

โปรแกรมคาดการณ์สายการผลิตที่ใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูล

Production Line Forecasting with Data Analytics

จันทร์ทา นาควิตรระกูล¹ จันทร์ทา ปัญญาวรรณ^{2*}

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

²ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

* ผู้รับผิดชอบบทความ

jantanap@eng.buu.ac.th

Received: 18 Oct 2024

Revised: 28 Dec 2024

Accepted: 6 Jan 2025

บทคัดย่อ

สายการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมจะมีการจัดวางตำแหน่งเครื่องจักรแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์และลักษณะของการผลิตผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานที่ใช้ระบบการผลิตตามคำสั่งของลูกค้าจะเกิดปัญหาที่พนักงานต้องปรับตำแหน่งจัดวางเครื่องจักรให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่กำลังจะผลิต จากปัญหาดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่การพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและลดเวลาการทำงานในส่วนการวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ โปรแกรมนี้ถูกพัฒนาด้วย Flask บนภาษาไพธอนและมีเว็บแอปพลิเคชันเป็นส่วนตัวต่อประสานผู้ใช้สำหรับรับข้อมูลและแสดงผล ผลการทดสอบโปรแกรมพบว่าสามารถประมวลผลการทำงานโดยใช้เวลาไม่เกิน 5 วินาทีต่อรอบ ส่งผลให้พนักงานวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ทำงานได้เร็วขึ้น

คำสำคัญ: สายการผลิต ลดเวลาการทำงาน การพัฒนาโปรแกรม

Abstract

In an industrial factory, the production line is arranged with machinery positioned differently based on the objectives and nature of the product. Especially in factories that use the customer-order production system, there will be a problem where employees must adjust the positioning of machines to suit the products that are being produced. Addressing this issue, the research focuses on developing a program to help increase efficiency and reduce working time in the production planning of new products. The program includes Flask framework and Python as the backend and web application as the user interface for input and display. The experimental results indicated that the program can process within 5 seconds per command, leading to increased efficiency and speed in the work of the production planning staff.

Keywords: production line, reduce working time, program development

1. บทนำ

โรงงานกรณีศึกษาดำเนินการเกี่ยวกับการผลิตผ้าห่มเบาะที่มีรูปแบบตามความต้องการของลูกค้าหรือเรียกว่า “ระบบการผลิตตามคำสั่ง (Engineer-To-Order: ETO)” โดยทางโรงงานมีรูปแบบการผลิตแบบไหลผ่าน (mass production) และจัดสายการผลิตย่อยไว้หลายสายการผลิต ซึ่งมีขั้นตอนย่อยและเครื่องจักรที่แตกต่างกันไปในแต่ละสายการผลิตตามรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ

กระบวนการออกแบบสายการผลิตตามความต้องการของลูกค้าเป็นกระบวนการที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อตอบสนองต่อข้อกำหนดของลูกค้า การออกแบบนี้ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของวิศวกรในการปรับกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการที่หลากหลาย ทั้งนี้ ระบบการผลิตตามคำสั่งต้องคำนึงถึงข้อจำกัดและขีดความสามารถในการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทั้งในด้านการออกแบบและการดำเนินการผลิตให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีและตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้า [1]

ระบบการผลิตตามคำสั่งจะได้รับแบบ (drawing) ชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์มาจากลูกค้า วิศวกรจะนำมาออกแบบขั้นตอนการผลิตรวมถึงกำหนดเครื่องจักรที่ต้องใช้ในสายการผลิต หลังจากนั้น ข้อมูลจะถูกส่งต่อไปที่ฝ่ายวางแผนการผลิต เพื่อเลือกสายการผลิตที่มีเครื่องจักรสอดคล้องกับการผลิตชิ้นงานนั้นมากที่สุด จากปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาที่มีสายการผลิตจำนวนมากทำให้ขั้นตอนการเลือกสายการผลิตต้องใช้เวลาค่อนข้างนานและต้องให้พนักงานที่มีความชำนาญ หากเลือกสายการผลิตที่ไม่เหมาะสมจะทำให้ใช้เวลาในการปรับเปลี่ยนสายการผลิตเพิ่มขึ้น

การออกแบบกระบวนการผลิตต้องพิจารณาข้อจำกัดเพื่อให้มั่นใจว่าการผลิตมีประสิทธิภาพ [2] และการจัดสายการผลิตที่มีประสิทธิภาพจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและสามารถลดระยะเวลาการรอคอยได้ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งการผลิตแบบลีน (lean manufacturing) เป็นหนึ่งในเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ช่วยให้กระบวนการเลือกและปรับสายการผลิตมีความคล่องตัวมากขึ้น จึงช่วยลดเวลาการหยุดทำงานลงได้ [3]

มีงานวิจัยที่นำเสนอการลดเวลาการทำงานในส่วนการวางแผนการผลิต เช่น Prajapatit [4] นำเสนอการทบทวนวรรณกรรมในการลดระยะเวลาการวางแผนการผลิตโดยใช้เทคนิคแบบลีนที่มีการปรับสมดุลของสายการผลิต เพื่อเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้าและประสิทธิภาพในการดำเนินงาน และ Kacar [5] นำเสนอวิธีการลดปัญหาในการวางแผนการผลิตโดยใช้ฟังก์ชันการล้าง (clearing function) แบบไม่เชิงเส้น เพื่อสร้างแบบจำลองที่มีความสัมพันธ์ของรอบการทำงานและเวลา Nwasuka [6] นำเสนอการทบทวนวรรณกรรมของงานวิจัยที่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยการวางแผนการผลิตและการจัดตารางเวลา โดยเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพและลดเวลาในการ

ทำงาน นอกจากนี้ มีงานวิจัยที่นำเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยวางแผนการผลิต เช่น Bandinelli [7] นำเสนอการใช้ปัญญาประดิษฐ์เข้ามาช่วยวางแผนการผลิตสำหรับการจัดตารางเวลาและ Köcher [8] นำเสนอการใช้ปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในการวางแผนการผลิตที่ยืดหยุ่นโดยเน้นการปรับปรุงและควบคุมการผลิต

ปัจจุบันมีหลายงานวิจัยที่นำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในกระบวนการวางแผนการผลิต ทางผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิตที่ใช้หลักการวิเคราะห์ข้อมูล โดยโปรแกรมจะแสดงสายการผลิตที่ดีที่สุดและสายการผลิตทางเลือก 3 อันดับแรกที่พิจารณาจากการเพิ่มจำนวนเครื่องจักรให้น้อยที่สุด โปรแกรมนี้จะช่วยลดเวลาการทำงานของพนักงานในส่วนของการวางแผนการผลิตและมีส่วนต่อประสานผู้ใช้ (User Interface : UI) เพื่อให้สะดวกต่อการใช้งาน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิตประกอบด้วย 2 ทฤษฎีหลัก ดังนี้

2.1 Flask

Flask เป็นเว็บเฟรมเวิร์ก (web framework) สำหรับใช้ในภาษาไพธอน (Python) ที่ออกแบบมาให้มีความเบาและยืดหยุ่นสูง (lightweight and flexible) เหมาะสำหรับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่ไม่ซับซ้อน อีกทั้ง Flask สามารถนำไปใช้สำหรับการสร้าง RESTful API ได้ [9] โดยคุณสมบัติหลักของ Flask มีดังนี้

- เป็นเฟรมเวิร์กขนาดเล็ก (micro) โดยจะมีเฉพาะฟังก์ชันพื้นฐานที่จำเป็น เช่น ระบบการจัดการเส้นทาง (routing) และ server HTTP เป็นต้น แต่ก็สามารถเพิ่มขีดความสามารถผ่านส่วนต่อขยาย (extension) เช่น ฐานข้อมูลหรือการยืนยันตัวตน เป็นต้น
- สามารถออกแบบโครงสร้างแอปพลิเคชันได้ตามต้องการ
- มี Jinja2 template engine เพื่อรองรับการใช้เทมเพลตที่ยืดหยุ่นสำหรับการสร้างหน้า HTML [10]
- มี Werkzeug เป็นเครื่องมือ WSGI (Web Server Gateway Interface) ช่วยจัดการการรับส่งข้อมูลระหว่างเซิร์ฟเวอร์และแอปพลิเคชัน [11]

2.2 HTML

HTML (Hyper Text Markup Language) เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการสร้างและจัดโครงสร้างเนื้อหาของเว็บไซต์ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาเว็บไซต์หรือเว็บแอปพลิเคชัน HTML ทำหน้าที่เป็นเครื่องหมาย (markup) ที่กำหนดส่วนต่าง ๆ ของเนื้อหา ได้แก่ หัวข้อ ข้อความ รูปภาพ และลิงก์ เพื่อให้เว็บเบราว์เซอร์สามารถแสดงผลตามที่ต้องการ

องค์ประกอบของ HTML มีดังนี้ [12]

- elements ใช้แท็กเปิดและปิด
- attributes ให้ข้อมูลเพิ่มเติมกับ elements
- tags เครื่องหมายที่ใช้กำหนดโครงสร้าง

3. การออกแบบโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิต

วิธีดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

3.1 ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล

จัดเตรียมข้อมูลเครื่องจักรที่พร้อมใช้งานของแต่ละสายการผลิตลงในไฟล์ Excel ที่ประกอบด้วย 2 ซีตหลัก ได้แก่ match และ line โดยซีต match ใช้สำหรับกรณีที่เคยผลิตโมเดลนั้นแล้ว และซีต line ใช้สำหรับเก็บข้อมูลเครื่องจักรของทุกสายการผลิต

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลในซีต match

NAME	Result	Machine
NE1 SS	Line1	(1)S-7300A, (3)GC20618-2, (1)B-8452B-7, (5)BAS-326H-0, (2)TABLE INSPECTION, (1)TABLE SET FRONT, (1)INVERT MACHINE, (1)METAL DETECTOR, (1)AUTO STAMPING, (1)COMPUTER MONITOR, (2)PRINTER
J53	Line5	(2)BAS-326H-0, (2)GC20618-2, (2)S-7300A, (1)INVERT MACHINE, (1)METAL DETECTOR, (2)TABLE INSPECTION, (1)AUTO STAMPING, (1)COMPUTER MONITOR, (2)PRINTER

ซีต match ประกอบด้วย 3 คอลัมน์ตามตัวอย่างข้อมูลในตารางที่ 1 ได้แก่ คอลัมน์ที่ 1 เป็นชื่อโมเดล (model) คอลัมน์ที่ 2 เป็นผลลัพธ์ของสายการผลิตที่เคยใช้งานกับโมเดลนี้ และคอลัมน์ที่ 3 เป็นชื่อเครื่องจักรและจำนวนเครื่องจักรที่ใช้กับโมเดลนี้ โดยระบุ

จำนวนเครื่องจักรในวงเล็บด้านหน้าชื่อ และคั่นกลางระหว่างชื่อเครื่องจักรด้วยเครื่องหมาย “,” ตัวอย่างโครงสร้างข้อมูลดังนี้ (A) XXXX, (B) XXXX, (C) XXXX, (D) XXXX เมื่อ A, B, C, D คือจำนวนเครื่องจักร และ XXXX คือชื่อเครื่องจักร

ตารางที่ 2 ตัวอย่างข้อมูลในซีต line

Line	Machine
Line1	(1)S-7300A, (1)S-7200C, (3)GC20618-2, (2)B-8452B-7, (6)BAS-326H-0, (2)TABLE INSPECTION, (1)TABLE SET FRONT, (1)INVERT MACHINE, (1)METAL DETECTOR, (2)TEMPLATE BLACKLINE, (2)AUTO STAMPING, (1)COMPUTER MONITOR, (2)PRINTER
Line2	(5)BAS-326H-0, (3)S-7300A, (2)GC20618-2, (1)BAS-342H, (1) INVERT MACHINE, (1)METAL DETECTOR, (2)TABLE INSPECTION, (1)TABLE SET FRONT, (1)TEMPLATE BLACKLINE, (1)COMPUTER MONITOR, (2)PRINTER
Line3	(3)BAS-326H-0, (1)B-8452B-7, (4)S-7300A, (1)B-872, (2)GC20618-2, (4)BAS-311H, (1)AUTO STAMPING, (1)TEMPLATE BLACKLINE, (1)INVERT MACHINE, (1)METAL DETECTOR, (2)TABLE INSPECTION, (1)TABLE SET FRONT, (1)COMPUTER MONITOR, (2)PRINTER

ตารางที่ 3 รายการเครื่องจักรในสายการผลิตที่ 1-3

เครื่องจักร/อุปกรณ์	จำนวน		
	Line1	Line2	Line3
S-7200C	1	-	-
S-7300A	2	3	4
GC20618-2	3	2	2
B-8452B-7	2	-	1
B-8452B-7 G60	-	-	-
B-872	-	-	1
BAS-326H-0	6	5	3
BAS-311H	-	-	4
BAS-342H	-	1	-
PQ1500SL	-	-	-
AUTO STAMPING	2	-	1
TEMPLATE BLACKLINE	2	1	1
INVERT MACHINE	1	1	1
METAL DETECTOR	1	1	1
COMPUTER MONITOR	1	1	1
PRINTER	2	2	2
TABLE INSPECTION	2	2	1

TABLE SET FRONT	1	1	1
-----------------	---	---	---

ชีท line ใช้สำหรับระบุว่าจะสายการผลิตมีเครื่องจักรใดบ้างและมีจำนวนกี่เครื่อง เช่น สายการผลิตที่ 1-3 มีเครื่องจักรดังตารางที่ 2 และจำแนกรายการเครื่องจักรดังตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบเครื่องจักรของสายการผลิตที่ 1-3 พบว่า เครื่องจักรที่มีเฉพาะสายการผลิตที่ 1 คือ S-7200C เครื่องจักรที่มีเฉพาะในสายการผลิตที่ 2 คือ BAS-342H เครื่องจักรที่มีเฉพาะในสายการผลิตที่ 3 คือ B-872 และแต่ละสายการผลิตมีจำนวนเครื่องจักรที่แตกต่างกัน ดังนั้น การเลือกสายการผลิตที่เหมาะสมกับการผลิตชิ้นงานนั้น จึงเป็นสิ่งที่ยังเป็นอยู่

3.2 การออกแบบโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิตดังรูปที่ 1 เริ่มต้นจากจัดเตรียมข้อมูลไว้ในไฟล์ Excel ตามหัวข้อที่ 3.1 โปรแกรมจะใช้งานผ่านทางเว็บเบราว์เซอร์ การประมวลผลข้อมูลจะใช้ภาษา Python ที่ทำงานร่วมกับเฟรมเวิร์ก Flask โปรแกรมการคาดการณ์สายการผลิตประกอบด้วย 2 ส่วน คือ



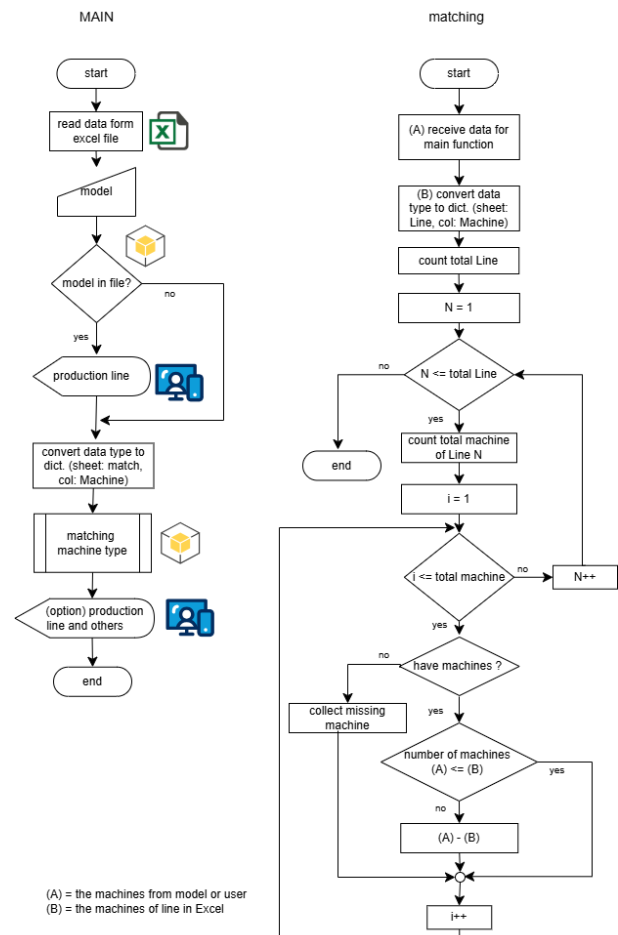
รูปที่ 1 การทำงานของโปรแกรม

3.2.1 การคาดการณ์สายการผลิตจากโมเดลที่เคยผลิต

กรณีที่สายการผลิตเดิมว่างให้เลือกใช้สายการผลิตเดิม หากสายการผลิตเดิมไม่ว่างจะต้องใช้สายการผลิตอื่นที่ใกล้เคียงที่สุด โดยอาจจะต้องเพิ่มจำนวนเครื่องจักร ฉะนั้น โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะมีส่วนที่แสดงสายการผลิตเดิม โดยผู้ใช้จะต้องเลือกโมเดล แล้วโปรแกรมจะส่งชื่อโมเดลที่ผู้ใช้เลือกไปเปรียบเทียบกับข้อมูลในไฟล์ Excel ชีท match (ตารางที่ 1) คอลัมน์แรกผลลัพธ์คือข้อมูลในคอลัมน์ Result ดังแสดงขั้นตอนการทำงานในรูปที่ 2

โปรแกรมส่วนนี้จะแสดงสายการผลิตทางเลือก 1 สายการผลิต โดยพิจารณาจากการเพิ่มจำนวนเครื่องจักรให้น้อยที่สุด ซึ่งออกแบบสำหรับกรณีที่สายการผลิตเดิมไม่ว่าง โปรแกรม

จะทำการแปลงข้อมูลของโมเดลที่เลือกจากคอลัมน์ Machine ของชีท match ให้อยู่ในรูปแบบ dictionary เพื่อส่งต่อไปทำงานที่ฟังก์ชัน matching (รูปที่ 2)



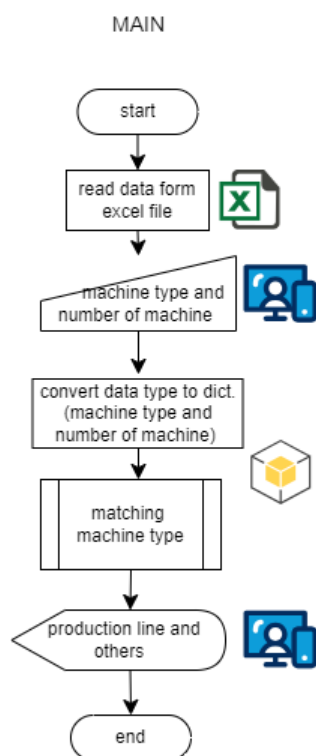
รูปที่ 2 การคาดการณ์สายการผลิตจากโมเดลที่เคยผลิต

ฟังก์ชัน matching ใช้สำหรับเปรียบเทียบชื่อเครื่องจักรและจำนวนเครื่องจักรที่มีอยู่ เริ่มต้นจากการรับค่ามาจากฟังก์ชันหลัก (A) และทำการแปลงข้อมูลเครื่องจักรในแต่ละสายการผลิตจากคอลัมน์ Machine ของชีท line ให้อยู่ในรูปแบบ dictionary (B) ในกรณีที่ไม่มีพบเครื่องจักรหรือจำนวนเครื่องจักรไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ โปรแกรมจะคำนวณจำนวนเครื่องจักรที่ขาด เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และแสดงผลสายการผลิตทางเลือกที่เหมาะสม

3.2.2 การคาดการณ์สายการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่

ผู้ใช้งานต้องป้อนจำนวนเครื่องจักรที่จะต้องใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการแปลงข้อมูลที่รับจากผู้ใช้งาน

ให้อยู่ในรูปแบบ dictionary (A) แล้วส่งต่อไปยังฟังก์ชัน matching (รูปที่ 2) ฟังก์ชัน matching จะมีการแปลงข้อมูลเครื่องจักรจากคอลัมน์ Machine ของชีท line ให้อยู่ในรูปแบบ dictionary (B) เช่นกัน เพื่อเปรียบเทียบเครื่องจักรและจำนวนเครื่องจักร จากนั้นจะแสดงสายการผลิตที่เหมาะสมที่สุดและสายการผลิตทางเลือก 3 อันดับแรกดังแสดงในผังงานรูปที่ 3



รูปที่ 3 การคาดการณ์สายการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่

ส่วนสุดท้ายคือส่วนแสดงผลและรับข้อมูลจากผู้ใช้ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งจะอธิบายอย่างละเอียดในหัวข้อถัดไป

3.3 การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้

การออกแบบส่วนแสดงผลและรับข้อมูลจากผู้ใช้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักดังนี้ ส่วนแรกให้ผู้ใช้เลือกโมเดลที่เคยผลิตจาก drop-down และกดปุ่ม submit ตามรูปที่ 4 หลังจากนั้น โปรแกรมจะประมวลผลตามผังงานในรูปที่ 2

Model

Select a model : Submit

รูปที่ 4 เลือกจากโมเดล

Machine Type

Machine Type	Number
☐ S-7200C	0
☐ S-7300A	0
☐ GC20618-2	0
☐ B-8452B-7	0
☐ B-8452B-7 G60	0
☐ B-872	0
☐ BAS-326H-0	0
☐ BAS-311H	0
☐ BAS-342H	0
☐ PQ1500SL	0
☐ AUTO STAMPING	0
☐ TEMPLATE BLACKLINE	0
☐ INVERT MACHINE	0
☐ METAL DETECTOR	0
☐ COMPUTER MONITOR	0
☐ TABLE INSPECTION	0
☐ TABLE SET FRONT	0
☐ PRINTER	0

Submit

รูปที่ 5 ระบุชนิดและจำนวนเครื่องจักร

ส่วนที่ 2 ผู้ใช้ต้องระบุชนิดและจำนวนเครื่องจักรที่ต้องการตามรูปที่ 5 ซึ่งใช้ในกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ผู้ใช้ต้องเลือกเครื่องจักรจาก check list พร้อมทั้งระบุจำนวนเครื่องจักรจาก drop-down หลังจากนั้น โปรแกรมจะประมวลผลตามผังงานในรูปที่ 3 และเรียกใช้ฟังก์ชัน matching ในรูปที่ 2

4. ผลการทดสอบโปรแกรม

หลักจากจัดเตรียมไฟล์ Excel ตามหัวข้อที่ 3.1 แล้ว ทำการทดสอบโดยแบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ ทดสอบโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิตจากโมเดลที่เคยผลิต และการทดสอบโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ โดยการทดสอบจะใช้คอมพิวเตอร์ที่มีคุณสมบัติดังนี้ Processor: Intel(R) Core(TM) i5-6300U CPU @ 2.40 GHz, RAM 8 GB

4.1 ทดสอบโปรแกรมจากโมเดลที่เคยผลิต

เริ่มจากผู้ใช้เลือกโมเดลจาก drop-down แล้วกดปุ่ม submit (รูปที่ 4) เช่น ผู้ใช้เลือกรุ่น NE1 SS ผลลัพธ์ของโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 6 สายการผลิตเดิมที่เคยผลิตรุ่น NE1 SS คือสายการผลิตที่ 1 หากสายการผลิตดังกล่าวไม่ว่างสามารถปรับไปใช้สายการผลิตที่ 2 โดยต้องเพิ่ม GC20618-2 จำนวน 1 เครื่อง B-

8452B-7 จำนวน 1 เครื่อง และ AUTO STAMPING จำนวน 2 เครื่อง ซึ่งสายการผลิตทางเลือกเป็นสายการผลิตที่จะเพิ่มจำนวนเครื่องจักรน้อยที่สุด

```
=====
A selected model is "NE1 SS"

The best production line is ['Line1']

OR add machine type
['Line2', {'GC20618-2': 1, 'B-8452B-7': 1, 'AUTO STAMPING': 2}]
=====
```

รูปที่ 6 ผลลัพธ์ของการเลือกรุ่น NE1 SS

หากเลือกรุ่น J53 ผลลัพธ์ของโปรแกรมจะเป็นดังรูปที่ 7 สายการผลิตเดิมที่เคยผลิตรุ่น J53 คือสายการผลิตที่ 5 หากสายการผลิตดังกล่าวไม่ว่างสามารถใช้สายการผลิตที่ 1 โดยต้องเพิ่ม S-7300A จำนวน 1 เครื่อง สายการผลิตทางเลือกเป็นสายการผลิตที่จะเพิ่มจำนวนเครื่องจักรน้อยที่สุด

```
=====
A selected model is "J53"

The best production line is ['Line5']

OR add machine type
['Line1', {'S-7300A': 1}]
=====
```

รูปที่ 7 ผลลัพธ์ของการเลือกรุ่น J53

จากการทดสอบเวลาการประมวลผลโปรแกรมโดยใช้ 50 รุ่นจากทั้งหมด 90 รุ่น สำหรับทำการทดสอบและจับเวลาต่อเนื่องกัน ผลการทดลองพบว่า เวลาเฉลี่ยของเวลาประมวลผลต่อรุ่นอยู่ที่ 2.72 วินาที โดยเวลาดังกล่าวรวมเวลาของขั้นตอนการเลือกรุ่นด้วย หากทดสอบโดยจับเวลาหลังจากกดปุ่ม submit พบว่า เวลาการประมวลผลต่อรอบไม่เกิน 2 วินาที ทั้งนี้ เวลาการประมวลผลจะขึ้นอยู่กับความเร็วของคอมพิวเตอร์และจำนวนข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ

4.2 ทดสอบโปรแกรมสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่

ส่วนต่อประสานผู้ใช้สำหรับคาดการณ์สายการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ ผู้ใช้จะเลือกเครื่องจักรที่ต้องใช้สำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่โดยกด check list พร้อมทั้งระบุจำนวนเครื่องจักรจาก drop-down

ด้านหลังชื่อเครื่องจักร แล้วกดปุ่ม submit ยกตัวอย่างเช่น ผลิตภัณฑ์ใหม่ (new model) ต้องการใช้เครื่องจักรตามรูปที่ 8 ได้แก่ S-7300A จำนวน 2 เครื่อง เครื่อง B-872 จำนวน 1 เครื่อง BAS-326H-0 จำนวน 2 เครื่อง และ BAS-311H จำนวน 1 เครื่อง

Machine Type

Machine Type	Number
☐ S-7200C	0
☒ S-7300A	2
☐ GC20618-2	0
☐ B-8452B-7	0
☐ B-8452B-7 G60	0
☒ B-872	1
☒ BAS-326H-0	2
☒ BAS-311H	1
☐ BAS-342H	0
☐ PQ1500SL	0
☐ AUTO STAMPING	0
☐ TEMPLATE BLACKLINE	0
☐ INVERT MACHINE	0
☐ METAL DETECTOR	0
☐ COMPUTER MONITOR	0
☐ TABLE INSPECTION	0
☐ TABLE SET FRONT	0
☐ PRINTER	0
Submit	

รูปที่ 8 ตัวอย่างการระบุชนิดและจำนวนเครื่องจักร

```
=====
You selected : [{"S-7300A": 2}, {"B-872": 1}, {"BAS-326H-0": 2}, {"BAS-311H": 1}]

The best production line is Line3

OR add machine type [{"Line2", {"B-872": 1, "BAS-311H": 1}}, [{"Line4", {"B-872": 1, "BAS-311H": 1}}, [{"Line5", {"B-872": 1, "BAS-311H": 1}}]]
=====
```

รูปที่ 9 ตัวอย่างผลลัพธ์จากการระบุชนิดและจำนวนเครื่องจักร

ทำการทดสอบโดยเลือกเครื่องจักรตามรูปที่ 8 ผลลัพธ์ของโปรแกรมจะแสดงตามตัวอย่างในรูปที่ 9 โดย บรรทัดแรกจะระบุจำนวนเครื่องจักรที่เลือกทั้งหมด บรรทัดที่ 2 จะแสดงสายการผลิตที่ดีที่สุด ซึ่งไม่จำเป็นต้องเพิ่มเครื่องจักร และบรรทัดที่ 3 จะแสดงสายการผลิตทางเลือก 3 อันดับแรกที่พิจารณาจากการเพิ่มจำนวนเครื่องจักรให้น้อยที่สุด

จากรูปที่ 9 แสดงว่าสายการผลิตที่เหมาะสมคือสายการผลิตที่ 3 ในกรณีที่สายการผลิตที่ 3 ไม่ว่างหรือไม่พร้อมใช้งาน สามารถเลือกใช้สายการผลิตที่ 2 หรือ 4 หรือ 5 โดยต้องเพิ่ม B-872 จำนวน 1 เครื่อง และ BAS-311H จำนวน 1 เครื่อง

จากการทดสอบเวลาการประมวลผลโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ใหม่ (new model) จำนวน 10 รุ่น ผลการทดสอบพบว่า เวลาการประมวลผลของโปรแกรมต่อ

รุ่นไม่เกิน 5 วินาที ซึ่งไม่รวมเวลาของขั้นตอนการเลือกเครื่องจักร หลังจากนั้น นำโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิตไปทดสอบการใช้งานกับพนักงานตามขั้นตอนการทำงานของส่วนงานวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ สรุปผลการทดสอบดังตารางที่ 4 พบว่า โปรแกรมคาดการณ์สายการผลิตช่วยให้พนักงานสามารถทำงานได้เร็วขึ้นประมาณ 12 เท่า

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบการใช้งานโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิต

ก่อนปรับปรุง		หลังปรับปรุง	
ขั้นตอนงาน	เวลาที่ใช้เฉลี่ยต่อรุ่น	ขั้นตอนงาน	เวลาที่ใช้เฉลี่ยต่อรุ่น
1) การเลือกสายการผลิตโดยพนักงาน	180 นาที	1) การเลือกเครื่องจักรจากโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิต	15 นาที
		2) เวลาในการประมวลผลของโปรแกรม	0.83 นาที

วิเคราะห์ความซับซ้อนในการคำนวณ (computational complexity) ของโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิตประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ ส่วน frontend ที่ใช้ภาษา HTML ในการแสดงผลและรับข้อมูลผู้ใช้ ซึ่งไม่มีความซับซ้อนในการคำนวณ เนื่องจากหน้าที่หลักของส่วนนี้คือการแสดงผลและรับข้อมูลจากผู้ใช้ และส่วน backend ใช้เฟรมเวิร์ก Flask บนภาษาไพธอน ซึ่งจะทำให้การเปรียบเทียบและคำนวณในส่วนนี้ ทำให้มีความซับซ้อนในการคำนวณ

สรุปข้อดีของความซับซ้อนของโปรแกรมใน backend ดังนี้ การโหลดไฟล์ Excel และการประมวลผลในแต่ละส่วนถูกแยกส่วนอย่างชัดเจน ทำให้ง่ายต่อการปรับปรุงหรือเพิ่มฟีเจอร์ใหม่ โดยที่ Flask Routing มีความซับซ้อนต่ำ การจับคู่เส้นทางใน Flask มีความซับซ้อนใกล้เคียง $O(1)$ ซึ่งเหมาะสมกับเว็บแอปพลิเคชันที่มีจำนวนปลายทาง (endpoint) น้อย นอกจากนี้ โปรแกรมยังใช้ Pandas สำหรับประมวลผลข้อมูลในรูปแบบ DataFrame ซึ่งเหมาะกับการจัดการข้อมูลขนาดปาน

กลางถึงใหญ่ โดยมีความซับซ้อน $O(n)$ สำหรับการกรองหรือประมวลผลข้อมูล

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาโปรแกรมคาดการณ์สายการผลิตเพื่อช่วยแก้ปัญหาของส่วนงานวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ จุดเด่นของงานวิจัยคือ การออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ที่ง่ายต่อการใช้งานและสามารถเพิ่มข้อมูลใหม่ในไฟล์ Excel ได้โดยไม่กระทบต่อระบบประมวลผล อีกทั้ง มีการเสนอแนะสายการผลิตที่เหมาะสมและสายการผลิตทางเลือกที่อาจจะต้องเพิ่มจำนวนเครื่องจักร จากผลการทดลองพบว่า โปรแกรมสามารถช่วยให้พนักงานส่วนวางแผนการผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ทำงานได้เร็วขึ้นประมาณ 12 เท่าและการประมวลผลโปรแกรมต่อรอบใช้เวลาไม่เกิน 5 วินาที โดยเวลาการประมวลผลขึ้นอยู่กับจำนวนข้อมูล นอกจากนี้ สามารถนำงานวิจัยนี้ไปประยุกต์ใช้กับโรงงานที่มีปัญหาดคล้ายคลึงกันได้

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Liyanaarachchi, J. Weng and S. Akasaka. "A review of literature on engineer-to-order production systems," *Asian Journal of Management Science and Applications*, Vol. 8 (1), pp. 53-82, 2023. doi: 10.1504/AJMSA.2023.134445
- [2] S. Jia, C. Wang, X. Qing, and Z. Ma., "Organization design of production line for an enterprise". *International Conference on Industrial Engineering and Applications*. 23-26 April. Chengdu, China : pp. 252-256, 2021.
- [3] M. Mallampati, K. Srivivas and T. Krishna. M. "Design process to reduce production cycle time in product development," *IAES International Journal of Artificial Intelligence*, Vol. 7 (3), pp. 125-129, 2018. doi: 10.11591/ijai.v7.i3.pp125-129

- [4] M. R. Prajapati† and V. A. Deshpande. "Cycle time reduction using lean principles and techniques: a review," *International Journal of Advance Industrial Engineering*, Vol. 3 (4), pp. 208-213, 2015.
- [5] N. B. Kacar, L. Mönch and R. Uzsoy., "Problem reduction approaches for production planning using clearing functions". *International Conference on Automation Science and Engineering. 20-24 August. Munich, Germany* : pp. 931-938, 2018.
- [6] N. C. Nwasuka and U. Nwaiwu. "Computer-based production planning, scheduling and control: a review," *Journal of Engineering Research*, Vol. 12 (1), pp. 275-280, 2024. doi: 10.1016/j.jer.2023.09.027
- [7] R. Bandinelli and V. Fani., "Combined use of AI techniques and simulation to support production scheduling: evidence from empirical research". *ECMS International Conference on Modelling and Simulation. 4-7 June. Cracow, Poland* : pp 319-325, 2024.
- [8] A. Köcher and et al., "A research agenda for AI planning in the field of flexible production systems". *International Conference on Industrial Cyber-Physical Systems. 24-26 May. Coventry, United Kingdom* : pp. 1-8, 2022.
- [9] Pallets. (22 December 2024). Flask. [Online] Available : <https://flask.palletsprojects.com/>
- [10] Pallets. (22 December 2024). Jinja. [Online] Available : <https://jinja.palletsprojects.com/>
- [11] Pallets. (22 December 2024). Werkzeug. [Online] Available : <https://werkzeug.palletsprojects.com/>
- [12] Mozilla Corporation. (22 December 2024). *HTML: HyperText Markup Language*. [Online] Available : <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML>