและเวลาเสร็จงานเฉลี่ย

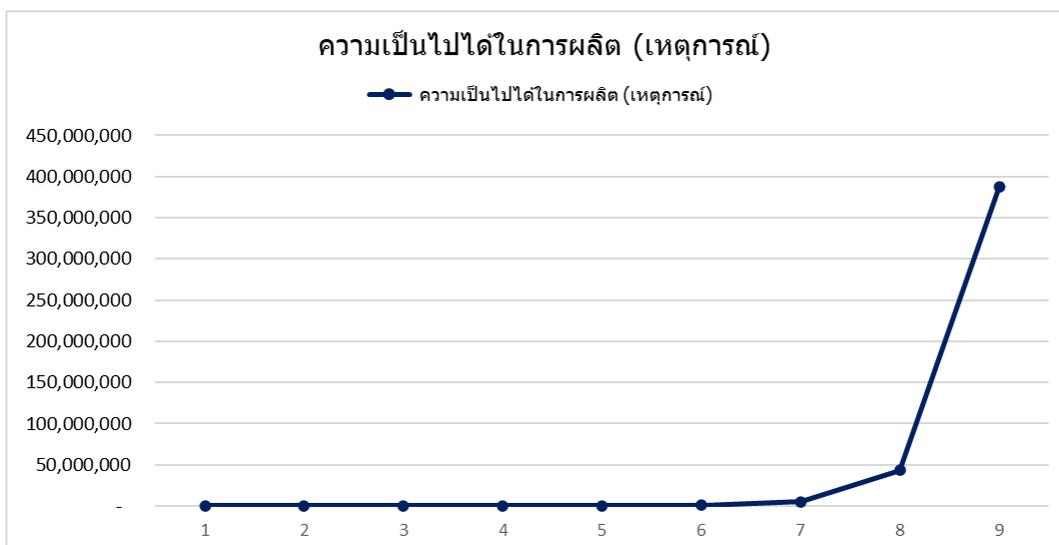
6. เวลาปิดงาน (Make span: MS) หมายถึง ช่วงเวลาที่ทำการเริ่มของงานแรกจนกระทั่งถึงเวลาที่ทำงานย่อยสุดท้ายของงานสุดท้ายเสร็จ ซึ่งมีค่าเท่ากับเวลาเสร็จงานสูงสุดนั่นเอง เป็นตัวชี้วัดที่ได้รับความนิยมโดยทั่วไปในการจัดตารางการผลิต

### 2.1.3 ปัญหาการจัดลำดับการผลิต (Sequencing Problems)

ปัญหาการจัดลำดับงานส่วนมากจัดเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนด้านเวลาเชิงยกกำลัง (Non Polynomial Hard) เป็นปัญหาที่ยังไม่มีวิธีการตรวจสอบคำตอบที่เป็นพหุนาม (Polynomial) แต่สามารถระบุขอบเขตของคำตอบได้ และส่วนมากเป็นปัญหาที่มีชุดของคำตอบที่เป็นไปได้แน่นอน หรือปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุดจากชุดคำตอบที่เป็นไปได้ (Combinatorial optimization) ซึ่งหมายถึงปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบที่ยาวนานเมื่อมีขนาดของปัญหาที่มากขึ้น  $[n]$  ลักษณะปัญหาจะเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล ซึ่งในการหาคำตอบจะใช้เวลามากตามขนาดของปัญหา ดังเช่น โรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้มีชิ้นงานอยู่ 9 รุ่น เลือกสุ่มชิ้นงานจาก 9 รุ่นนี้ นำมาผสมกัน 3 รุ่น แล้วเรียงลำดับโดยไม่คำนึงถึงตำแหน่งของลำดับชิ้นงาน ผลลัพธ์ที่ได้ของทุกเหตุการณ์จะได้เท่ากับ 729 เหตุการณ์ ดังสมการที่ 1-1

$$\text{ความเป็นไปของทุกเหตุการณ์การจัดลำดับงาน} = n^k \quad (1-1)$$

โดยที่	n	คือจำนวนรุ่นของชิ้นงาน
	k	คืออัตราการผลิตต่อวัน



ภาพที่ 2-1 แสดงการเพิ่มขึ้นของเวลาในการค้นหาคำตอบเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

จากภาพที่ 2-1 แสดงความซับซ้อนของระยะเวลาในการหาความเป็นไปได้ทุกเหตุการณ์ที่มีการผสมกัน (Permutation) ของชิ้นงานทั้ง 9 รุ่น ที่มีการเลือกผสมชิ้นงาน 3 ลำดับในหนึ่งชุดการผลิต ชุดคำสั่งของคอมพิวเตอร์จะทำการค้นหาซ้ำ (Loop) ไปจนถึงทุกกรณี ผลลัพธ์ที่ได้จึงเกิดการเพิ่มขึ้นของเวลาในการค้นหาคำตอบทุกกรณีเป็นแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล

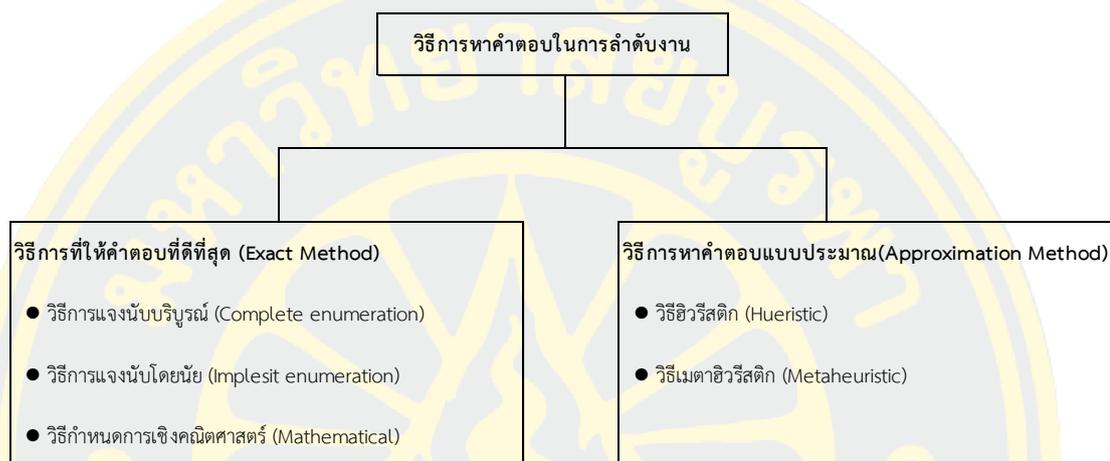
ตารางที่ 2-1 แสดงจำนวนเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ในการผลิตด้วยวิธีเรียงสับเปลี่ยนลำดับ

จำนวนสินค้า (รุ่น)	อัตราการผลิตต่อวัน (ชิ้น)	ความเป็นไปได้ในการผลิต (เหตุการณ์)
9	1	9
9	2	81
9	3	729
9	4	6,561
9	5	59,049
9	6	531,441
9	7	4,782,969
9	8	43,046,721
9	9	387,420,489

จากตารางที่ 2-1 แสดงจำนวนเหตุการณ์ที่มีการนำชิ้นงานทั้ง 9 รุ่น ที่โรงงานแห่งนี้มีการผลิตอยู่ นำมาจัดเรียงสับเปลี่ยนลำดับ โดยการเลือกจำนวนชิ้นงานที่นำมาสับเปลี่ยนจะแปรผันไปตามอัตราการผลิตต่อวัน ซึ่งจำนวนเหตุการณ์ที่เป็นไปได้จำนวนมากที่สุดหากเรามีอัตราการผลิตต่อวันที่ 9 ชิ้น ของชิ้นงานทั้ง 9 รุ่น คือ 387,420,489 เหตุการณ์ที่เป็นไปได้

### 2.1.4 วิธีการหาคำตอบให้กับปัญหาการจัดลำดับการผลิต

วิธีการจัดตารางการผลิตหรือวิธีการในการหาคำตอบให้กับปัญหาการจัดตารางการผลิตนั้น จะมีอยู่หลายวิธีในการหาคำตอบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญคือ ขนาดของปัญหาและลักษณะของปัญหา โดยสามารถแบ่งวิธีในการจัดลำดับการผลิตได้เป็น 2 ประเภท



ภาพที่ 2-2 แสดงการแบ่งกลุ่มวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดลำดับงาน

จากภาพที่ 2-2 แสดงการแบ่งกลุ่มวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาในการจัดลำดับงาน ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของวิธีการได้ 2 ประเภท และรายละเอียด ดังนี้

1. วิธีการที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) วิธีการที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดเป็นวิธีที่แสดงถึงผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดลำดับการผลิตนั้นจะมีตัวชี้วัดประสิทธิภาพต่างๆที่กำหนดดีที่สุด ตัวอย่างเช่น ถ้าเกิดเป้าหมายของการจัดตารางการผลิต ต้องการให้มีเวลาผลิตรวมน้อยที่สุด ดังนั้นคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Global optimal solution) วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด จะมีวิธีการสำหรับการหาคำตอบ 3 วิธี ดังนี้

1.1 วิธีการแจงนับบริบูรณ์ (Complete enumeration) เป็นวิธีการที่ทำการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดจากจำนวนผลลัพธ์หรือคำตอบที่มีโอกาสเป็นไปได้ทั้งหมด ซึ่งหมายความว่า วิธีนี้ค่อนข้างใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่ยาวนานจึงเหมาะกับปัญหาในการจัดลำดับงานที่มีขนาดของปัญหาที่เล็ก เพราะถ้าปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้มีจำนวนของคำตอบที่มีโอกาสเกิดขึ้นทั้งหมดนั้นมากขึ้นตามขนาดของปัญหา ที่ยังส่งผลให้ระยะเวลาประมวลผลเพื่อหาคำตอบนั้นยาวนานมากขึ้น

1.2 วิธีแจงนับโดยนัย (Implicit enumeration) วิธีนี้จะเป็นวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยที่มีระบบขั้นตอนในการตัดคำตอบออกไปบางส่วน ทำให้จำนวนคำตอบที่ต้องมีการพิจารณานั้นน้อยลง

ซึ่งจะส่งผลให้สามารถคำตอบที่ดีที่สุดหรือระยะเวลาในการหาคำตอบได้เร็วขึ้น ยกตัวอย่างเช่น วิธีการแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound)

1.3 วิธีการกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) เป็นการออกแบบโมเดลทางคณิตศาสตร์ในการจำลองปัญหาและใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยรูปแบบของวิธีการกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์มีหลายรูปแบบ เช่นกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer linear programming: ILP) เป็นต้น โดยรูปแบบของโมเดลทางคณิตศาสตร์จะขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหาและคำตอบที่ต้องการ

2. วิธีการหาคำตอบแบบประมาณ (Approximation Method) ในกรณีของวิธีการหาคำตอบโดยประมาณนั้นเป็นวิธีการที่ตอบสนองความต้องการในการหาคำตอบของปัญหาที่มีขนาดใหญ่หรือในการมีจำนวนงานที่จะต้องทำการผลิตหรือจำนวนเครื่องจักรเพิ่มมากขึ้น จะต้องใช้ระยะเวลาในการประมวลผลผลลัพธ์หรือหาคำตอบที่ค่อนข้างนานจนไม่สามารถรอคอยได้ จึงมีวิธีการหาคำตอบแบบประมาณขึ้นเพื่อให้มีการหาคำตอบของแต่ละปัญหาได้อย่างรวดเร็ว จึงเหมาะแก่ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ซึ่งวิธีนี้จะมีคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด และในบางครั้งคำตอบจากวิธีนั้นก็อาจเป็นคำตอบที่ดีที่สุดก็เป็นได้ โดยวิธีการนี้จะมีการหาคำตอบและกำหนดคำตอบเริ่มต้น (Initial solution) ก่อน และจากนั้นจะดำเนินการหาคำตอบถัดไปที่มีคำตอบที่ดีขึ้นโดยใช้วิธีหรือระบบการค้นหาคำตอบในรูปแบบต่างๆและจะทำการหยุดค้นหาคำตอบภายใต้ปัจจัยเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งวิธีการหาคำตอบโดยประมาณนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ 4

2.1. วิธีฮิวริสติก (Heuristic) จะเป็นเทคนิควิธีการหาคำตอบแบบประมาณวิธีหนึ่งซึ่งมีค่าใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้ระยะเวลาในการคำนวณหรือประมวลผลผลลัพธ์ไม่นาน แต่วิธีนี้จะมีข้อจำกัดในการใช้คือ จะเป็นวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาเฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเท่านั้นจึงไม่สามารถนำไปใช้กับปัญหากลุ่มอื่นได้ ตัวอย่างของวิธีฮิวริสติกที่นิยมใช้โดยทั่วไปได้แก่ กฎการจ่ายงาน (Dispatching rule) เป็นต้น

2.2. วิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) จัดอยู่ในกลุ่มของวิธีการหาคำตอบแบบประมาณการเช่นกัน แต่เป็นวิธีในการหาคำตอบที่ได้รับความนิยมมากกว่าวิธีการของฮิวริสติก เนื่องจากวิธีนี้สามารถทำการประยุกต์วิธีการทำหรือขั้นตอนการทำที่ซับซ้อนกว่าวิธีฮิวริสติกเพื่อพัฒนาคุณภาพของคำตอบหรือทำให้มีวิธีการหาคำตอบในแต่ละปัญหานั้นมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ภายใต้ข้อจำกัดซึ่งเหมาะสมกับการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ที่ต้องการค้นหาคำตอบภายใต้เวลาที่จำกัด วิธีนี้จะทำการวนซ้ำในการหาคำตอบจนกระทั่งหยุดค้นหาเมื่อถึงเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนด (Criteria)

## 2.2 การจำลองสถานการณ์ (Simulation)

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ออกแบบ และแก้ไข ปัญหาหรือกระบวนการทำงานต่างๆโดยสร้างแบบจำลองสถานการณ์ที่ต้องการศึกษาแล้ว

ทำการศึกษาพฤติกรรมของสถานการณ์นั้น โดยผ่านแบบจำลองที่สร้างขึ้นมา การจำลองสถานการณ์มีขั้นตอนอยู่ด้วยกัน 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดลักษณะของปัญหาว่ามีอะไรบ้าง
2. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของปัญหาให้ชัดเจนและต้องมีความเข้าใจตรงกันระหว่างเจ้าของปัญหานั้นๆ (Users) และนักวิเคราะห์ (Analyst) เพื่อเข้าใจปัญหาเดียวกัน
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรของระบบทั้งหมด เช่น จำนวนสถานีนงาน เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต เวลาที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นมาเป็นข้อมูลนำเข้า (Input Data) สำหรับการจำลองสถานการณ์
4. การสร้างชุดคำสั่งที่ใช้ในการคำนวณผลลัพธ์ทางคณิตศาสตร์ผ่านการสั่งการคอมพิวเตอร์ให้ทำงานเป็นขั้นๆและส่วนที่ต้องวนซ้ำ (Loop) จนกระทั่งเสร็จสิ้นการทำงานและได้ผลลัพธ์
5. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสถานการณ์โดยอาจจะใช้วิธีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับระบบงานจริง หรือมีการใช้เทคนิคทางสถิติเข้ามาตรวจสอบผลลัพธ์โดยการตั้งสมมติฐานทางสถิติ เป็นต้น
6. ปรับปรุงแบบจำลองสถานการณ์เมื่อข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรนำเข้า (Input Data) ของระบบทั้งหมดมีการเปลี่ยนแปลงไป

### 2.3 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานเชื่อมและประกอบโลหะ (Metal Fabrication) ที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้ เป็นโรงงานผลิตชิ้นงานที่ใช้เป็นโครงสร้างของรถแทรกเตอร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ โรงงานแห่งนี้กระบวนการผลิตหลักๆด้วยกัน 3 กระบวนการ ได้แก่

1. กระบวนการเชื่อมประกอบโลหะแบบ MIG (Metal Inert Gas Welding) เป็นกระบวนการเชื่อมโลหะให้ติดกันโดยใช้ความร้อนทำให้ลวดเชื่อมหลอมละลายเป็นตัวประสานทำให้เหล็ก 2 ชิ้นติดกัน
2. กระบวนการตัด เจียร เจาะ (Machining) เนื้อวัสดุที่เป็นเหล็กออกเพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดตามที่ต้องการ
3. กระบวนการตรวจสอบคุณภาพ (Quality Inspection) เป็นกระบวนการตรวจสอบชิ้นงานที่ออกมาจากสถานีการผลิตจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ

โรงงานแห่งนี้ผลิตชิ้นงานตามคำสั่งซื้อ (Made to Order) โดยจะไม่ผลิตเพื่อเก็บเป็นสต็อกสินค้าเพื่อรอคำสั่งซื้อ ซึ่งในแต่ละปีทางโรงงานจะมีการประมาณการคำสั่งซื้อไว้ล่วงหน้าเพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านั้นนำมาจัดเตรียมทรัพยากรต่างๆเพื่อใช้ในการผลิต เช่นการวางแผนกำลังคน วางแผนสั่งซื้อวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต เป็นต้น โดยโรงงานแห่งนี้ผลิตชิ้นงานทั้งหมดอยู่ 9 รุ่น ด้วยกัน ซึ่งชิ้นงานทั้ง 9 รุ่นนี้มีความต้องการของแต่ละรุ่นในแต่ละเดือนที่ไม่เท่ากัน ดังแสดงตาราง

ตารางที่ 2-2 แสดงข้อมูลการประมาณการคำสั่งซื้อของเดือน มกราคม ถึง เดือนธันวาคม

ชิ้นงานรุ่น	ม.ค	ก.พ	มี.ค	เม.ย	พ.ค	มิ.ย	ก.ค	ส.ค	ก.ย	ต.ค	พ.ย	ธ.ค
Model D1	17	15	17	15	16	16	18	16	18	18	16	15
Model D2	15	15	13	15	15	16	16	16	16	20	18	18
Model D3	15	13	14	12	15	16	15	15	18	21	17	15
Model D4	15	17	16	15	15	18	20	15	15	15	15	15
Model D5	15	12	15	15	18	14	16	15	20	15	15	15
Model D6	10	12	12	18	15	18	21	18	20	15	18	15
Model D7	21	20	22	25	25	20	20	25	25	21	25	21
Model D8	18	15	15	14	14	14	16	15	14	14	15	15
Model D9	15	12	18	17	17	17	20	20	17	17	15	18
จำนวนชิ้นงานทั้งหมด (ชิ้น)	141	131	142	146	150	149	162	155	163	156	154	147
จำนวนวันทำงาน (วัน)	20	18	21	21	22	20	23	22	21	20	20	20
อัตราการผลิตต่อวัน (ชิ้น)	7.1	7.3	6.8	7.0	6.8	7.5	7.0	7.0	7.8	7.8	7.7	7.4

จากตาราง 2-2 แสดงข้อมูลการประมาณการคำสั่งซื้อตั้งแต่เดือน มกราคม ถึงเดือนธันวาคม เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการวางแผนจัดตารางการผลิต โดยรายละเอียดข้อมูลการประมาณการคำสั่งซื้อประกอบไปด้วยข้อมูล ดังนี้

1. ชื่อสินค้า รุ่น คือชื่อของชิ้นงานที่มีความแตกต่างกันออกไปตามลักษณะที่ถูกรออกแบบมา ซึ่งมีด้วยกันอยู่ 9 รุ่น ได้แก่ รุ่นD1 รุ่นD2 รุ่นD3 รุ่นD4 รุ่นD5 รุ่นD6 รุ่นD7 รุ่นD8 และรุ่นD9 จำนวนชิ้นงานทั้งหมด (ชิ้น) คือจำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่มาจากคาร์คาคการณ์คำสั่งซื้อในแต่ละเดือนของชิ้นงานทุกรุ่นรวมกัน
2. จำนวนวันทำงาน (วัน) คือจำนวนวันทำงานของแต่ละเดือนที่ใช้ในการผลิต
3. อัตราการผลิตต่อวัน (ชิ้น) คือจำนวนการผลิตชิ้นงานเฉลี่ยต่อวันของเดือนนั้นๆ โดยคำนวณมาจาก

$$\text{อัตราการผลิตเฉลี่ยต่อวัน (ชิ้น)} = \frac{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมด (ชิ้น)}}{\text{จำนวนวันทำงาน (วัน)}}$$

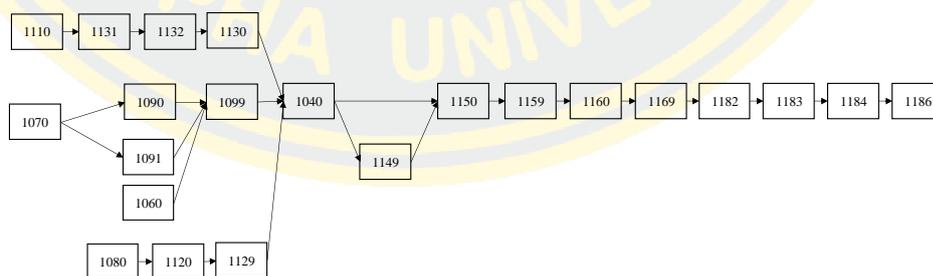
หลังจากที่ทราบการประมาณการจำนวนชิ้นงานที่ผลิตแต่ละรุ่นในแต่ละเดือนรวมไปถึงอัตราการผลิตต่อวันแล้ว นักวางแผนการผลิตจะนำคำสั่งซื้อที่ได้รับการยืนยันจากลูกค้าแล้วนำมาสร้างตารางกำหนดการส่งมอบชิ้นงานร่วมกับลูกค้าเพื่อกำหนดวันส่งมอบร่วมกัน โดยปัจจุบันเงื่อนไขการสร้างตารางกำหนดวันส่งมอบพิจารณาจากคำสั่งซื้อที่เข้ามาก่อนจะถูกจัดลำดับส่งมอบตามลำดับก่อนหลัง ซึ่งจำนวนชิ้นงานที่ทำการส่งมอบในแต่ละวันจะต้องไม่มากกว่าอัตราการผลิตต่อวันที่โรงงานได้กำหนดไว้

ตารางที่ 2-3 แสดงตัวอย่างตารางกำหนดวันส่งมอบชิ้นงานของเดือนกุมภาพันธ์

ลำดับที่	รุ่นชิ้นงาน	วันส่งมอบ
1	D1	1 ก.พ 2565
2	D2	1 ก.พ 2565
3	D9	1 ก.พ 2565
4	D2	2 ก.พ 2565
5	D4	2 ก.พ 2565
6	D3	2 ก.พ 2565
7	D5	3 ก.พ 2565
8	D5	3 ก.พ 2565
9	D5	3 ก.พ 2565

จากตารางที่ 2-3 กำหนดวันส่งมอบเดือนกุมภาพันธ์จะเห็นได้ว่าการส่งมอบชิ้นงานให้กับลูกค้าในแต่ละวันจะประกอบไปด้วยการผสมกันของชิ้นงานหลากหลายรุ่น หรือกำหนดวันส่งมอบบางวันจะเห็นชิ้นงานรุ่นเดียวกันทั้งหมด เนื่องจากคำสั่งซื้อของลูกค้าที่เข้ามาเป็นแบบสุ่ม

โรงงานแห่งนี้มีการออกแบบสายการผลิตเป็นลักษณะการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow shop) โดยมีสถานีงานของแต่ละกระบวนการที่ใช้ในการผลิตจัดเรียงต่อกัน มีเส้นทางการไหลของกระบวนการไปในทิศทางเดียวเพื่อทำให้การผลิตเป็นไปอย่างต่อเนื่องจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ เมื่อชิ้นงานไหลไปอยู่สถานีงานใดแล้วจะต้องทำการผลิตตามระยะเวลาที่กำหนดจนครบทุกสถานีโดยจะไม่มีการย้อนกลับไปยังสถานีงานก่อนหน้า



ภาพที่ 2-3 ภาพแสดงสถานีงานและการไหลของกระบวนการแบบทางเดียว

จากภาพที่ 2-3 แสดงจำนวนสถานีงาน 22 สถานี โดยทุกสถานีงานบนสายการผลิตนี้จะถูกระบุกระบวนการทำงานอย่างชัดเจน โดยใน 1 สถานีงานจะถูกระบุการทำงานเพียงงานเดียวไม่สามารถทำงานทดแทนสถานีงานอื่นได้ ชิ้นงานทั้ง 9 รุ่นนี้มีการระบุกระบวนการทำงานบนสถานีงาน

อย่างชัดเจน กระบวนการทำงานที่ไหลเลื่อนไปตามสถานีงานต่างๆตั้งแต่ขั้นตอนแรกถึงขั้นตอนสุดท้ายของชิ้นงานแต่ละรุ่นนี้เรียกว่าเส้นทางทางการผลิต (Production Routing) โดยเส้นทางการผลิตจะมีข้อมูลประกอบไปด้วย เวลาที่ใช้ในการผลิตบนสถานีงานนั้นๆ (Cycle Time) สถานีงานที่ชิ้นงานไหลเลื่อนผ่าน (Work Station) ชื่อชิ้นงานแต่ละรุ่น (Product Model)

ตารางที่ 2-4 แสดงเวลาที่ใช้บนสถานีงานต่างๆของชิ้นงานทั้ง 9 รุ่น

เลข สถานี	สถานีงานชื่อ	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
1060	SideFrame Track	-	-	57	-	-	57	-	-	-
1070	SideFrame Track	120	120	-	-	-	-	-	-	-
1080	SideFrame Track	-	-	-	120	120	-	-	-	-
1090	Frame Tack Weld	110	-	-	-	-	-	-	-	-
1091	Frame Tack Weld	-	110	-	-	-	-	-	-	-
1099	CMM inspections	60	60	60	-	-	60	-	-	-
1110	Front Track Weld	-	-	-	-	-	-	-	44	30
1120	Front Track Weld	-	-	-	57	57	-	-	-	-
1129	CMM inspections	-	-	-	60	60	-	-	-	-
1131	Case Tack Weld	-	-	-	-	-	-	101	85	85
1132	Joint Weld	-	-	-	-	-	-	115	115	115
1130	CMM inspections	-	-	-	-	-	-	60	60	60
1140	Robot Weld	210	210	210	217	217	210	246	311	311
1149	CMM inspections	60	60	60	60	60	60	60	-	-
1150	Re-Weld	240	240	240	102	102	240	331	202	202
1159	CMM inspections	52	52	52	30	30	52	52	112	90
1160	Machining	235	235	235	377	337	235	246	310	310
1169	CMM inspections	120	120	120	120	120	120	120	120	120
1182	Hardware	93	93	124	124	124	124	57	83	83
1183	Press assembly	57	57	57	57	57	57	125	125	90
1184	Tube installs	42	42	42	42	42	42	52	75	75
1189	CMM inspections	81	81	85	85	85	81	97	89	90
เวลาผลิตรวม (นาที)		1480	1480	1338	1451	1411	1338	1662	1731	1661

จากตารางที่ 2-4 แสดงเวลาที่ใช้บนสถานีงานต่างๆของแต่ละรุ่นของชิ้นงาน ซึ่งเวลาของแต่ละกระบวนการที่ทำบนสถานีงานของชิ้นงานแต่ละรุ่นไม่เท่ากัน บางสถานีงานไม่มีการทำงานของชิ้นงานในบางรุ่น ทำให้เวลารวมที่ใช้ในการผลิตของแต่ละรุ่นของชิ้นงานไม่เท่ากัน

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

[5] นำเสนอการแก้ปัญหาการจัดตารางการชกอบริตซ์ในโรงพยาบาลมหาราชนครเชียงใหม่ ด้วยการจำลองสถานการณ์ผ่านโปรแกรม อาร์เน่า(Arena) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เวลาในการเสร็จสิ้นของงานในระบบน้อยที่สุด (Minimize Make span) โดยมีผ้าทั้งหมด 9 ประเภท ซึ่งจะต้องผ่านกระบวนการซัก กระบวนการอบ กระบวนการรีด และกระบวนการพับ ตามลำดับ จึงได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาลำดับของผ้าแต่ละประเภทในการดำเนินงาน โดยทำการจำลองสถานการณ์ของทุกทางเลือกที่สามารถดำเนินการได้ ซึ่งพบว่าตารางการชกอบริตซ์ที่ได้ทำให้เวลาเสร็จสิ้นของระบบลดลงร้อยละ 28.5

[1] ได้นำเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรสำหรับการขึ้นรูปยางรถยนต์ที่มีเป้าหมายในการลดต้นทุนรวมต่ำที่สุด โดยระบบการผลิตนี้มีลักษณะเป็นแบบเครื่องจักรขนานจำนวน 32 เครื่อง สำหรับผลิตงานประมาณ 80 รุ่นต่อวันรวม 7,000 เส้นต่อวัน โดยที่เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรเมื่อมีการเปลี่ยนรุ่นการผลิตขึ้นอยู่กับลำดับงานก่อนหน้า โดยการสร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed integer linear programming: MILP) และใช้ซอฟต์แวร์ OpenSolver ในการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับตารางการผลิตจริงที่สร้างจากประสบการณ์ของผู้วางแผนพบว่าวิธีการที่ใช้แบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มสามารถลดต้นทุนรวมลงร้อยละ 13.3 จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ลดลงร้อยละ 10.3 และเวลการทำงานล่วงเวลาลดลงร้อยละ 2

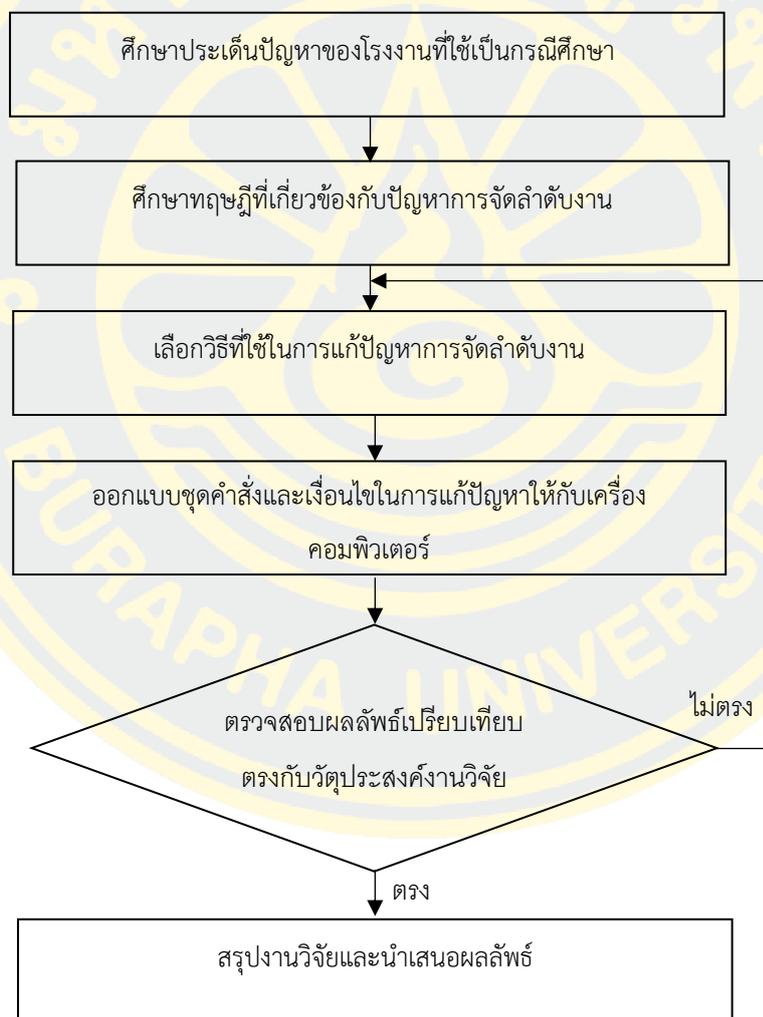
[6] ทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีระบบการผลิตแบบตามสั่ง (Job Shop) ที่มีความไม่แน่นอนในกระบวนการผลิต ดังนั้นการจัดตารางการผลิตจึงต้องการความยืดหยุ่นในการจัดลำดับงาน โดยวิธีการดั้งเดิมในการจัดตารางการผลิตไม่สามารถตอบสนองต่อการปรับเปลี่ยนตารางการผลิตได้ทันเวลาเนื่องจากการคำนวณมีความซับซ้อนเชิงเวลาสูง (Time complexity) ดังนั้นเพื่อตอบสนองที่รวดเร็วต่อการปรับตารางการผลิต ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการการจัดตารางการผลิตแบบยืดหยุ่นโดยใช้วิธีการเรียนรู้การเสริมแรงเชิงลึก (Deep Reinforcement Learning: DRL) ร่วมกับอัลกอริทึม Proximal Policy Optimization: PPO ในการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้พบว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบยืดหยุ่นด้วยวิธี DRL ร่วมกับ PPO อัลกอริทึม ลดความซับซ้อนทางด้านเวลาอย่างมีนัยสำคัญในขณะที่ยังคงรักษาประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิต

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับกระบวนการหรือขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยในการจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดลำดับการผลิต ที่มีเป้าหมายเพื่อหารูปแบบการวางลำดับงานในการผลิตที่มีการใช้เวลารวมในการผลิตต่ำที่สุด (Minimize Makespan) ในบทนี้จะขอแนะนำเสนอขั้นตอนการดำเนินงาน ข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อค้นหารูปแบบการวางลำดับงาน

#### 3.1 ขั้นตอนกระบวนการดำเนินการวิจัย



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

จากภาพที่ 3-1 ที่มีการแสดงถึงขั้นตอนกระบวนการทำวิจัยทั้งหมดตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นศึกษาปัญหาของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษาจนถึงสรุปผลงานวิจัยและนำเสนอผลลัพธ์ โดยมีขั้นตอนทั้งหมดดังนี้

1. ศึกษาที่มาของปัญหาของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของ ที่มีนักวิจัยเคยนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการจัดลำดับงานสำหรับการผลิตในรูปแบบต่างๆ รวมไปถึงทฤษฎีที่เกี่ยวกับการผลิตและอัลกอริทึมที่ใช้แก้ปัญหา
3. เลือกวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับปัญหา วัตถุประสงค์ และเงื่อนไขต่างๆ ของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษา
4. ออกแบบชุดคำสั่งและเงื่อนไขในการแก้ปัญหาให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถคำนวณและแสดงผลตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้
5. ตรวจสอบผลลัพธ์เปรียบเทียบกับวัตถุประสงค์งานวิจัยที่ได้ตั้งไว้
6. สรุปงานวิจัยและนำเสนอผลลัพธ์ ในขั้นตอนสุดท้ายนี้

### 3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองข้อมูลมีดังนี้

1. เลือกจำนวนรุ่นของชิ้นงานทั้ง 9 รุ่นที่ทำการผลิตในปัจจุบันคือรุ่น D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8, และ D9 โดยใช้คำสั่ง Padas ใน Python ในการอ่านไฟล์ข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบตาราง

```
import pandas as pd
d = pd.read_csv('DataSet.csv')
```

ภาพที่ 3-2 เรียกใช้ Library Pandas ใน Python เพื่ออ่านไฟล์ข้อมูล .csv

2. นำชิ้นงานทั้ง 9 รุ่นมาเรียงต่อกันเป็นชุดการผลิต โดยแต่ละชุดการผลิตจะทำการเลือกชิ้นงานผสมกัน 7 ชิ้น ด้วยวิธีเรียงสับเปลี่ยน (Permutation) โดยให้ถือลำดับหรือตำแหน่งก่อนหลังเป็นสำคัญ ตามสมการ  $n^k$  โดยที่  $n=9$  และ  $k=7$  สาเหตุที่เลือกชิ้นงานผสมกัน 7 ชิ้นมาจากกำลังการผลิต (Capacity) ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษานี้สามารถผลิตชิ้นงานได้วันละ 7 ชิ้น ดังนั้นความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่มีการผสมกันตามสมการของวิธีเรียงสับเปลี่ยน (Permutation) ผลลัพธ์ที่ได้

จะเท่ากับ 4,782,969 ชุดการผลิต โดยใช้คำสั่งการทำซ้ำ Itertools package ใน Python เข้ามาช่วยในการหาผลลัพธ์ Permutation

```
import itertools
from itertools import permutations
```

ภาพที่ 3-3 เรียกใช้ Package itertools ใน Python เพื่อหาการเรียงสับเปลี่ยนแบบ Permutation

3. เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละรุ่น บนสถานีงานแต่ละสถานีโดยเวลาที่ใช้ในการผลิตของชิ้นงานแต่ละรุ่นจะใช้เวลามาตรฐานที่ถูกจัดทำขึ้นโดยเรียกว่าเส้นทางการผลิต (Production Routing) ซึ่งอาจมีความแตกต่างกันกับเวลาทำงานจริงบ้างเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 3-1 ตารางแสดงเวลาที่ชิ้นงานแต่ละรุ่นทำงานบนสถานีงาน

หมายเลข สถานีงาน	ชิ้นงานรุ่น D1	ชิ้นงานรุ่น D2	ชิ้นงานรุ่น D3	ชิ้นงานรุ่น D4	ชิ้นงานรุ่น D5	ชิ้นงานรุ่น D6	ชิ้นงานรุ่น D7
1060	0	0	57	0	0	57	0
1070	120	120	0	0	0	0	0
1080	0	0	0	120	120	0	0
1090	110	0	0	0	0	0	0
1091	0	110	0	0	0	0	0
1099	60	60	60	0	0	60	0
1110	0	0	0	0	0	0	0
1120	0	0	0	57	57	0	0
1129	0	0	0	60	60	0	0
1131	0	0	0	0	0	0	101
1132	0	0	0	0	0	0	115
1130	0	0	0	0	0	0	60
1140	210	210	210	217	217	210	246
1149	60	60	60	60	60	60	60
1150	240	240	240	102	102	240	331
1159	52	52	52	30	30	52	52
1160	235	235	235	377	337	235	246
1169	120	120	120	120	120	120	120
1182	93	93	124	124	124	124	57
1183	57	57	57	57	57	57	125
1184	42	42	42	42	42	42	52
1189	81	81	81	85	85	81	97

4. นำชุดข้อมูลที่ได้จากการผสมกันของชิ้นงานที่ได้จากวิธีเรียงสับเปลี่ยน (Permutation) มาคำนวณเวลาที่ใช้ในการผลิต โดยเริ่มจากเวลาจากสถานีงานแรกของชิ้นงานแรกจนถึงสถานีงานสุดท้ายของชิ้นงานสุดท้าย ด้วยการออกแบบชุดคำสั่งเพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำการสร้างรูปแบบการลำดับงานและคำนวณผลลัพธ์เวลารวมที่ใช้ในการผลิต

ตารางที่ 3-2 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์เวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

หมายเลข สถานีงาน	ชิ้นงานรุ่น D2	ชิ้นงานรุ่น D7	ชิ้นงานรุ่น D4	ชิ้นงานรุ่น D3	ชิ้นงานรุ่น D5	ชิ้นงานรุ่น D6	ชิ้นงานรุ่น D4
1060	0	0	0	57	57	114	114
1070	120	0	0	0	0	0	0
1080	0	0	120	0	177	0	234
1090	0	0	0	0	0	0	0
1091	230	0	0	0	0	0237	0
1099	290	0	0	180	0	0	0
1110	0	0	0	0	0	0	0
1120	0	0	57	0	237	0	294
1129	0	0	180	0	297	0	354
1131	0	391	0	0	0	0	0
1132	0	506	0	0	0	0	0
1130	0	566	0	0	0	0	0
1140	500	812	1029	1239	1456	166	1883
1149	560	872	1089	1299	1516	1726	1943
1150	800	1203	1305	1407	1618	1966	2068
1159	852	1255	1335	1437	1648	2018	2098
1160	1087	1501	1838	2175	2512	2747	3084
1169	1207	1621	1958	2295	2632	2867	3204
1182	1300	1678	2082	2419	2756	2991	3328
1183	1357	1803	2139	2476	2813	3048	3385
1184	1399	1855	2181	2518	2855	3090	3427
1189	1480	1952	2266	2603	2940	3171	3512

5. จากตัวอย่างตารางที่ 3-2 แสดงตัวอย่างเวลารวมของที่ชิ้นงานที่เรียงลำดับกันของชิ้นงานรุ่น D2->D7->D4->D3->D5->D6->D4 อยู่ในระบบ 3,512 นาที

6. เนื่องจากนำผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณความเป็นไปได้ของทุกเหตุการณ์ที่มีการเรียงสับเปลี่ยนลำดับ (Permutation) มีความเป็นไปได้จำนวน 4,782,969 เหตุการณ์ ซึ่งมีผลกระทบในแง่ของเวลาที่ใช้คำนวณซึ่งใช้เวลานาน ดังนั้นจึงพิจารณาแบ่งย่อยการคำนวณออกเป็นชุดการผลิตย่อย โดยเลือกชุดการผลิตที่ขึ้นต้นด้วยชิ้นงานแต่ละรุ่น เช่น จำนวนเวลาที่ใช้ในการผลิตที่เป็นไปได้ทุกกรณีของชิ้นงานที่ขึ้นต้นด้วยรุ่นD1 ขึ้นต้นด้วยรุ่นD2 ขึ้นต้นด้วยรุ่นD3 จนถึงชิ้นงานรุ่นD9 โดยผลลัพธ์ที่ได้

ทั้งหมดนี้จะถูกนำไปเก็บในรูปแบบตาราง (Data Frame) โดยใช้ Library Pandas ใน Python ช่วยจัดการข้อมูล ดังแสดงภาพ 3-4 เมื่อได้ข้อมูลที่จัดเก็บในรูปแบบตาราง (Data Frame) นำไปบันทึกลงไปในไฟล์รูปแบบ .csv โดยใช้ Library Pandas เช่นเดียวกัน ดังแสดงภาพ 3-5

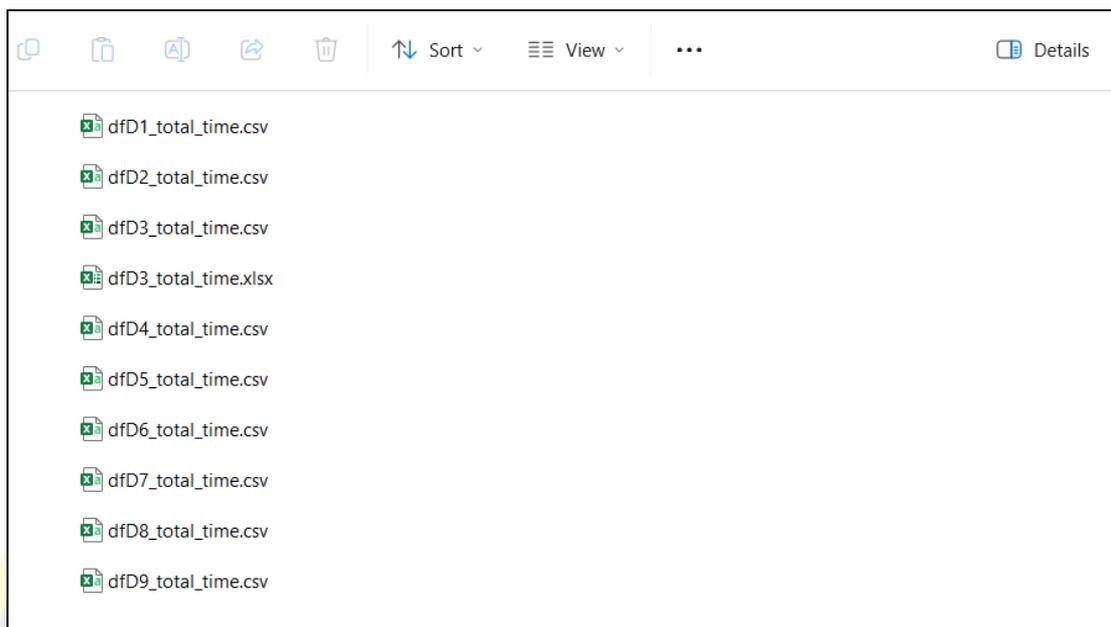
```
import pandas as pd
perNum = []
dfD1_total_time = pd.DataFrame()
dfD2_total_time = pd.DataFrame()
dfD3_total_time = pd.DataFrame()
dfD4_total_time = pd.DataFrame()
dfD5_total_time = pd.DataFrame()
dfD6_total_time = pd.DataFrame()
dfD7_total_time = pd.DataFrame()
dfD8_total_time = pd.DataFrame()
dfD9_total_time = pd.DataFrame()
```

ภาพที่ 3-4 เรียกใช้ Library Pandas ใน Python เพื่อจัดการผลลัพธ์ให้อยู่ในรูปแบบตาราง

```
dfD1_total_time.to_csv('dfD1_total_time.csv')
dfD2_total_time.to_csv('dfD2_total_time.csv')
dfD3_total_time.to_csv('dfD3_total_time.csv')
dfD4_total_time.to_csv('dfD4_total_time.csv')
dfD5_total_time.to_csv('dfD5_total_time.csv')
dfD6_total_time.to_csv('dfD6_total_time.csv')
dfD7_total_time.to_csv('dfD7_total_time.csv')
dfD8_total_time.to_csv('dfD8_total_time.csv')
dfD9_total_time.to_csv('dfD9_total_time.csv')
```

ภาพที่ 3-5 เรียกใช้ Library Pandas ใน Python บันทึกผลลัพธ์ลงในไฟล์ .csv

ผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดจากการบันทึกไฟล์ .csv ของชิ้นงานแต่ละรุ่นจะแบ่งออกเป็น 9 ไฟล์ ตามการขึ้นต้นของชิ้นงานในแต่ละรุ่น ดังแสดงภาพที่ 3-6



ภาพที่ 3-6 ไฟล์ .csv จำนวน 9 ไฟล์ที่แบ่งตามการขึ้นต้นด้วยรุ่นของชิ้นงาน

### 3.3 วิเคราะห์เปรียบเทียบผลลัพธ์

หลังจากที่ได้ผลลัพธ์จากการคำนวณเวลารวมที่ใช้ในการผลิตของทุกชุดการผลิตแล้ว นำชุดการผลิตที่มีรูปแบบการเรียงลำดับการผลิตมาเปรียบเทียบกับตารางกำหนดการส่งมอบในปีที่ผ่านมา เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการจัดรูปแบบการลำดับการผลิตแบบใหม่สามารถลดเวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่เหมาะสมที่สุด

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

ในบทนี้จะขอนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีการค้นหาการจัดลำดับงานทุกแบบที่เป็นไปได้เพื่อหาเวลาผลิตรวมที่ต่ำที่สุดตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย โดยผลลัพธ์การจัดเรียงลำดับงานที่เป็นไปได้ทุกกรณีทั้งหมด 4,782,696 กรณี ซึ่งจำนวนดังกล่าวเป็นข้อมูลปริมาณที่มากโดยหากนำผลลัพธ์ทุกกรณีที่ได้ทั้งหมดจัดเรียงลงในไฟล์สเปรดชีตของเอ็กเซลจะพบว่าจำนวนแถวของเอ็กเซลไฟล์มีจำกัดอยู่แค่ 1,048,576 แถว ซึ่งไม่เพียงพอต่อการจัดเก็บผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมด ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงออกแบบชุดคำสั่งคอมพิวเตอร์แสดงผลที่ออกมาทั้งหมด 9 ชุด โดยผลลัพธ์ที่แสดงออกมาแต่ละชุดจะแสดงลำดับแรกขึ้นต้นตามรุ่นของชิ้นงานทั้ง 9 รุ่น ซึ่งจะได้ไฟล์ทั้งหมด 9 ไฟล์ โดยแต่ละไฟล์จะมีการเรียงลำดับความเป็นไปได้ทุกกรณีแต่จะมีการขึ้นต้นลำดับแรกแตกต่างกันออกไป เช่นไฟล์ที่ขึ้นต้นลำดับแรกด้วยชิ้นงาน Model\_D1 ซึ่งความเป็นไปได้ทุกกรณีที่มีการเรียงลำดับการผลิตที่ขึ้นต้นด้วย Model\_D1 จะมีจำนวน 531,441 กรณี โดยจำนวนดังกล่าวนี้สามารถนำไปบันทึกลงในไฟล์เอ็กเซลได้อย่างเพียงพอ ซึ่งไฟล์เอ็กเซลเป็นเครื่องมือที่ใช้แพร่หลายในองค์กรทำให้พนักงานสามารถนำไฟล์เหล่านี้ไปเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจในการจัดวางลำดับการผลิตที่มีเงื่อนไขการเข้ามาของชิ้นงานแต่ละรุ่นที่เป็นแบบสุ่มเพื่อให้ได้เวลาผลิตรวมที่ต่ำที่สุด

Model ID	Model	Model	Model	Model	Model	Model	Model	Model	Model	Model	Model	Model	Model						
531415	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D6'	'Model_D9'	1480	1860	2170	2480	2790	3015	3364					
531416	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D7'	'Model_D1'	1480	1860	2170	2480	2790	3180	3357					
531417	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D7'	'Model_D1'	1480	1860	2170	2480	2790	3180	3357					
531418	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D7'	'Model_D3'	1480	1860	2170	2480	2790	3180	3494					
531419	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D7'	'Model_D4'	1480	1860	2170	2480	2790	3180	3494					
531420	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D7'	'Model_D5'	1480	1860	2170	2480	2790	3180	3494					
531421	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D7'	'Model_D6'	1480	1860	2170	2480	2790	3180	3388					
531422	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D7'	'Model_D7'	1480	1860	2170	2480	2790	3180	3511					
531423	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D7'	'Model_D8'	1480	1860	2170	2480	2790	3180	3547					
531424	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D7'	'Model_D9'	1480	1860	2170	2480	2790	3180	3497					
531425	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D8'	'Model_D1'	1480	1860	2170	2480	2790	3134	3295					
531426	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D8'	'Model_D2'	1480	1860	2170	2480	2790	3134	3295					
531427	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D8'	'Model_D3'	1480	1860	2170	2480	2790	3134	3407					
531428	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D8'	'Model_D4'	1480	1860	2170	2480	2790	3134	3407					
531429	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D8'	'Model_D5'	1480	1860	2170	2480	2790	3134	3407					
531430	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D8'	'Model_D6'	1480	1860	2170	2480	2790	3134	3326					
531431	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D8'	'Model_D7'	1480	1860	2170	2480	2790	3134	3491					
531432	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D8'	'Model_D8'	1480	1860	2170	2480	2790	3134	3444					
531433	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D8'	'Model_D9'	1480	1860	2170	2480	2790	3134	3410					
531434	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D1'	1480	1860	2170	2480	2790	3100	3295					
531435	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D2'	1480	1860	2170	2480	2790	3100	3295					
531436	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D3'	1480	1860	2170	2480	2790	3100	3407					
531437	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D4'	1480	1860	2170	2480	2790	3100	3407					
531438	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D5'	1480	1860	2170	2480	2790	3100	3407					
531439	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D6'	1480	1860	2170	2480	2790	3100	3326					
531440	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D7'	1480	1860	2170	2480	2790	3100	3491					
531441	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D8'	1480	1860	2170	2480	2790	3100	3444					
531442	'Model_D1'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	'Model_D9'	1480	1860	2170	2480	2790	3100	3410					
531443																			
531444																			

ภาพที่ 4-1 ไฟล์เอ็กเซลที่เก็บผลลัพธ์ที่ขึ้นต้นด้วย Model\_D1

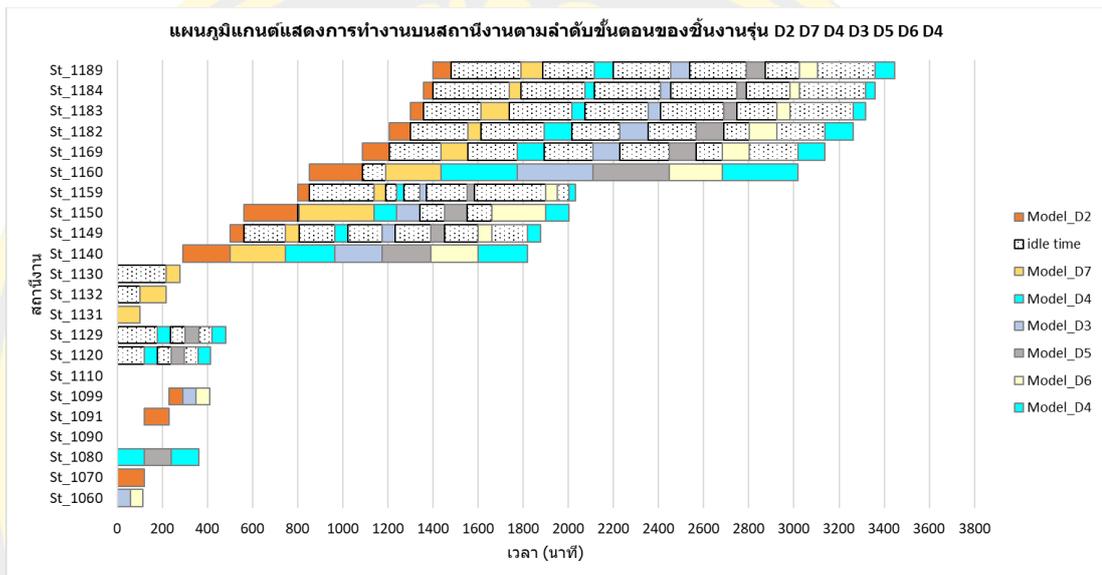
หลังจากที่ได้ผลลัพธ์จากการคำนวณเวลารวมที่ขึ้นในการผลิตของทุกชุดการผลิตแล้ว ผู้วิจัยนำชุดการผลิตที่มีรูปแบบการเรียงลำดับการผลิตต่างๆมาเปรียบเทียบกับตารางกำหนดการส่งมอบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการจัดรูปแบบการผลิตแบบใหม่ที่สามารถลดเวลารวมที่ขึ้นงานอยู่ในระบบได้มากน้อยเพียงใด ก่อนที่จะส่งมอบรูปแบบการเรียงลำดับการผลิตที่ได้ทั้งหมดนี้ให้กับนักวางแผนการผลิตเพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดตารางการผลิตต่อไป

ลำดับ	การจัดลำดับแบบเดิม	วันส่งมอบ	เวลาผลิตรวม (นาท)	การจัดลำดับโดยใช้วิธีการที่นำเสนอ	เวลาผลิตรวม (นาท)	เวลาที่ลดลง (นาท)
1	D7 D7 D8 D1 D7 D7 D8	4-Jan-22	3464	D7 D8 D7 D8 D7 D7 D1	3284	180
2	D1 D5 D5 D9 D2 D4 D1	5-Jan-22	3271	D5 D4 D1 D5 D9 D2 D1	3065	206
3	D3 D7 D7 D8 D6 D1 D2	6-Jan-22	3083	D3 D6 D2 D7 D8 D7 D1	2906	177
4	D3 D7 D7 D8 D6 D1 D2	7-Jan-22	3083	D3 D6 D2 D7 D8 D7 D1	2906	177
5	D4 D4 D4 D8 D8 D9 D1	10-Jan-22	3215	D4 D4 D8 D4 D9 D8 D1	3215	0
6	D2 D9 D8 D5 D5 D7 D3	11-Jan-22	3397	D3 D5 D9 D5 D7 D8 D2	3024	373
7	D9 D8 D1 D2 D7 D7 D3	12-Jan-22	3387	D3 D1 D7 D9 D8 D7 D2	2968	419
8	D9 D7 D2 D2 D5 D1 D5	13-Jan-22	3343	D5 D5 D2 D9 D1 D7 D2	2974	369
9	D8 D4 D3 D1 D9 D4 D3	14-Jan-22	3560	D3 D9 D4 D4 D3 D8 D1	3115	445
10	D2 D1 D6 D9 D4 D5 D2	17-Jan-22	3184	D4 D5 D2 D1 D6 D9 D2	2963	221
11	D1 D3 D3 D9 D7 D6 D8	18-Jan-22	3354	D3 D3 D6 D7 D9 D8 D1	2930	424
12	D8 D9 D9 D1 D6 D6 D4	19-Jan-22	3329	D6 D4 D6 D9 D8 D9 D1	3044	285
13	D4 D7 D7 D8 D8 D2 D2	20-Jan-22	3278	D4 D2 D7 D8 D8 D7 D2	3109	169
14	D1 D1 D3 D3 D3 D7 D5	21-Jan-22	3349	D3 D3 D3 D5 D7 D1 D1	2976	373
15	D8 D7 D5 D2 D4 D5 D8	24-Jan-22	3598	D5 D8 D4 D5 D8 D7 D2	3151	447
16	D6 D7 D9 D2 D6 D4 D1	25-Jan-22	3073	D6 D4 D9 D7 D1 D6 D2	2905	168
17	D8 D5 D9 D7 D8 D5 D4	26-Jan-22	3544	D5 D5 D9 D8 D8 D4 D7	3284	260
18	D3 D1 D7 D7 D1 D6 D6	27-Jan-22	2936	D6 D6 D3 D1 D7 D7 D1	2851	85
19	D9 D2 D1 D9 D3 D5 D8 D2	28-Jan-22	3595	D3 D5 D1 D2 D9 D8 D9 D2	3221	374
20	D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4	31-Jan-22	3512	D3 D4 D4 D5 D7 D6 D2	2976	536

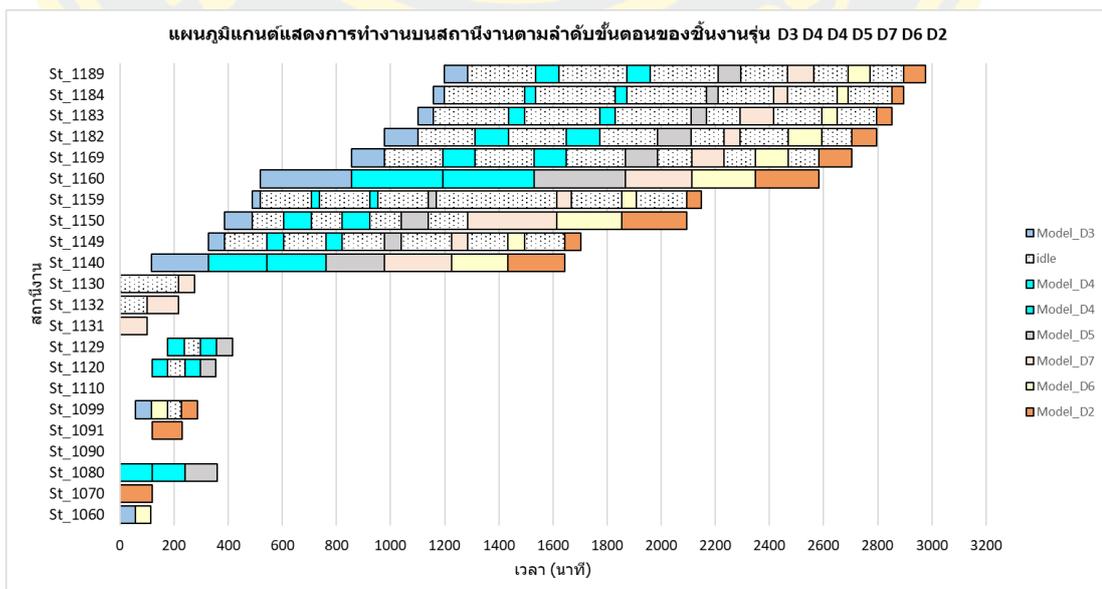
ภาพที่ 4-2 เปรียบเทียบการจัดลำดับการผลิตแบบเดิมกับรูปแบบใหม่

จากภาพที่ 4-2 แสดงผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับการผลิตแบบเดิมกับรูปแบบที่นำเสนอซึ่งพบว่าการจัดลำดับการผลิตรูปแบบใหม่ด้วยวิธีการที่นำเสนอสามารถลดเวลาในการผลิตรวมตลอดทั้งเดือนมกราคมได้ถึง 5,688 นาท โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่สามารถลดเวลาการผลิตลงจากวิธีเดิม 8.5% ซึ่งหมายความว่าวิธีการจัดลำดับการผลิตด้วยวิธีที่นำเสนอสามารถจัดลำดับงานที่ใช้เวลาในการผลิตน้อยที่สุดซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าวิธีการจัดลำดับแบบเดิมที่อาศัยประสบการณ์ของนักวางแผน จากผลการเปรียบเทียบทั้ง 20 วันพบว่าในลำดับที่ 5 การจัดลำดับการผลิตด้วยวิธีแบบเดิมสามารถใช้เวลาได้ดีที่สุด กล่าวคือไม่มีความแตกต่างกับวิธีการจัดลำดับด้วยวิธีที่นำเสนอ และในลำดับที่ 20 กลับ

พบว่าการจัดลำดับการผลิตด้วยวิธีที่นำเสนอสามารถลดเวลาในการผลิตเมื่อเทียบกับวิธีดั้งเดิมได้ถึง 536 นาที เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับการผลิตแบบเดิมกับรูปแบบใหม่จากภาพที่ 4-2 ในลำดับที่ 20 พบว่าการจัดลำดับงานด้วยวิธีใหม่สามารถลดเวลาการผลิตได้ถึง 536 นาที โดยสาเหตุที่ทำให้เวลาในการผลิตของการวางลำดับชิ้นงานในแต่ละรูปแบบไม่เท่ากันเกิดจากเวลาในการผลิตบนสถานีงานถัดไปใช้เวลาที่นานกว่าสถานีงานก่อนหน้า จึงทำให้เกิดเวลารอคอยเกิดขึ้น



ภาพที่ 4-3 แผนภูมิแกนต์แสดงชุดการผลิตของ D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4



ภาพที่ 4-4 แผนภูมิแกนต์แสดงชุดการผลิตของ D3 D4 D4 D5 D7 D6 D2

จากแผนภาพแกนต์เป็นการแสดงการไหลของชิ้นงานของชุดการผลิตชิ้นงานรุ่น D2 D7 D4 D3 D5 D6 และ D4 ที่มีการใช้เวลาผลิตที่อยู่ในกระบวนการ (Makespan) ตั้งแต่ชิ้นงานแรกจนถึงชิ้นงานสุดท้าย จากภาพที่ 4-3 และ ภาพที่ 4-4 เป็นการเปรียบเทียบการไหลของรุ่นของชิ้นงานที่เหมือนกัน แต่แตกต่างกันตรงที่การจัดลำดับที่แตกต่างกัน ผลลัพธ์ที่ได้คือเวลาผลิตรวมทั้งหมดไม่เท่ากันซึ่งเกิดจากการสูญเสียเวลาในกระบวนการผลิตอันเนื่องมาจากการรอคอยสถานีงานถัดไปผลิตชิ้นงานเสร็จ เราเรียกการสูญเสียเวลาในกระบวนการผลิตนี้ว่าการรอคอยในกระบวนการ (Idle times) ดังแสดงตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 แสดงเวลาที่มีการรอคอยในกระบวนการ (Idle times)

สถานีงาน	ช่วงเวลาที่ใช้ในการผลิต (นาที)	D2,D7,D4,D3,D5,D6,D4	D3,D4,D4,D5,D7,D6,D2
1060	57	0	0
1070	120	0	0
1080	120	0	0
1090	110	0	0
1091	110	0	0
1099	60	0	107
1110	30 - 44	0	0
1120	57	0	0
1129	60	0	57
1131	58 - 101	0	0
1132	115	0	0
1130	60	0	0
1140	210 - 311	66	0
1149	60	1023	957
1150	102 - 331	289	489
1159	30 - 112	1022	1382
1160	235 - 337	168	0
1169	120	1277	1007
1182	57 - 124	1351	1050
1183	57 - 125	1618	1286
1184	42 - 75	1766	1434
1189	81 - 97	1514	1178

เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับการผลิตแบบเดิมกับรูปแบบใหม่ดังภาพที่ 4-2 ในลำดับที่ 20 พบว่าการจัดลำดับงานด้วยวิธีใหม่สามารถลดเวลาการผลิตได้ถึง 536 นาที ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกชุดการผลิตที่ 20 ในตารางที่ 3 นำมาวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงลึกเพื่อหาสาเหตุของการที่การจัดลำดับ

งานวิธีใหม่สามารถทำได้สั้นกว่าการจัดลำดับด้วยวิธีเดิม โดยผลลัพธ์จากการนำชิ้นงานรุ่น D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 นำมาจัดเรียงลำดับทุกกรณีที่เป็นไปได้จะได้จำนวน 2,520 กรณี ดังแสดงในภาพ 4-5

0	[D2, D7, D6, D5, D4, D4, D3]	1480	1952	2160	2501	2838	3175	3512
1	[D4, D4, D6, D2, D3, D7, D5]	1411	1748	1979	2183	2555	2824	3138
2	[D2, D5, D6, D4, D7, D4, D3]	1480	1852	2083	2424	2693	3007	3344
3	[D4, D6, D7, D5, D3, D2, D4]	1411	1675	2050	2364	2701	2901	3273
4	[D6, D2, D7, D5, D4, D3, D4]	1338	1547	1947	2261	2598	2935	3272
...	...	...	...	...	...	...	...	...
2515	[D3, D5, D6, D7, D4, D4, D2]	1284	1621	1852	2140	2454	2791	2991
2516	[D4, D5, D2, D6, D3, D4, D7]	1411	1748	1948	2214	2555	2892	3161
2517	[D3, D5, D4, D7, D6, D4, D2]	1284	1621	1958	2227	2435	2776	2976
2518	[D4, D5, D4, D3, D6, D7, D2]	1411	1748	2085	2422	2653	2926	3103
2519	[D4, D2, D3, D7, D4, D5, D6]	1411	1644	2016	2285	2599	2936	3167

2520 rows × 8 columns

ภาพที่ 4-5 ความเป็นไปได้ทุกกรณีในการเรียงลำดับของ D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4

เมื่อนำเอาผลลัพธ์เวลาผลิตรวมที่เป็นไปได้ทั้งหมดในการเรียงลำดับของ D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 มาหาค่าทางสถิติเชิงพรรณนาพบว่าเวลาผลิตรวมที่มีค่าน้อยที่สุดจะอยู่ที่ 2,976 นาที และเวลารวมมากที่สุดจะอยู่ที่ 3,512 นาที ดังแสดงในตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 สถิติเชิงพรรณนาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4

#### ชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4

Mean	3241
Median	3178
Mode	3171
Standard Deviation	138
Range	536
Minimum	2976
Maximum	3512
Count	2520

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์ด้วยวิธีการจัดกลุ่มเป็นช่วงเวลาของการผลิต

หลังจากทราบค่าเวลาผลิตรวมสูงสุด ต่ำสุดของชุดการผลิตที่นำมาเป็นตัวอย่างแล้ว ผู้วิจัยนำข้อมูลมาจัดกลุ่มตามช่วงของเวลาโดยแบ่งช่วงเวลาการผลิตรวมออกมาเป็น 3 ช่วง จากนั้นหาความถี่ที่ขึ้นงานแต่ละรุ่นหากวางอยู่ในแต่ละลำดับจะสามารถที่จะใช้เวลาในการผลิตรวมอยู่ในช่วงเวลาเท่าไร โดยแสดงดังตารางที่ 4-3 ถึง ตารางที่ 4-9

ตารางที่ 4-3 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 1

Bin ลำดับที่1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
2976-3155	0	300	252	126	48	0
3156-3334	0	60	372	186	264	0
3335-3514	360	0	96	48	48	360

ตารางที่ 4-4 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 2

Bin ลำดับที่2	D2	D3	D4	D5	D6	D7
2976-3155	60	129	299	151	87	0
3156-3334	240	111	180	89	153	110
3335-3514	60	120	240	120	120	250

ตารางที่ 4-5 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 3

Bin ลำดับที่3	D2	D3	D4	D5	D6	D7
2976-3155	129	73	197	99	129	99
3156-3334	124	131	228	113	84	201
3335-3514	107	156	294	147	147	60

ตารางที่ 4-6 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 4

Bin ลำดับที่4	D2	D3	D4	D5	D6	D7
2976-3155	103	57	178	88	112	189
3156-3334	149	148	248	124	101	111
3335-3514	108	155	294	147	147	60

ตารางที่ 4-7 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 5

Bin ลำดับที่5	D2	D3	D4	D5	D6	D7
2976-3155	103	57	178	89	111	188
3156-3334	149	147	248	125	102	111
3335-3514	108	156	294	146	147	60

ตารางที่ 4-8 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 6

Bin ลำดับที่6	D2	D3	D4	D5	D6	D7
2976-3155	102	57	178	89	111	189
3156-3334	150	147	248	124	102	111
3335-3514	108	156	294	147	147	60

ตารางที่ 4-9 ความเป็นไปได้ของช่วงเวลาของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ในลำดับที่ 7

Bin ลำดับที่7	D2	D3	D4	D5	D6	D7
2976-3155	231	54	168	84	129	60
3156-3334	69	138	240	120	0	240
3335-3514	60	168	312	156	0	60

ผลลัพธ์จากการหาความถี่ที่เกิดขึ้นของแต่ละรุ่นของชิ้นงานและแต่ละลำดับทั้ง 7 ลำดับ ในเวลาผลิตรวมของแต่ละช่วง พบว่าหากเราวางชิ้นงานรุ่น D2 และรุ่น D7 ในลำดับแรกจะมีความเป็นไปได้ที่เวลาผลิตรวมจะใช้เวลาผลิตรวมมากที่สุดคือเวลาผลิตรวมจะอยู่ในช่วง 3,335 นาทีถึง 3,514 นาที และ

ชิ้นงานรุ่น D2 และรุ่น D7 ไม่สามารถผลิตชิ้นงานด้วยเวลาที่สั้นที่สุดได้เลยเนื่องจากความถี่ที่เกิดขึ้น เป็น 0 หากชิ้นงานทั้งสองรุ่นวางในลำดับแรก

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่สนใจผ่านสเปซซีท

ผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 โดยใช้คำสั่งให้เขียนผลลัพธ์ลงในสเปซซีท โดยการสับเปลี่ยนลำดับที่เป็นไปได้ทุกกรณีและเวลาที่ใช้ในการผลิตรวมซึ่งมี 2,520 รูปแบบ ซึ่งในคอลัมน์ B ถึงคอลัมน์ H เป็นการแสดงชิ้นงานแต่ละรุ่นสับเปลี่ยนไปทุกกรณี ในคอลัมน์ O จะเป็นการแสดงผลลัพธ์เวลาผลิตรวม จากนั้นเรียงลำดับเวลาการผลิตในคอลัมน์ O จากน้อยไปหามาก สังเกตผลลัพธ์ในแถวที่ 2 ถึง 25 จะพบว่าการจัดลำดับการผลิตในลำดับแรกด้วยชิ้นงานรุ่น D3 และปิดท้ายด้วยชิ้นงานรุ่น D2 จะให้เวลาผลิตรวมอยู่ในช่วงการผลิตที่ต่ำคืออยู่ในช่วง 2,976 นาที ดังแสดงในภาพ 4-6

	A	B	C	D	E	F	G	H	O
1	index	ลำดับที่1	ลำดับที่2	ลำดับที่3	ลำดับที่4	ลำดับที่5	ลำดับที่6	ลำดับที่7	เวลาลำดับที่7
2	28	D3	D4	D4	D5	D7	D6	D2	2976
3	306	D3	D4	D5	D4	D7	D6	D2	2976
4	420	D3	D5	D4	D6	D7	D4	D2	2976
5	433	D3	D4	D6	D5	D7	D4	D2	2976
6	460	D3	D5	D4	D4	D7	D6	D2	2976
7	529	D3	D4	D5	D6	D4	D7	D2	2976
8	686	D3	D5	D6	D4	D4	D7	D2	2976
9	804	D3	D5	D4	D6	D4	D7	D2	2976
10	879	D3	D4	D4	D6	D7	D5	D2	2976
11	883	D3	D5	D6	D4	D7	D4	D2	2976
12	1230	D3	D4	D6	D4	D5	D7	D2	2976
13	1268	D3	D4	D6	D4	D7	D5	D2	2976
14	1499	D3	D4	D4	D7	D5	D6	D2	2976
15	1568	D3	D4	D4	D5	D6	D7	D2	2976
16	1909	D3	D4	D4	D6	D5	D7	D2	2976
17	2007	D3	D4	D4	D7	D6	D5	D2	2976
18	2125	D3	D4	D6	D5	D4	D7	D2	2976
19	2259	D3	D5	D4	D4	D6	D7	D2	2976
20	2403	D3	D4	D5	D7	D6	D4	D2	2976
21	2423	D3	D4	D5	D7	D4	D6	D2	2976
22	2424	D3	D4	D5	D6	D7	D4	D2	2976
23	2442	D3	D4	D5	D4	D6	D7	D2	2976
24	2482	D3	D5	D4	D7	D4	D6	D2	2976
25	2517	D3	D5	D4	D7	D6	D4	D2	2976

ภาพที่ 4-6 ความเป็นไปได้ทุกกรณีในการเรียงลำดับของ D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 จากน้อยไปมาก

ในขณะเดียวกันถ้าต้องการทราบว่าการจัดลำดับด้วยชิ้นงานรุ่นใดที่จะทำให้เวลาในการผลิตใช้เวลานานที่สุด โดยทำการ Sort ลำดับเวลาการผลิตในคอลัมน์ O จากมากไปหาน้อย สังเกตผลลัพธ์

ของ 38 บรรทัดแรกจะพบว่าการจัดลำดับการผลิตในลำดับแรกด้วยชิ้นงานรุ่น D2 จะให้เวลาผลิตรวมอยู่ในช่วงการผลิตที่สูงที่สุดคืออยู่ในช่วง 3,512 นาที ดังแสดงในภาพ 4-7

	A	B	C	D	E	F	G	H	O
1	index	ลำดับที่1	ลำดับที่2	ลำดับที่3	ลำดับที่4	ลำดับที่5	ลำดับที่6	ลำดับที่7	เวลาลำดับที่7
2	0	D2	D7	D6	D5	D4	D4	D3	3512
3	48	D2	D7	D5	D3	D6	D4	D4	3512
4	81	D2	D7	D6	D3	D5	D4	D4	3512
5	146	D2	D7	D4	D3	D6	D5	D4	3512
6	158	D2	D7	D4	D6	D4	D5	D3	3512
7	211	D2	D7	D3	D4	D6	D4	D5	3512
8	292	D2	D7	D4	D4	D6	D3	D5	3512
9	315	D2	D7	D6	D5	D4	D3	D4	3512
10	375	D2	D7	D4	D3	D4	D6	D5	3512
11	465	D2	D7	D6	D3	D4	D4	D5	3512
12	477	D2	D7	D5	D4	D6	D3	D4	3512
13	563	D2	D7	D4	D6	D5	D3	D4	3512
14	622	D2	D7	D5	D6	D4	D4	D3	3512
15	678	D2	D7	D4	D4	D5	D6	D3	3512
16	736	D2	D7	D6	D3	D4	D5	D4	3512
17	810	D2	D7	D4	D5	D3	D6	D4	3512
18	813	D2	D7	D5	D3	D4	D6	D4	3512
19	874	D2	D7	D4	D5	D6	D4	D3	3512
20	899	D2	D7	D6	D4	D4	D3	D5	3512
21	915	D2	D7	D4	D4	D3	D6	D5	3512
22	952	D2	D7	D5	D6	D4	D3	D4	3512
23	992	D2	D7	D5	D4	D6	D4	D3	3512
24	1013	D2	D7	D6	D4	D3	D4	D5	3512
25	1033	D2	D7	D5	D6	D3	D4	D4	3512

ภาพที่ 4-7 ความเป็นไปได้ทุกกรณีในการเรียงลำดับของ D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 จากมากไปน้อย

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่สนใจด้วยวิธีจับคู่อันดับเพื่อหาค่าเฉลี่ย

ผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของชุดการผลิต D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4 ด้วยวิธีจับคู่ลำดับที่ 1 และลำดับที่ 2 เพื่อหาเวลาผลิตเฉลี่ยของคู่กันๆ พบว่าการวางลำดับแรกด้วยชิ้นงานรุ่น D3 และตามด้วยชิ้นงานรุ่น D2 หรือชิ้นงานรุ่น D4 หรือชิ้นงานรุ่น D5 ค่าเฉลี่ยจะต่ำสุดและหากพิจารณาการวางลำดับแรกด้วยชิ้นงานรุ่น D3 และตามด้วย D2 หรือ D6 ก็จะพบว่าค่าเฉลี่ยเวลาผลิตรวมก็ยังคงอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ดังแสดงในตาราง 4-10 ในขณะที่เดียวกันการจับคู่ลำดับที่ 6 และลำดับที่ 7 ด้วยชิ้นงานรุ่น D3, D4, D5 จะส่งผลให้เวลาผลิตรวมสูงที่สุดดังแสดงในตาราง 4-10

ตารางที่ 4-10 เวลาเฉลี่ยของคู่ลำดับที่1 และลำดับที่2

ลำดับที่1	ลำดับที่2	เวลาเฉลี่ยของคู่ลำดับที่1และที่2
D2	D3	3348
D2	D4	3348
D2	D5	3348
D2	D6	3373
D2	D7	3511
D3	D4	3018
D3	D5	3018
D3	D6	3068
D3	D2	3074
D3	D7	3229
D4	D3	3142
D4	D4	3145
D4	D5	3145
D4	D6	3195
D4	D2	3201
D4	D7	3349
D5	D3	3142
D5	D4	3145
D5	D6	3195
D5	D2	3201
D5	D7	3349
D6	D3	3169
D6	D4	3169
D6	D5	3169
D6	D2	3200
D6	D7	3332
D7	D6	3450
D7	D3	3449
D7	D4	3449
D7	D5	3449
D7	D2	3456

ตารางที่ 4-11 เวลาเฉลี่ยของคู่ลำดับที่ 6 และลำดับที่ 7

ลำดับที่ 6	ลำดับที่ 7	เวลาเฉลี่ยของคู่ลำดับที่ 6 และที่ 7
D2	D7	3149
D2	D4	3239
D2	D5	3239
D2	D6	3224
D2	D3	3264
D3	D7	3220
D3	D2	3229
D3	D6	3295
D3	D4	3311
D3	D5	3311
D4	D7	3194
D4	D2	3204
D4	D6	3270
D4	D4	3286
D4	D5	3286
D4	D3	3311
D5	D7	3194
D5	D2	3204
D5	D6	3270
D5	D4	3286
D5	D3	3311
D6	D7	3183
D6	D2	3193
D6	D4	3274
D6	D5	3274
D6	D3	3299
D7	D2	3091
D7	D6	3156
D7	D4	3171
D7	D5	3171
D7	D3	3197

## บทที่ 5

### สรุปผล

#### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับการผลิตแบบเดิมกับรูปแบบที่นำเสนอใน 1 เดือน ดังที่ได้นำเสนอในบทที่ 4 ไปแล้วนั้น วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนั้นสามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าโดยสามารถนำเสนอการจัดลำดับการผลิตด้วยรูปแบบใหม่ที่ใช้เวลานั้นน้อยกว่าการรูปแบบเดิมถึง 19 วันโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลการเปรียบเทียบในลำดับที่ 20 สามารถใช้เวลาลดลง 536 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ลดลงมากที่สุด ซึ่งหมายถึงโรงงานสามารถปรับปรุงวิธีการจัดลำดับการผลิตให้ดีกว่าเดิมได้ด้วยวิธีที่ได้นำเสนอนี้ และแม้ว่าการเข้ามาของคำสั่งซื้อของชิ้นงานแต่ละรุ่นจะไม่สามารถคาดเดาได้ทำให้ยากต่อการจัดลำดับงานที่ต้องใช้เวลาในการผลิตให้สั้นที่สุด วิธีที่นำเสนอนี้สามารถสร้างรูปแบบ (Pattern) การจัดลำดับการผลิตได้ครอบคลุมทุกกรณีทำให้นักวางแผนสามารถนำรูปแบบนี้ไปใช้อ้างอิงในการวางลำดับงานเพื่อให้ได้เวลาผลิตที่สั้นที่สุดได้

#### 5.2 อภิปรายผลการทดลอง

ถึงแม้ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีที่ได้นำเสนอเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดลำดับการผลิตแบบเดิม จะสามารถลดเวลาลงได้ 8.5 เปอร์เซ็นต์ แต่ด้วยโรงงานกรณีศึกษานี้มีลักษณะการผลิตแบบไหลเลื่อนซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่มีลักษณะการทำงานเรียงต่อกันแบบอนุกรม แต่ละงาน  $i$  จะมีเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิต  $j$  เป็นการจัดงาน  $n$  งาน ทำขั้นตอน  $m$  ขั้นตอน โดยผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) ซึ่งเป็นการวนลูปเพื่อหาเวลาผลิตรวมที่น้อยที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการจัดลำดับงานใหม่ ซึ่งพบว่าระหว่างทำการวนลูปเพื่อหาผลลัพธ์ตามการสับเปลี่ยนลำดับ (Permutation) ใช้เวลานานมาก ซึ่งลักษณะปัญหาประเภทนี้จัดอยู่ในปัญหาเอ็นพีแบบยาก (Non-Polynomial-Hard, NP-Hard) ซึ่งเมื่องาน ( $n$ ) มีขนาดที่เพิ่มขึ้น การหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) อาจไม่สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ด้วยเวลาที่มี ดังนั้นในอนาคตหากโรงงานแห่งนี้มีการขยายจำนวนสถานีงานหรือมีจำนวนชิ้นงานที่เพิ่มขึ้น วิธีที่ได้นำเสนออาจไม่สามารถนำมาเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตให้กับโรงงานแห่งนี้ได้

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

วิธีที่ได้นำเสนออาจไม่สามารถนำมาเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตให้กับโรงงานแห่งนี้ได้เมื่อขนาดของงาน ( $n$ ) เพิ่มขึ้น ดังนั้นข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตให้กับโรงงานแห่งนี้ในกรณีที่มีการเพิ่มจำนวนชิ้นของสถานีงานหรือชิ้นงาน ให้พิจารณาวิธีการหาคำตอบแบบประมาณ (Approximation Method) วิธีนี้จะช่วยลดระยะเวลาในการประมวลผลผลลัพธ์ที่มีจำนวนงานที่จะต้องทำการผลิตหรือจำนวนสถานีงานที่มากขึ้นซึ่งวิธีการหาคำตอบแบบประมาณนี้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จะใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีด้วยกัน คือ วิธีฮิวริสติก (Heuristic) จะเป็นเทคนิควิธีการหาคำตอบแบบประมาณวิธีหนึ่งซึ่งมีค่าใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้ระยะเวลาในการคำนวณหรือประมวลผลผลลัพธ์ไม่นาน แต่วิธีนี้จะมีข้อจำกัดในการใช้คือ จะเป็นวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาเฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเท่านั้นจึงไม่สามารถนำไปใช้กับปัญหาในกลุ่มอื่นได้ ตัวอย่างของวิธีฮิวริสติกที่นิยมใช้โดยทั่วไปได้แก่ กฎการจ่ายงาน (Dispatching rule) เป็นต้น วิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) จัดอยู่ในกลุ่มของวิธีการหาคำตอบแบบประมาณการเช่นกัน แต่เป็นวิธีในการหาคำตอบที่ได้รับความนิยมมากกว่าวิธีการของฮิวริสติก เนื่องจากวิธีนี้สามารถทำการประยุกต์วิธีการทำหรือขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อนกว่าวิธีฮิวริสติกเพื่อพัฒนาคุณภาพของคำตอบหรือทำให้มีวิธีการหาคำตอบในแต่ละปัญหานั้นมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ภายใต้ข้อจำกัดซึ่งเหมาะกับการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ที่ต้องการค้นหาคำตอบภายใต้เวลาที่จำกัด วิธีนี้จะทำการวนซ้ำในการหาคำตอบจนกระทั่งหยุดค้นหาเมื่อถึงเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนด (Criteria) อย่างไรก็ตามคำตอบที่ได้จากวิธีฮิวริสติกนั้นไม่สามารถยืนยันได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด

## บรรณานุกรม

1. ไชยโครต, อ., <การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ลำดับงานมีผลต่อเวลาการตั้งเครื่องจักรในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์.pdf>. 2018.
2. Alharkan, I.M., *ALGORITHMS FOR SEQUENCING AND SCHEDULING*, 2019.
3. อินทร์ผิว, ช., <การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตโดยมีผลรวมของเวลาล่าช้าของงานและเวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนดเป็นตัวชี้วัด วิทยาลัยฯ โรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนพลาสติก.pdf>. 2009.
4. ศรีทาพัทธ์, ก., <เมตาฮีริสติกสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์.pdf>. 2021.
5. อนงค์จรยา, น., <แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดตารางการผลิต.pdf>. 2015.
6. Wang, L., et al., *Dynamic job-shop scheduling in smart manufacturing using deep reinforcement learning*. Computer Networks, 2021. 190.
7. Bai, D., et al., *Minimization of maximum lateness in a flowshop learning effect scheduling with release dates*. Computers & Industrial Engineering, 2021. 158.

ภาคผนวก

ผลงานที่เผยแพร่





Political Science Association of Kasetsart University  
8/82 Banklangmueng Ngamwongwan, Ngamwongwan Road  
Thung Song Hong, Lak Si, Bangkok 10210, Thailand  
Website: [www.psaku.org](http://www.psaku.org) Email: [polsci.association.kasetsart@gmail.com](mailto:polsci.association.kasetsart@gmail.com)

---

11 October 2023

Subject Notification of Acceptance of the SHSRNNIC 2023  
Dear Attapol Wongkasikit And Sunisa Rimcharoen  
Faculty of Informatics, Burapha University

We would like to thank you for considering 6<sup>th</sup> Society Humanities and Social Science Research Promotion Network National & International Conference (SHSRNNIC 2023), as well as for submitting your research paper for publication into our proceedings.

We have much pleasure in letting you know that your paper herein referred to as: **“Data Simulation to Analyze Production Sequencing Patterns: Case Study of a Metal Fabrication Manufacturing”** has been double-blind reviewed by two reviewers and approved by the editorial board for publication and Oral Online presentation in SHSRNNIC 2023 on 27 October 2023 at Ramkhamhaeng university, Bangkok, Thailand via Zoom Online Program.

For the most updated information on the conference, please check the conference website at [www.facebook.com/HSRPNNIC.PSAKU](http://www.facebook.com/HSRPNNIC.PSAKU). The Conference Program will be available at the website in early October 2023.

Again, congratulations. We look forward to seeing you.

Yours Sincerely,

Samanan Rattanasirivilai, Ph.D.  
SHSRNNIC 2023's Conference Program Chair  
The 1<sup>st</sup> Vice President of PSAKU  
Email: [samanan24@gmail.com](mailto:samanan24@gmail.com)

## **DATA SIMULATION TO ANALYZE PRODUCTION SEQUENCING PATTERNS: CASE STUDY OF A METAL FABRICATION MANUFACTURING**

Attapol WONGKASIKIT<sup>1</sup> and Sunisa RIMCHAROEN<sup>2\*</sup>

1 Faculty of Informatics, Burapha University, Thailand; 64910136@go.buu.ac.th

2 Faculty of Informatics, Burapha University, Thailand; rsunisa@buu.ac.th (Corresponding Author)

### **ARTICLE HISTORY**

**Received:** 29 September 2023

**Revised:** 11 October 2023

**Published:** 27 October 2023

### **ABSTRACT**

This paper introduces a data simulation method to enhance production scheduling in a welding and metal fabrication factory. Effective scheduling is crucial for on-time deliveries and customer satisfaction, but the factory lacks tools for aligning schedules with committed shift dates. The factory produces nine product models with varying production times across 22 workstations. Our research aims to find the optimal scheduling strategy to minimize overall production time. We use data simulation to explore different scheduling patterns and identify the most efficient one. In one month of testing, our method reduced production time by 5,688 minutes, representing an 8.5% improvement over current scheduling methods. This research highlights the benefits of data simulation techniques in scheduling for the production processes of welding and metal fabrication factory, enhancing operational efficiency and the ability to meet customer delivery requirements.

**Keywords:** Flow Shop, Makespan, Production Scheduling

**CITATION INFORMATION:** Wongkasikit, A. & Rimcharoen, S. (2023). Data Simulation to Analyze Production Sequencing Patterns: Case Study of a Metal Fabrication Manufacturing. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 1(10), 23

[2]

## การจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดลำดับการผลิต: กรณีศึกษา โรงงานเชื่อมและประกอบโลหะ

อรรถพล ว่องกลกิจ<sup>1</sup> และ สุนิสา ริมเจริญ<sup>2</sup>

1 คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา; 64910136@go.buu.ac.th

2 คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา; rsunisa@buu.ac.th (ผู้ประพันธ์บทความ)

### บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดลำดับการผลิตสำหรับโรงงานเชื่อมและประกอบโลหะ ปัญหาการจัดลำดับการผลิตในโรงงานแห่งนี้ส่งผลต่อเวลาการผลิตชิ้นงานซึ่งอาจกระทบต่อการดำเนินงานให้เสร็จทันกับวันส่งมอบชิ้นงานให้กับลูกค้า ปัจจุบันทางโรงงานที่ผู้วิจัยใช้เป็นกรณีศึกษาไม่มีเครื่องมือที่จะเข้ามาช่วยตัดสินใจในการจัดลำดับการผลิตให้สอดคล้องกับวันส่งมอบ โรงงานแห่งนี้ผลิตชิ้นงานอยู่ 9 รุ่น ซึ่งมีระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนไปตามสถานีงานต่างๆ โดยมีสถานีงานทั้งหมดจำนวน 22 สถานี โดยชิ้นงานทั้ง 9 รุ่นจะมีลำดับกระบวนการผลิตและเวลาที่ใช้ในการผลิตบนสถานีงานที่ไม่เท่ากัน วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อค้นหาการจัดรูปแบบลำดับการผลิตที่ให้เวลาผลิตรวมที่น้อยที่สุดของเหตุการณ์ที่เป็นไปได้ของชุดการผลิตที่มีการผสมกันของชิ้นงาน (Mixed Model Production) เพื่อนำรูปแบบที่ได้จากการจำลองเหตุการณ์ไปเป็นแนวทางในการจัดวางลำดับการผลิตโดยใช้วิธีการจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบที่เป็นไปได้ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีที่นำเสนอเปรียบเทียบกับวิธีการจัดลำดับการผลิตที่โรงงานใช้อยู่เดิมในระยะเวลา 1 เดือน พบว่า วิธีที่นำเสนอสามารถหาปรับรูปแบบการจัดลำดับการผลิตที่ใช้เวลาการผลิตลดลง 5,688 นาที ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์การประหยัดเวลาลงได้ 8.5 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับการจัดลำดับการผลิตแบบเดิม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงประโยชน์จากเทคนิคการจำลองข้อมูลในการจัดลำดับในสำหรับกระบวนการผลิตของโรงงานเชื่อมและประกอบโลหะ ซึ่งเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินการและการส่งมอบงานให้ลูกค้า

**คำสำคัญ:** การผลิตแบบไหลเลื่อน, เวลาผลิตรวม, การจัดรูปแบบลำดับการผลิต

**ข้อมูลการอ้างอิง:** อรรถพล ว่องกลกิจ และ สุนิสา ริมเจริญ. (2566). การจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดลำดับการผลิต: กรณีศึกษาโรงงานเชื่อมและประกอบโลหะ. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 1(10), 23

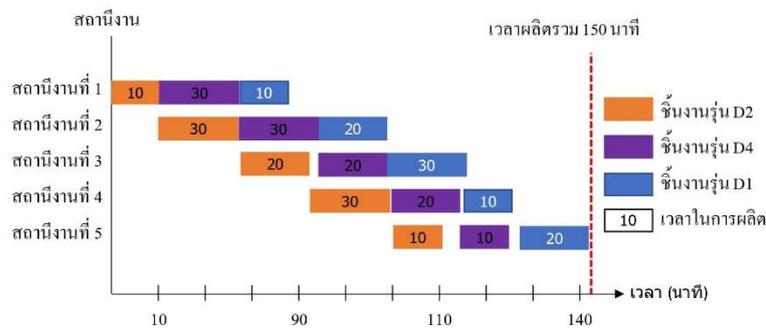
[3]

### บทนำ

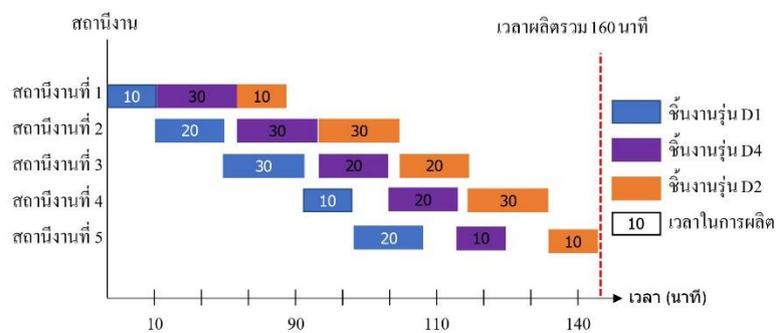
การจัดลำดับการผลิตถือว่าเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญมากกิจกรรมหนึ่ง และเป็นปัญหาท้าทายในการตัดสินใจสำหรับการบริหารจัดการในกระบวนการผลิต การบริหารจัดการเวลา ไม่ว่าจะเป็นเวลาการผลิต หรือเวลาในการขนส่งที่สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องมีการวางแผนที่ดีและมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการวางแผนจะเป็นตัวกำหนดการใช้ทรัพยากรภายในองค์กร (คณิศร ศรีทาพิภตร, 2564) ปัญหาการจัดลำดับการผลิตในโรงงานผลิตที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ (Model Mixed) และเป็นการผลิตตามคำสั่งซื้อ (Made-to-Order) มีเงื่อนไขหลายอย่างที่เป็นข้อจำกัดในการจัดลำดับตารางการผลิต อาทิเช่น ความไม่แน่นอนของคำสั่งซื้อที่จะเข้ามา การจัดเตรียมวัตถุดิบให้เพียงพอต่อการผลิตโดยระดับวัตถุดิบคงคลังต้องไม่มากเกินไปจนมีผลกระทบต่อสถานะทางการเงิน หรือน้อยเกินไปจนอาจมีความเสี่ยงการขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิต การวางแผนกิจกรรมสำหรับเครื่องจักรแต่ละสถานีในการผลิตต้องเสร็จสิ้นภายใต้เวลาที่กำหนด เพื่อส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าตามข้อกำหนด หากเกิดเหตุการณ์ที่ไม่สามารถส่งมอบสินค้าได้ตามที่กำหนดอาจมีค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นที่เกิดจากค่าปรับ และลูกค้าจะได้รับสินค้าที่ล่าช้าออกไป เป็นต้น ข้อจำกัดที่กล่าวมาทั้งหมดนี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการจัดลำดับการผลิต เมื่อพิจารณาถึงพลวัตความไม่แน่นอนที่กล่าวมาแล้วนั้นจำเป็นต้องมีการปรับกลยุทธ์การจัดตารางการผลิตให้สอดคล้องกับสถานะปัจจุบันและให้เป็นไปอย่างยืดหยุ่น ปัญหาการจัดลำดับงานเป็นปัญหาประเภท NP-Hard การประยุกต์ใช้การประมาณการในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดก็เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยจัดการกับปัญหา (Libing Wang, 2021; Danyu Bai, 2021) สำหรับในประเทศไทย นักวิจัยจำนวนหนึ่งก็ได้นำเสนองานวิจัยที่ศึกษาปัญหาการจัดลำดับงาน เช่น การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อหาเวลาเสร็จสิ้นของงานในระบบที่ต่ำสุดในการซักอบรีดผ้า ภายใต้เงื่อนไขการผลิตเป็นแบบไหลเลื่อนซึ่งประกอบไปด้วยจำนวนขั้นตอนการทำงาน  $n$  ขั้นตอนและจำนวนเครื่องจักร  $m$  เครื่อง โดยทำการจำลองสถานการณ์ของทุกทางเลือกที่สามารถดำเนินการได้ ซึ่งพบว่า การจัดตารางการอบซักรีดสามารถลดเวลาเสร็จสิ้นของงานในระบบร้อยละ 28.5 (นิชชีมา อณรงค์จรรยา, 2558) งานวิจัยที่ใช้วิธีการสร้างแบบจำลองกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรสำหรับการขึ้นรูปยางรถยนต์ที่มีเป้าหมายในการลดต้นทุนรวมจากค่าแรงงานและค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องจักร ซึ่งผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองเปรียบเทียบกับตารางการผลิตที่มาจากประสบการณ์ของผู้วางแผนพบว่า สามารถลดต้นทุนรวมต่อเดือนคิดเป็นร้อยละ 13.3 (อารดา ไชยโคตร, 2561)

จากการศึกษางานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยพบความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้วิธีการจำลองข้อมูลเพื่อจัดตารางการผลิตของโรงงานที่ต้องการความยืดหยุ่น ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาการจัดลำดับการผลิต โดยใช้โรงงานเชื่อมและประกอบโลหะแห่งหนึ่งเป็นกรณีศึกษา ซึ่งปัจจุบันโรงงานผลิตแห่งนี้ประสบปัญหาไม่มีเครื่องมือที่จะเข้ามาช่วยตัดสินใจในการจัดลำดับการผลิตให้สอดคล้องกับวันส่งมอบ โดยที่ผ่านมาการจัดลำดับงานมักจะใช้ประสบการณ์มาใช้ในการจัดลำดับงานซึ่งส่งผลให้ขาดความแม่นยำในการวางแผนลำดับงาน โดยโรงงานแห่งนี้ใช้แผนภูมิแกนต์ (Gantt Chart) แสดงการทำงานบนสถานีงานตามลำดับขั้นตอนเพื่อแสดงเวลาผลิตรวม ดังภาพที่ 1 และ 2

[4]



ภาพที่ 1 เวลาผลิตรวม 150 นาทีของการเรียงลำดับของชั้นงานรุ่น D2->D4->D1



ภาพที่ 2 เวลาผลิตรวม 160 นาทีของการเรียงลำดับของชั้นงานรุ่น D1->D4->D2

ภาพที่ 1 และภาพที่ 2 แสดงให้เห็นถึงเวลาผลิตรวมของชั้นงาน 3 รุ่นที่เรียงต่อกันตามลำดับ โดยชั้นงานแต่ละรุ่นจะมีกระบวนการผลิตที่ผ่านสถานีงานตั้งแต่สถานีงานแรกจนถึงสถานีงานสุดท้าย ซึ่งแต่ละกระบวนการผลิตของชั้นงานแต่ละรุ่นที่ผ่านแต่ละสถานีงานใช้เวลาในการผลิตที่ไม่เท่ากัน ซึ่งหากพิจารณาภาพที่ 1 และภาพที่ 2 จะพบว่า มีการนำเอารุ่นของชั้นงาน 3 รุ่น คือ D1, D2 และ D4 มาจัดวางลำดับการผลิตที่แตกต่างกัน โดยภาพที่ 1 เรียงลำดับจากชั้นงานรุ่น D2, D4 และ D1 เวลาผลิตรวมของการผสมกันของชั้นงานทั้ง 3 รุ่นนี้จะเท่ากับ 150 นาที ในขณะที่ภาพที่ 2 มีการเรียงลำดับชั้นงานรุ่น D1, D4 และ D2 เวลาผลิตรวมจะเท่ากับ 160 นาที จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 เหตุการณ์นี้แม้จะใช้ชั้นงานชุดเดียวกันในการผลิตแต่ผลลัพธ์เวลาผลิตรวมที่ได้ไม่เท่ากัน ดังนั้นการจัดวางลำดับการผลิตจึงมีผลอย่างมากต่อเวลาผลิตรวมซึ่งอาจกระทบต่อการทำงานให้เสร็จทันกับวันส่งมอบชิ้นงานให้กับลูกค้า โดยเป้าหมายสำคัญในการจัดลำดับการงานคือต้องยังคงสามารถรักษากำหนดการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าตามวันที่ตกลงกันได้ ดังนั้นผู้วิจัยได้ทำการนำข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการวางแผนการผลิตมาสร้างแบบจำลองเหตุการณ์การจัดลำดับงานเพื่อหารูปแบบในการผลิตที่ใช้เวลารวมที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้สอดคล้องกับวันส่งมอบชิ้นงาน

[5]

### การทบทวนวรรณกรรม

การจัดลำดับงานและการกำหนดเวลาเป็นรูปแบบการตัดสินใจที่มีบทบาทสำคัญในการผลิตและอุตสาหกรรมบริการในสภาพแวดล้อมการแข่งขันในปัจจุบัน การจัดลำดับและกำหนดเวลาที่มีประสิทธิภาพกลายเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อความอยู่รอดในตลาด โรงงานต้องส่งมอบสินค้าตามวันเวลาที่ตกลงไว้กับลูกค้าเนื่องจากการไม่ปฏิบัติตามอาจส่งผลให้สูญเสียความมั่นใจต่อลูกค้า ดังนั้นการจัดลำดับงานที่มีประสิทธิภาพจึงจำเป็นอย่างยิ่ง Ibrahim Alharkan (2019) ตั้งที่กล่าวไว้ในบทความการจัดลำดับงานเป็นปัญหาแบบ Non-deterministic Polynomial Hard (NP-Hard) กล่าวคือเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นจะไม่สามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ (Optimal Solution) วิธีการหาคำตอบของปัญหาการจัดลำดับงานสามารถแบ่งวิธีการหาคำตอบออกได้เป็น 2 วิธี ได้แก่ วิธีการที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) และวิธีที่ให้คำตอบที่เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดหรือที่เรียกว่าวิธีการหาคำตอบแบบประมาณ (Approximate Method) (กฤษดา พัวสกุล, สิริวิชญ์ สว่างนพ, ชีรภัทร์ อนุภาพพันธ์ และ จีรณา จันทรสีขาว, 2562)

Libing Wang and Danyu Bai (2021) ได้ประยุกต์ใช้ Deep Reinforcement Learning เข้ามาช่วยจัดตารางการผลิตที่เป็นแบบพลวัต คือ การนำเทคนิค Deep Learning มาเป็นเครื่องมือในการหาคำตอบแบบประมาณ โดยอาศัย Agent ในการเรียนรู้สถานการณ์ของระบบที่ Agent ต้องรับรู้ จากนั้นใช้ Policy เป็นตัวกำหนดการกระทำซึ่งจะส่งผลต่อสถานการณ์เดิมไปสู่สถานการณ์ใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ใกล้เคียงวิธีการที่ผู้วิจัยได้นำเสนอซึ่งพบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่ประยุกต์ใช้การประมาณการในการหาคำตอบที่เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุด อาทิเช่น ณัฐพล อะกะเรือน (2562) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการปรับปรุงการจัดลำดับการผลิตและจัดตารางการผลิตเพื่อลดปัญหาการส่งมอบล่าช้า โรงงานผลิตชิ้นส่วนเลนส์กล้องถ่ายรูป โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาและลดจำนวนงานที่ล่าช้าในการส่งมอบสินค้า โดยใช้โปรแกรมจำลองสถานการณ์ Arena version 14 และเลือกใช้วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic) และทฤษฎีข้อจำกัด (Theory of constraints scheduling) ในการหาคำตอบ ยังมี จิรศักดิ์ ชามาง และ สวัสดิ์ ภาวราช (2559) เลือกใช้วิธีอาณานิคม (Ant Colony) ในการจัดลำดับการผลิตแบบไหลเลื่อนที่มีเวลาการผลิตที่ไม่แน่นอนโดยมีจุดประสงค์เพื่อหาค่าพิสัยของเวลาเสร็จสิ้น (Makespan Range) ที่น้อยที่สุด และมีบางงานวิจัยที่กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัยแบบหลายวัตถุประสงค์ก็สามารถเลือกใช้วิธีการทั้ง 2 แบบได้ ตัวอย่างเช่น สิริวิชญ์ เขียวธำรงสุข และ ชนะ รัชชศิริ (2563) ทำการพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อช่วยแก้ปัญหาการจัดตารางรถบรรทุกรับส่งสินค้า เพื่อใช้อัตราการหมุนรถและการใช้ประโยชน์ของรถบรรทุกที่ดีที่สุด โดยประยุกต์ใช้วิธี Tree Searching Algorithm (TSA) ซึ่งเป็นวิธีการประมาณการคำตอบที่เข้าใกล้คำตอบที่ดีที่สุดและวิธี Integer Programming Model ซึ่งเป็นกำหนดการเชิงคณิตศาสตร์ที่อยู่ในวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด มาเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาการจัดตารางรถบรรทุกสินค้าและการใช้ประโยชน์ของรถบรรทุกที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม ปวีร์ธิดา พัฒนอภิพงษ์, ปุณณมี สัจจกมล และ โอลดา ตรีรัตน์ตระกูล (2561) ได้เสนอความคิดเห็นเกี่ยวกับวิธีการแก้ไขปัญหการจัดลำดับการผลิตด้วยวิธีการประมาณการ โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติก (Heuristic) เป็นการค้นหาคำตอบที่มีตัวชี้แนะหรือมีแนวทางหรือมีการคาดเดาอย่างมีเหตุผลว่ากระบวนการค้นหาคำตอบจะเลือกเส้นทางใดหรือสถานะใดเพื่อทำการค้นหาต่อไปให้ได้คำตอบอย่างมีประสิทธิภาพ แต่คำตอบที่ได้จากวิธีฮิวริสติกนั้นไม่สามารถยืนยันได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด

### วิธีดำเนินการวิจัย

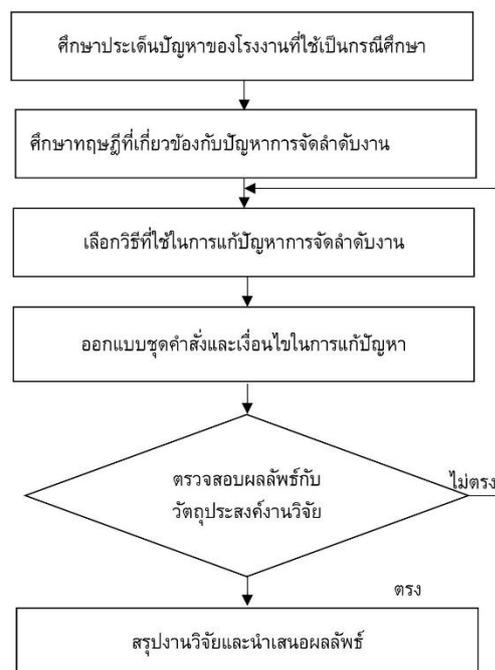
การดำเนินการวิจัยในการจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการจัดลำดับการผลิต มีเป้าหมายเพื่อหาแบบการวางลำดับงานในการผลิตที่มีการใช้เวลารวมในการผลิตต่ำที่สุด (Minimize Makespan)

ขั้นตอนกระบวนการทำวิจัยทั้งหมดตั้งแต่กระบวนการเริ่มต้นศึกษาปัญหาของโรงงานที่ใช้เป็นกรณีศึกษาจนถึงสรุปผลงานวิจัยและนำเสนอผลลัพธ์ แสดงดังภาพที่ 3 โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) เลือกจำนวนรุ่นของชิ้นงานทั้ง 9 รุ่นที่ทำการผลิตในปัจจุบัน คือ D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 และ D9

[6]

- 2) นำชิ้นงานทั้ง 9 รุ่น มาเรียงต่อกันเป็นชุดการผลิต โดยแต่ละชุดการผลิตจะทำการเลือกชิ้นงานผสมกัน 6 ชิ้น ด้วยวิธีเรียงสับเปลี่ยน (Permutation) โดยให้ถือลำดับหรือตำแหน่งก่อนหลังเป็นสำคัญ ตามสมการ  $n^k$  โดยที่  $n = 9$  และ  $k = 6$  สาเหตุที่เลือกชิ้นงานผสมกัน 6 ชิ้น มาจากกำลังการผลิต (Capacity) ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาสามารถผลิตชิ้นงานได้วันละ 6 ชิ้น ดังนั้น ความเป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่มีการผสมกันตามสมการของวิธีเรียงสับเปลี่ยน (Permutation) ผลลัพธ์ที่ได้จะเท่ากับ 531,441 ชุดการผลิต
- 3) เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานแต่ละรุ่นบนสถานีงานแต่ละสถานี (แสดงดังตารางที่ 1) โดยเวลาที่ใช้ในการผลิตของชิ้นงานแต่ละรุ่นจะใช้เวลามาตรฐานที่ถูกจัดทำขึ้นโดยเรียกว่าเส้นทางการผลิต (Production Routing)
- 4) นำชุดข้อมูลที่ได้จากการผสมกันของชิ้นงานที่ได้จากวิธีเรียงสับเปลี่ยน (Permutation) มาคำนวณเวลาที่ใช้ในการผลิต โดยเริ่มจากเวลาจากสถานีงานแรกของชิ้นงานแรกจนไปถึงสถานีงานสุดท้ายของชิ้นงานสุดท้าย ด้วยการออกแบบชุดคำสั่งเพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำการสร้างรูปแบบการลำดับงานและคำนวณผลลัพธ์เวลารวมที่ใช้ในการผลิตด้วยวิธีการหาค่าตอบที่ดีที่สุด (Exact Method)
- 5) ผลลัพธ์ที่ได้เกิดจากการคำนวณของชุดคำสั่งในคอมพิวเตอร์จะถูกนำไปเก็บในรูปแบบของไฟล์ csv เพื่อนำไปใช้เป็นรูปแบบการจัดลำดับการผลิตในครั้งต่อไปดังตัวอย่างในตารางที่ 2 ที่แสดงตัวอย่างเวลารวมของชิ้นงานที่เรียงลำดับกันในทุกความเป็นไปได้ ที่มีการผสมกันของชิ้นงานจำนวน 6 ชิ้น



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

[7]

ตารางที่ 1 เวลาที่ขึ้นงานแต่ละรุ่นทำงานบนสถานีงาน

ลำดับ	สถานี งาน	ขึ้นงาน รุ่น D1	ขึ้นงาน รุ่น D2	ขึ้นงาน รุ่น D3	ขึ้นงาน รุ่น D4	ขึ้นงาน รุ่น D5	ขึ้นงาน รุ่น D6	ขึ้นงาน รุ่น D7	ขึ้นงาน รุ่น D8	ขึ้นงาน รุ่น D9
1	1060	0	0	57	0	0	57	0	0	0
2	1070	120	120	0	0	0	0	0	0	0
3	1080	0	0	0	120	120	0	0	0	0
4	1090	110	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1091	0	110	0	0	0	0	0	0	0
6	1099	60	60	60	0	0	60	0	0	0
7	1110	0	0	0	0	0	0	0	44	30
8	1120	0	0	0	57	57	0	0	0	0
9	1129	0	0	0	60	60	0	0	0	0
10	1131	0	0	0	0	0	0	101	85	85
11	1132	0	0	0	0	0	0	115	115	115
12	1130	0	0	0	0	0	0	60	60	60
13	1140	210	210	210	217	217	210	246	311	311
14	1149	60	60	60	60	60	60	60	0	0
15	1150	240	240	240	240	240	240	331	202	202
16	1159	52	52	52	52	52	52	52	112	90
17	1160	235	235	235	235	235	235	246	310	310
18	1169	120	120	120	120	120	120	120	120	120
19	1182	93	93	93	93	93	93	57	83	83
20	1183	57	57	57	57	57	57	125	125	90
21	1184	42	42	42	42	42	42	52	75	75
22	1189	81	81	81	81	81	81	97	89	90

ตารางที่ 2 ตัวอย่างผลลัพธ์เวลารวมที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่มีการผสมกันของขึ้นงานทั้ง 9 รุ่น

ลำดับ	ความเป็นไปได้ของการผสมกันของขึ้นงาน	เวลาผลิตรวม (นาที)
1	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1'	2680
2	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D2'	2680
3	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D3'	2812
4	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D4'	2812
5	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D5'	2812
6	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D6'	2711
7	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D7'	2840
8	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D8'	2876
9	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D9'	2820
10	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D2', 'Model_D1'	2680
11	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D2', 'Model_D2'	2680

[8]

ลำดับ	ความเป็นไปได้ของการผสมกันของชิ้นงาน	เวลาผลิตรวม (นาที)
12	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D2', 'Model_D3'	2812
13	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D2', 'Model_D4'	2812
14	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D2', 'Model_D5'	2812
15	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D2', 'Model_D6'	2711
16	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D2', 'Model_D7'	2840
17	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D2', 'Model_D8'	2876
18	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D2', 'Model_D9'	2820
19	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D3', 'Model_D1'	2772
20	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D3', 'Model_D2'	2772
21	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D3', 'Model_D3'	2909
22	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D3', 'Model_D4'	2909
23	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D3', 'Model_D5'	2909
24	'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D1', 'Model_D3', 'Model_D6'	2803
.....	.....	.....
59049	'Model_D1', 'Model_D9', 'Model_D9', 'Model_D9', 'Model_D9', 'Model_D9'	3100

#### ผลการวิจัย

หลังจากที่ได้ผลลัพธ์จากการคำนวณเวลารวมที่ใช้ในการผลิตของทุกชุดการผลิตแล้ว ผู้วิจัยนำชุดการผลิตที่มีรูปแบบการเรียงลำดับการผลิตต่างๆ มาเปรียบเทียบกับตารางกำหนดการส่งมอบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการจัดรูปแบบการผลิตแบบใหม่ที่สามารถลดเวลารวมที่ชิ้นงานอยู่ในระบบได้มากที่สุดเพียงใด

ตารางที่ 3 นำเสนอผลการเปรียบเทียบการจัดลำดับการผลิตแบบเดิมกับรูปแบบที่นำเสนอ พบว่า การจัดลำดับการผลิตแบบใหม่ด้วยวิธีการที่นำเสนอ สามารถลดเวลาในการผลิตได้ 5,688 นาที โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างที่สามารถลดเวลาการผลิตจากวิธีการเดิม คือ 8.5 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีที่นำเสนอเปรียบเทียบกับการจัดลำดับการผลิตแบบเดิมที่แสดงในตารางที่ 3 ลำดับที่ 5 พบว่า เวลาผลิตรวมด้วยวิธีแบบเดิมไม่มีความแตกต่างกับเวลาที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีที่นำเสนอซึ่งเป็นการวางแผนการผลิตที่ใช้เวลาน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาจากระยะเวลาการจัดตารางการผลิตใน 1 เดือนที่นำมาทดสอบแล้วนั้นส่วนใหญ่การจัดลำดับการผลิตด้วยวิธีที่นำเสนอสามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าโดยสามารถนำเสนอการจัดลำดับการผลิตด้วยรูปแบบใหม่ที่ใช้เวลาน้อยกว่าการรูปแบบเดิมถึง 19 วันโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลการเปรียบเทียบในลำดับที่ 20 สามารถใช้เวลาลดลง 536 นาที ซึ่งเป็นเวลาที่ลดลงเยอะสุด นั่นหมายความว่าโรงงานสามารถปรับปรุงวิธีการจัดลำดับการผลิตให้ดีกว่าเดิมได้ด้วยวิธีที่ได้นำเสนอนี้

[9]

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการจัดลำดับการผลิตแบบเดิมกับรูปแบบใหม่

ลำดับ	การจัดลำดับแบบเดิม	วันส่งมอบ	เวลาผลิตรวม (นาที)	การจัดลำดับ		เวลาผลิตรวม (นาที)	เวลาที่ลดลง (นาที)
				โดยใช่วิธีการที่นำเสนอ			
1	D7 D7 D8 D1 D7 D7 D8	4-Jan-22	3464	D7 D8 D7 D8 D7 D7 D1	3284	180	
2	D1 D5 D5 D9 D2 D4 D1	5-Jan-22	3271	D5 D4 D1 D5 D9 D2 D1	3065	206	
3	D3 D7 D7 D8 D6 D1 D2	6-Jan-22	3083	D3 D6 D2 D7 D8 D7 D1	2906	177	
4	D3 D7 D7 D8 D6 D1 D2	7-Jan-22	3083	D3 D6 D2 D7 D8 D7 D1	2906	177	
5	D4 D4 D4 D8 D8 D9 D1	10-Jan-22	3215	D4 D4 D8 D4 D9 D8 D1	3215	0	
6	D2 D9 D8 D5 D5 D7 D3	11-Jan-22	3397	D3 D5 D9 D5 D7 D8 D2	3024	373	
7	D9 D8 D1 D2 D7 D7 D3	12-Jan-22	3387	D3 D1 D7 D9 D8 D7 D2	2968	419	
8	D9 D7 D2 D2 D5 D1 D5	13-Jan-22	3343	D5 D5 D2 D9 D1 D7 D2	2974	369	
9	D8 D4 D3 D1 D9 D4 D3	14-Jan-22	3560	D3 D9 D4 D4 D3 D8 D1	3115	445	
10	D2 D1 D6 D9 D4 D5 D2	17-Jan-22	3184	D4 D5 D2 D1 D6 D9 D2	2963	221	
11	D1 D3 D3 D9 D7 D6 D8	18-Jan-22	3354	D3 D3 D6 D7 D9 D8 D1	2930	424	
12	D8 D9 D9 D1 D6 D6 D4	19-Jan-22	3329	D6 D4 D6 D9 D8 D9 D1	3044	285	
13	D4 D7 D7 D8 D8 D2 D2	20-Jan-22	3278	D4 D2 D7 D8 D8 D7 D2	3109	169	
14	D1 D1 D3 D3 D3 D7 D5	21-Jan-22	3349	D3 D3 D3 D5 D7 D1 D1	2976	373	
15	D8 D7 D5 D2 D4 D5 D8	24-Jan-22	3598	D5 D8 D4 D5 D8 D7 D2	3151	447	
16	D6 D7 D9 D2 D6 D4 D1	25-Jan-22	3073	D6 D4 D9 D7 D1 D6 D2	2905	168	
17	D8 D5 D9 D7 D8 D5 D4	26-Jan-22	3544	D5 D5 D9 D8 D8 D4 D7	3284	260	
18	D3 D1 D7 D7 D1 D6 D6	27-Jan-22	2936	D6 D6 D3 D1 D7 D7 D1	2851	85	
19	D9 D2 D1 D9 D3 D5 D8 D2	28-Jan-22	3595	D3 D5 D1 D2 D9 D8 D9 D2	3221	374	
20	D2 D7 D4 D3 D5 D6 D4	31-Jan-22	3512	D3 D4 D4 D5 D7 D6 D2	2976	536	

## สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ถึงแม้ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีที่ได้นำเสนอเมื่อเปรียบเทียบกับ การจัดลำดับการผลิตแบบเดิม จะสามารถลดเวลาลงได้ 8.5 เปอร์เซ็นต์ตาม แต่ด้วยโรงงานกรณีศึกษาที่มีลักษณะการผลิตแบบไหลเลื่อนซึ่งเป็นกระบวนการผลิตที่มีลักษณะการทำงานเรียงต่อกันแบบอนุกรม แต่ละงาน  $i$  จะมีเวลาการผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิต  $j$  เป็นการจัดงาน  $n$  งาน ทำขั้นตอน  $m$  ขั้นตอน โดยผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) ซึ่งเป็นทฤษฎีการหาคำตอบเพื่อหาเวลาผลิตรวมที่น้อยที่สุดเพื่อนำมาใช้ในการจัดลำดับงานใหม่ ซึ่งพบว่า ระหว่างทำการทวนรูปเพื่อหาผลลัพธ์ตามการสับเปลี่ยนลำดับ (Permutation) ใช้เวลานานมาก ซึ่งสอดคล้องกับ จีระศักดิ์ ชาบาง และ สวัสดิ์ ภาวระราช (2559) ได้ให้ความเห็นว่าการจัดลำดับงานที่มี  $n$  งาน ทำขั้นตอน  $m$  ขั้นตอน จัดอยู่ในปัญหาเอ็นพีแบบยาก (Non-Polynomial-Hard, NP-Hard) ซึ่งเมื่องาน ( $n$ ) มีขนาดที่เพิ่มขึ้น การหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) อาจไม่สามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ด้วยเวลาที่มี ดังนั้นในอนาคตหากโรงงานแห่งนี้มีการขยายจำนวนสถานีงานหรือมีจำนวนชิ้นงานที่เพิ่มขึ้น วิธีที่ได้นำเสนออาจไม่สามารถนำมาเป็นวิธีการในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตให้กับโรงงานแห่งนี้ได้ ดังนั้นข้อเสนอแนะในการแก้ปัญหาการจัดลำดับการผลิตให้กับโรงงานแห่งนี้ในกรณีที่มีการเพิ่มจำนวนชิ้นของสถานีงานหรือชิ้นงาน ให้พิจารณาวิธีการหาคำตอบแบบประมาณ (Approximation Method) วิธีนี้จะช่วยลดระยะเวลาในการประมวลผลผลลัพธ์ที่มีจำนวนงานที่จะต้องทำการผลิตหรือจำนวนสถานีงานที่มากขึ้นซึ่งวิธีการหาคำตอบแบบประมาณนี้คำตอบหรือผลลัพธ์ที่ได้จะใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 2 วิธีด้วยกัน คือ วิธีฮิวริสติก (Heuristic) จะเป็นเทคนิควิธีการหาคำตอบแบบประมาณวิธีหนึ่งซึ่งมีค่าใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด โดยใช้ระยะเวลาในการคำนวณหรือประมวลผลผลลัพธ์ไม่นาน แต่วิธีนี้จะมีข้อจำกัดในการใช้ คือ จะเป็นวิธีการที่ใช้แก้ปัญหาเฉพาะกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งเท่านั้นจึงไม่สามารถนำไปใช้กับปัญหาทุกกลุ่มอื่นได้ ตัวอย่างของวิธีฮิวริสติกที่นิยมใช้โดยทั่วไป ได้แก่ กฎการจ่ายงาน (Dispatching rule)

[10]

เป็นต้น วิธีเมตาฮีริสติก (Metaheuristic) จัดอยู่ในกลุ่มของวิธีการหาคำตอบแบบประมาณการเช่นกัน แต่เป็นวิธีในการหาคำตอบที่ได้รับความนิยมมากกว่าวิธีการของฮีริสติก เนื่องจากวิธีนี้สามารถทำการประยุกต์วิธีการทำหรือขั้นตอนการทำที่ซับซ้อนกว่าวิธีฮีริสติกเพื่อพัฒนาคุณภาพของคำตอบหรือทำให้มีวิธีการหาคำตอบในแต่ละปัญหานั้นมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น ภายใต้ข้อจำกัดซึ่งเหมาะกับการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ที่ต้องการค้นหาคำตอบภายในเวลาที่จำกัด วิธีนี้จะทำการวนซ้ำในการหาคำตอบจนกระทั่งหยุดค้นหาเมื่อถึงเกณฑ์เงื่อนไขที่กำหนด (Criteria) อย่างไรก็ดี คำตอบที่ได้จากวิธีฮีริสติกนั้นไม่สามารถยืนยันได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ดังที่ ปวีรัชิตา พัฒน่อภิกพงษ์, ปุณณมี สัจจกมล และ โอลตา ตรีรัตน์ตระกูล (2561) ได้ให้ความเห็น

### เอกสารอ้างอิง

- กฤษฎา พัวสกุล, สิริวิชญ์ สว่างนพ, ชีรภัทร์ อนุภาพพันธ์ุ และ จีรณา จันทร์สีขาว. (2562). การออกแบบกระบวนการวางแผนการผลิตสำหรับโรงงานผลิตขนมไทย. *บทความนำเสนอในการประชุมนำเสนอผลงานวิชาการ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์*, 14(2), 24-34
- คณิศร ศรีทาพัทตร์. (2564). เมตาฮีริสติกสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตของเครื่องจักรแบบขนานในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์. *งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยบูรพา
- จิระศักดิ์ ช่างบาง และ สวัสดิ์ ภาระราช. (2559). การประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกกับการจัดลำดับการผลิตแบบไหลลื่นที่มีเวลาการผลิตไม่แน่นอน. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 6(2), 18-33.
- ณัฐพล อะกะเรือน. (2562). การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตเพื่อลดปัญหาส่งมอบล่าช้าโรงงานผลิตชิ้นส่วนเลนส์กล้องถ่ายรูป. *ค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- ชาริพย์ อินทร์นิเว. (2552). การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตโดยมีผลรวมของเวลาล่าช้าของงานและเวลาที่งานเสร็จก่อนกำหนดเป็นตัวชี้วัด กรณีศึกษา โรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนพลาสติก. *วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- นิชชีมา อองคัจจรยา. (2558). แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดตารางการผลิตแบบไหลลื่นยืดหยุ่น. *วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ปวีรัชิตา พัฒน่อภิกพงษ์, ปุณณมี สัจจกมล และ โอลตา ตรีรัตน์ตระกูล. (2561). การจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีฮีริสติกแบบผสม กรณีศึกษาโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*, 25(1), 226-233.
- บัญญัติรัมย์ แพทย์โท และ เสาวนิตย์ เลขวัต. (2564). การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดลำดับงาน: กรณีศึกษาโรงงานชิ้นส่วนรถยนต์. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน คณะสถิติประยุกต์ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์*, 9(2), 82-92
- สวิชญ์ เขียวธำรงสุข และ ชนะรักษ์ศิริ. (2563). การพัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์สำหรับการจัดตารางรถบรรทุกเพื่อใช้จัดการการหมุนรถและการใช้ประโยชน์ของรถที่ดีที่สุด. *บทความนำเสนอในการประชุมนำเสนอผลงานวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา ครั้งที่ 4 ประจำปี 2563*
- อารดา ไชยโคตร. (2561). การจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนานที่ลำดับงานมีผลต่อเวลาการตั้งเครื่องจักรในกระบวนการขึ้นรูปยางรถยนต์. *งานนิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต*, มหาวิทยาลัยบูรพา
- Alharkan, I. M. (2019). *Algorithms for Sequencing and Scheduling*. Retrieved from [http://likucukoc.baun.edu.tr/lectures/EMM4129/Algorithms\\_for\\_Sequencing\\_and\\_Scheduling.pdf](http://likucukoc.baun.edu.tr/lectures/EMM4129/Algorithms_for_Sequencing_and_Scheduling.pdf)
- Bai, D., Bai, X., Yang, J., Zhang, X., Ren, T., Xie, C., & Liu, B. (2021). Minimization of Maximum Lateness in a Flowshop Learning Effect Scheduling with Release Dates. *Computers & Industrial Engineering*, 158, 107309.

[11]

Wang, L., Hu, X., Wang, Y., Xu, S., Ma, S., Yang, K., & Wang, W. (2021). Dynamic Job-Shop Scheduling in Smart Manufacturing using Deep Reinforcement Learning. *Computer Networks*, 190, 107969.

**Data Availability Statement:** The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

**Conflicts of Interest:** The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**Publisher's Note:** All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



**Copyright:** © 2023 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).

## ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล Mr.Attapol Wongkasikit  
วัน เดือน ปี เกิด 27 December 1981  
สถานที่เกิด Uthai Thani  
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 414/4 Moo4 T.Plungdang A.Plungdang, Rayong 21140  
ประวัติการศึกษา B.Tech Information Technology Faculty of Informatics, Burapha University

