



แบบจำลองอัตรากาไรไหลสูงสุดสำหรับการผลิตผ้าเบรก



โดย

นายเอกรินทร์ การเก่ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญาโทมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

แบบจำลองอัตราการไหลสูงสุดสำหรับการผลิตผ้าเบรก



โดย  
นายเอกรินทร์ การเก่ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาการจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมและการจัดการ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร

# MAXIMUM FLOW MODEL FOR BRAKE PADS MANUFACTURING



By

MR. Akarin KANKENG

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for Master of Engineering (ENGINEERING MANAGEMENT)

Department of INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT

Graduate School, Silpakorn University

Academic Year 2019

Copyright of Graduate School, Silpakorn University

หัวข้อ	แบบจำลองอัตราการไหลสูงสุดสำหรับการผลิตผ้าเบรก
โดย	เอกรินทร์ การเก่ง
สาขาวิชา	การจัดการงานวิศวกรรม แผนก ก แบบ ก 1 ปริญญามหาบัณฑิต
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณศ พันธุ์สวัสดิ์

---

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.จุไรรัตน์ นันทานิช)

พิจารณาเห็นชอบโดย

.....ประธานกรรมการ

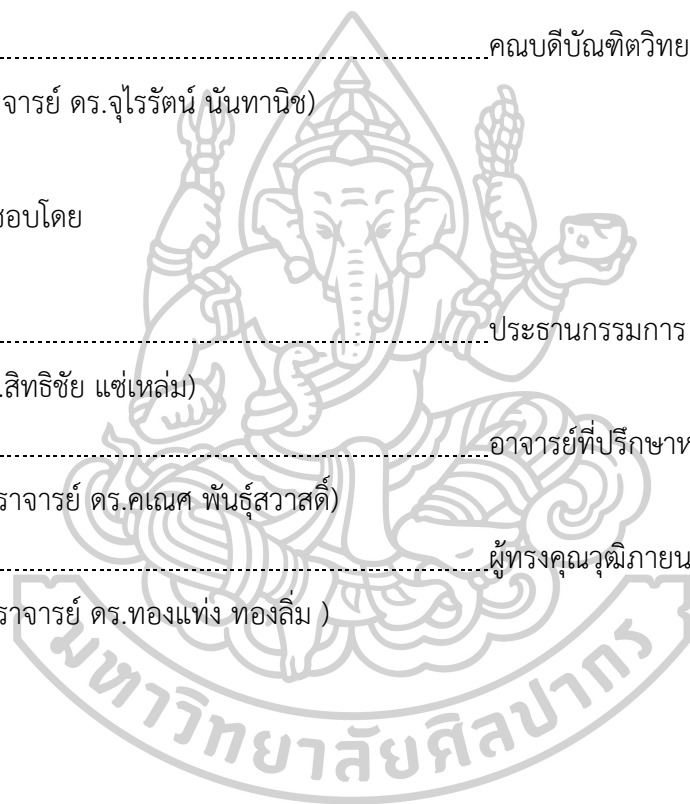
(อาจารย์ ดร.สิทธิชัย แซ่เหล่ม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณศ พันธุ์สวัสดิ์)

.....ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทองแท่ง ทองลีม )



61405321 : การจัดการงานวิศวกรรม แผน ก แบบ ก 1 ปริญญามหาบัณฑิต

คำสำคัญ : อัตราการไหลสูงสุด, การไหลในข่ายงาน, ขั้นตอนวิธีเลเบล, กำลังการผลิต

นาย เอกรินทร์ การเก่ง: แบบจำลองอัตราการไหลสูงสุดสำหรับการผลิตผ้าเบรก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คณศ พันธุ์สวาสดี

บริษัทกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตและจำหน่ายผ้าเบรกสำหรับรถยนต์ บริษัทมีผลิตภัณฑ์ผ้าเบรกมากกว่า 400 รุ่น โดยมีกระบวนการผลิตหลัก 20 กระบวนการและมีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตผ้าเบรก 46 เครื่อง อย่างไรก็ตามทุกๆ ผลิตภัณฑ์ไม่ได้ผ่านขั้นตอนการผลิตในทุกกระบวนการ ส่งผลให้มีรูปแบบการผลิตมากถึง 14 รูปแบบซึ่งยากต่อการวิเคราะห์กำลังการผลิตของระบบ งานวิจัยฉบับนี้ผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้แบบจำลองข้อมูลการไหลในข่ายงาน (Network flow) มาจำลองเส้นทางการผลิตและหาอัตราการไหลสูงสุดของกระบวนการผลิตผ้าเบรกทั้งระบบ โดยเริ่มจากการวิเคราะห์แบบเอบีซี (ABC analysis) มาเลือกตัวแทนผลิตภัณฑ์เพื่อเก็บข้อมูล หลังจากนั้นประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเลเบล (Labeling algorithm) และขั้นตอนวิธีขยาย (Generic augmenting path algorithm) ในการหาอัตราการไหล โดยแทนเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการผลิตด้วยกิ่ง (Arcs) และโหนด (Nodes) แทนกระบวนการผลิต ตั้งแต่ต้นทาง (Source) ไปยังกระบวนการสุดท้าย (Sink) ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า บริษัทสามารถผลิตผ้าเบรกได้ 25,880 ชิ้นต่อวัน รวมไปถึงบริษัทสามารถทราบการใช้งานเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการอีกด้วย แบบจำลองอัตราการไหลสูงสุดนี้ช่วยให้บริษัทวิเคราะห์กำลังการผลิตของระบบได้อย่างแม่นยำ ดังนั้นบริษัทสามารถใช้แบบจำลองนี้ในการวางแผนการผลิต แผนการเพิ่มกำลังการผลิต และแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแต่ละกระบวนการผลิตได้

61405321 : Major (ENGINEERING MANAGEMENT)

Keyword : Maximum flow, Network flow, Labeling algorithm, Production capacity

MR. AKARIN KANKENG : MAXIMUM FLOW MODEL FOR BRAKE PADS  
MANUFACTURING THESIS ADVISOR : ASSISTANT PROFESSOR KANATE PUNTUSAVASE,  
Ph.D.

This case study company produces and distributes brake pads for automobile. The company has more than 400 product models of brake pads. There are 20 main-production processes and 46 machines to produce brake pads. However, every product does not undergo all production stage. As a result, there are 14 formats of production procedure which are difficult to analyze the production capacity. In this case study, the researcher applied network flow to demonstrate production route and investigate maximum flow of the whole production process. First, ABC analysis theory was employed to choose product sampling. Then, Labeling algorithm and Generic augmenting path algorithm were adopted to find max flow. The machines in each production process from source to sink were described by arcs and nodes respectively. The results showed that the company could produce 25,880 of brake pads per day. Moreover, the company could also know the machine's utilization of each process. The maximum flow model could help the company analyze the capacity of production process accurately. Thus, the company could use this model to help plan production process, production capacity and machine maintenance in order to increase efficiency in each production process.

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คณิศ พันธุ์สวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ให้คำแนะนำที่ดี ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยศิลปากร บริษัทกรณีศึกษาและสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณพ่อ แม่ และเพื่อนๆที่คอยให้กำลังใจ คอยให้คำปรึกษาจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



เอกรินทร์ การเก่ง

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	1
สารบัญรูปภาพ.....	3
บทที่ 1 บทนำ.....	5
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	5
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	6
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	6
1.4 กรอบแนวคิดของงานวิจัย.....	6
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	6
1.6 นิยามศัพท์.....	7
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.1 แนวคิด.....	8
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	8
2.2.1 ทฤษฎีการไหลสูงสุด (Maximum Flow Theory).....	8
2.2.2 ระบบการผลิต (Production System).....	16
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
2.3.1 การประยุกต์ใช้การจำลองการไหลสูงสุดในรูปแบบต่าง ๆ.....	21
2.3.2 การวิเคราะห์ระบบของการผลิตภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ในการผลิต.....	24



บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย .....	28
3.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์และข้อมูลการผลิต.....	29
3.1.1 ข้อมูลผลิตภัณฑ์.....	29
3.1.2 ข้อมูลการผลิต .....	29
3.2 การวิเคราะห์แบบ ABC Analysis เพื่อเลือกตัวแทนผลิตภัณฑ์ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ ในรูปแบบจำลอง.....	33
3.3 การวิเคราะห์รูปแบบการผลิตของตัวแทนและข้อกำหนดในการผลิต .....	34
3.3.1 การวิเคราะห์รูปแบบในการผลิตของตัวแทนกลุ่มผลิตภัณฑ์ .....	34
3.3.2 การวิเคราะห์ข้อกำหนดในการผลิต.....	35
3.4 การวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตเพื่อนำปัจจัยมาใช้ในรูปแบบจำลอง .....	43
3.4.1 การพิสูจน์คำตอบการคำนวณกำลังการผลิต .....	43
3.5 การสร้างแบบจำลองข้อมูลการไหลในข่ายงาน .....	44
3.6 การประยุกต์ใช้โปรแกรม VBA มาใช้ในการวิเคราะห์หาคำตอบ .....	46
บทที่ 4 ผลการวิจัย .....	47
4.1 ผลการพิสูจน์คำตอบการคำนวณกำลังการผลิต .....	47
4.2 ผลจากการจำลองเส้นทางการผลิตจริง.....	47
4.2.1 ผลจากการใช้ตัวแทนรุ่นผลิตภัณฑ์จำนวน 1 รุ่นโดยคำนึงถึงข้อจำกัดด้านเครื่องจักร. 48	
4.2.2 ผลจากการประมาณค่าอัตราการไหลสูงสุดโดยทำการผลิตทุกเครื่องจักร .....	49
4.2.3 ผลจากการประมาณค่าอัตราการไหลสูงสุดกรณีเพิ่มเครื่องจักร.....	51
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย .....	53
รายการอ้างอิง .....	54
ประวัติผู้เขียน.....	56

## สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	แผนการเพิ่มกำลังการผลิต.....	5
ตารางที่ 2.1	ตารางข้อมูลเส้นทางอัตราการใช้พลังงานสูงสุดของข่ายงานขนาดเล็ก .....	13
ตารางที่ 2.2	จำนวนรอบที่ใช้ในการจับเวลา .....	18
ตารางที่ 2.3	การจำแนกกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามการวิเคราะห์แบบเอบีซี (ABC Analysis).....	20
ตารางที่ 2.4	สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	25
ตารางที่ 3.1	กลุ่มของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่าย.....	29
ตารางที่ 3.2	เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตผ้าเบรก.....	32
ตารางที่ 3.3	รูปแบบการผลิตทั้งหมดที่แตกต่างกันของผลิตภัณฑ์ที่บริษัทจำหน่าย.....	32
ตารางที่ 3.4	การจัดกลุ่มของผลิตภัณฑ์โดยใช้การวิเคราะห์แบบ ABC Analysis .....	34
ตารางที่ 3.5	การวิเคราะห์ตัวแทนรุ่นผ้าเบรกที่ผลิตในแต่ละรูปแบบการผลิต .....	34
ตารางที่ 3.6	การวิเคราะห์เครื่องจักรที่ผลิตได้ในแต่ละรุ่นผ้าเบรก .....	36
ตารางที่ 3.7	การจัดกลุ่มในการคำนวณกำลังการผลิตและสมการที่ใช้ในการคำนวณ .....	38
ตารางที่ 3.8	การจัดกลุ่มขนาดของชิ้นงาน.....	39
ตารางที่ 3.9	ค่าเฉลี่ยของจำนวนชิ้นงานในแต่ละกลุ่ม .....	39
ตารางที่ 3.10	สรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ในแบบจำลอง .....	43
ตารางที่ 3.11	แสดงการแปลงเส้นทางการผลิตของแบบจำลอง.....	45
ตารางที่ 4.1	การเปรียบเทียบข้อมูลสัดส่วนระหว่างยอดการผลิตจริงกับยอดจากการประมาณค่า... ..	47
ตารางที่ 4.2	ผลการหาอัตราการใช้พลังงานสูงสุดที่ได้จากโปรแกรมของตัวแทนรุ่นผลิตภัณฑ์ .....	48
ตารางที่ 4.3	สรุปผลกำลังการผลิตคงเหลือในแต่ละกระบวนการจากการใช้ตัวแทนรุ่น.....	49
ตารางที่ 4.4	ผลจากการประมาณค่าที่ได้จากโปรแกรมโดยทำการผลิตทุกเครื่องจักร .....	50
ตารางที่ 4.5	สรุปผลกำลังการผลิตคงเหลือในแต่ละกระบวนการโดยทำการผลิตทุกเครื่องจักร .....	50

ตารางที่ 4.6	สรุปผลกำลังการผลิตคงเหลือในแต่ละกระบวนการจากการเพิ่มเครื่องจักร .....	51
ตารางที่ 4.7	การเปรียบเทียบการเพิ่ม-ลดของ %ความจุสูงสุดต่ออัตราการไหลรวมสูงสุด .....	52



## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการไหลของน้ำในข่ายงาน.....	9
รูปที่ 2.2 ข่ายงาน Original Network.....	10
รูปที่ 2.3 ข่ายงาน Residual Network.....	10
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างปัญหาการไหลสูงสุดขนาดเล็กในข่ายงาน .....	12
รูปที่ 2.5 การถูกค้นพบจากโหนด S ไปยังโหนด T(1).....	13
รูปที่ 2.6 การถูกค้นพบจากโหนด S ไปยังโหนด T(2).....	14
รูปที่ 2.7 การถูกค้นพบจากโหนด S ไปยังโหนด T(3).....	14
รูปที่ 2.8 Residual graph ของข่ายงาน .....	14
รูปที่ 2.9 Residual graph ของข่ายงานที่เหลือ .....	15
รูปที่ 2.10 Residual graph ของข่ายงานที่เหลือต่อไป .....	15
รูปที่ 2.11 การคำนวณของ minimum cut ปัญหาการไหลของข่ายงานขนาดเล็ก .....	16
รูปที่ 2.12 องค์ประกอบของการศึกษางาน.....	17
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างแบบฟอร์มในการจับเวลา.....	18
รูปที่ 2.14 กราฟการจำแนกสินค้าตามการวิเคราะห์แบบเอบีซี (ABC Analysis).....	21
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการศึกษางานวิจัย .....	28
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างส่วนประกอบผ้าเบรก.....	29
รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตผ้าเบรกในปัจจุบัน .....	30
รูปที่ 3.4 การจำแนกกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามการวิเคราะห์แบบเอบีซี (ABC Analysis).....	33
รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตในกลุ่มที่ 1(1).....	39
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตในกลุ่มที่ 1(2).....	40
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตในกลุ่มที่ 2 .....	41
รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตในกลุ่มที่ 3 .....	42

รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดจากการประมาณค่า.....	44
รูปที่ 3.10 การแปลงรูปแบบการผลิตให้เป็นข่ายงาน.....	45
รูปที่ 4.1 เส้นทางการผลิตที่มีความจุคงเหลือจากการใช้ตัวแทนรุ่น .....	49
รูปที่ 4.2 เส้นทางการผลิตที่มีความจุคงเหลือจากการผลิตทุกเครื่องจักร .....	51
รูปที่ 4.3 เส้นทางการผลิตที่มีความจุคงเหลือกรณีเพิ่มเครื่องจักร .....	51



## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

บริษัท ทรนศึกษา เป็นโรงงานอุตสาหกรรมผลิตและจำหน่ายผ้าเบรกสำหรับรถยนต์ อาทิ ผ้าเบรกสำหรับรถเก๋ง รถกระบะ รถตู้ และอื่น ๆ ทั้งตลาด Original Equipment Manufacturer (OEM) และ After Market ภายในปี 2565 บริษัทมีนโยบายเพิ่มยอดขายเป็น 2,000 ล้านบาท โดยการเพิ่มกำลังการผลิตจาก 170,000 ชุด/เดือนเป็น 210,000 ชุด/เดือน ดังนั้นบริษัทจึงต้องมีการวางแผนการบริหารจัดการระบบการผลิตและวางแผนในการเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อให้เพียงพอต่อเป้าหมายที่ตั้งไว้

ปัจจุบันฝ่ายพัฒนากระบวนการผลิตมีแผนในการเพิ่มกำลังการผลิตของแต่ละกระบวนการเบื้องต้น ซึ่งแผนในการเพิ่มกำลังการผลิตนั้นจะแยกออกมาเป็นแต่ละกระบวนการ โดยกระบวนการที่มีกำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อเป้าหมายก็จะมีแผนในการเพิ่มกำลังการผลิต ดังแสดงในตารางที่ 1.1 ตารางที่ 1.1 แผนการเพิ่มกำลังการผลิต

แผนการเพิ่มกำลังการผลิต	จำนวนที่ต้องเพิ่มจากเดิม	มูลค่า
ด้านกำลังคน	9 คน	86,400 บาท/เดือน
ด้านชั่วโมงนอกเวลา(OT)	4,102 ชม./เดือน	287,140 บาท/เดือน
ด้านเครื่องจักร	เครื่องอัตโนมัติรูปพิมพ์เย็บ 1 เครื่อง	1,200,000 บาท

แต่ด้วยผลิตภัณฑ์ของบริษัทมีความหลากหลาย โดยมียี่ห้อในการจำหน่าย 5 ยี่ห้อ แต่ละยี่ห้อถูกแบ่งออกเป็นโค้ดการขายย่อยรวมมากกว่า 25 โค้ด และจำนวนรุ่นผ้าเบรกรวมมากกว่า 400 รุ่น มีกระบวนการผลิตหลัก 20 กระบวนการและเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต 46 เครื่องจักร อีกทั้งยังเวลาในการผลิตมีความแตกต่างกันและผลิตภัณฑ์ไม่ได้ผ่านกระบวนการผลิตทุกกระบวนการทำให้มีรูปแบบในการผลิตมากถึง 14 รูปแบบการผลิต ส่งผลให้ฝ่ายงานพัฒนากระบวนการผลิตทำการวิเคราะห์กำลังการผลิตของระบบยุ่งยากและซับซ้อน ทำให้ข้อมูลเกิดความคลาดเคลื่อนหรือไม่เป็นไปตามที่วางแผนไว้ จึงส่งผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของแผนการเพิ่มกำลังการผลิตในอนาคตที่อาจสูงมากขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงประยุกต์ใช้แบบจำลองข้อมูลการไหลในข่ายงานเพื่อนำมาจำลองเส้นทางการผลิตในปัจจุบันและวิเคราะห์หาอัตราการไหลสูงสุดของกระบวนการผลิตผ้าเบรกทั้งระบบ โดยคำนึงถึงรูปแบบการผลิตที่มีความหลากหลาย เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต รวมไปถึงข้อกำหนดต่างๆของทรัพยากรที่มีอยู่ ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนี้คือ อัตราการไหลสูงสุดของระบบการผลิตความสามารถในการผลิตของทุกกระบวนการและอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักร ทำให้ฝ่าย

พัฒนากระบวนการผลิตมีแบบจำลองข้อมูลที่สำคัญที่ช่วยในการวางแผนการผลิต แผนการบำรุงรักษา เครื่องจักร แผนการเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อนำมาปรับปรุงประสิทธิภาพในแต่ละกระบวนการต่อไป

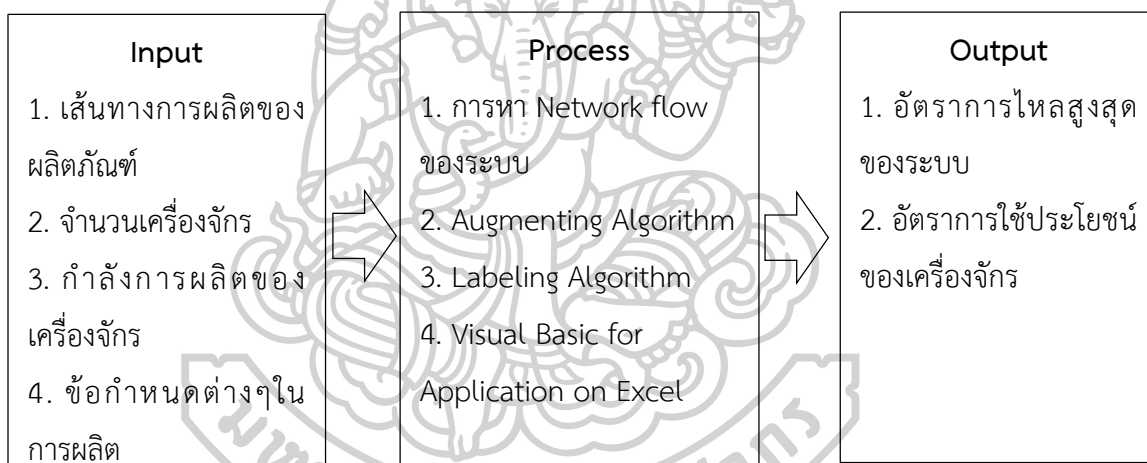
## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองข้อมูลการไหลในหน่วยงานมาจำลองเส้นทางการผลิตและวิเคราะห์หาอัตราการไหลสูงสุดของกระบวนการผลิตผ้าเบรกทั้งระบบ

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลกระบวนการผลิตผ้าเบรกตั้งแต่เดือนมกราคม-มิถุนายน ปี 2562 เพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ของแบบจำลอง
2. ศึกษากระบวนการผลิตผ้าเบรกตั้งแต่กระบวนการผสมเคมี-การบรรจุกล่อง

## 1.4 กรอบแนวคิดของงานวิจัย



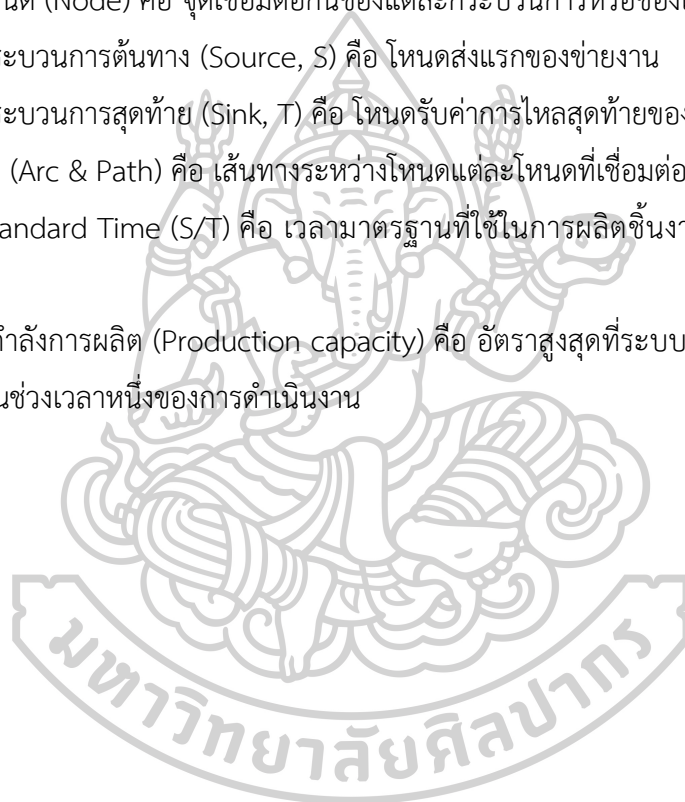
## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถทราบถึงอัตราการไหลสูงสุดของระบบการผลิตได้
2. สามารถทราบถึงความสามารถในการผลิตของทุกกระบวนการและอัตราการใช้ประโยชน์ของเครื่องจักร
3. สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในแบบจำลองมาใช้ประกอบการวางแผนการผลิต แผนการเพิ่มกำลังการผลิตได้ เช่น แผนการเพิ่มชั่วโมงในการทำงาน (OT) และแผนในการเพิ่มเครื่องจักรและอุปกรณ์
4. สามารถนำข้อมูลที่ได้ของแบบจำลองมาใช้ในการวางแผนเพิ่มประสิทธิภาพในแต่ละกระบวนการผลิตได้ เช่น แผน 5 ส และแผนการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์

## 1.6 นิยามศัพท์

เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันของงานวิจัยฉบับนี้ จึงรวบรวมคำนิยามศัพท์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งมีดังต่อไปนี้

1. โค้ดการขาย (Item code) คือ ชื่อเรียกของรูปแบบผลิตภัณฑ์ย่อยที่บริษัทจำหน่าย
2. รุ่นผ้าเบรก (Model) คือ ชื่อเรียกแทนรุ่นผ้าเบรกของรถยนต์แต่ละชนิด
3. รูปแบบการผลิต คือ ชื่อเรียกแทนกระบวนการผลิตที่แตกต่างกันของแต่ละผลิตภัณฑ์
4. ช่างงาน (Network) คือ การเชื่อมต่อกันระหว่างโหนดแต่ละโหนดทั้งหมดของระบบ
5. โหนด (Node) คือ จุดเชื่อมต่อกันของแต่ละกระบวนการหรือของแต่ละเครื่องจักร
6. กระบวนการต้นทาง (Source, S) คือ โหนดส่งแรกของช่างงาน
7. กระบวนการสุดท้าย (Sink, T) คือ โหนดรับค่าการไหลสุดท้ายของช่างงาน
8. กิ่ง (Arc & Path) คือ เส้นทางระหว่างโหนดแต่ละโหนดที่เชื่อมต่อกัน
9. Standard Time (S/T) คือ เวลามาตรฐานที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน 1 หน่วย (หน่วยเป็นวินาทีต่อชิ้น)
10. กำลังการผลิต (Production capacity) คือ อัตราสูงสุดที่ระบบการผลิตสามารถทำการผลิตได้เต็มที่ในช่วงเวลาหนึ่งของการดำเนินงาน





## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิด

งานวิจัยฉบับนี้มีแนวคิดที่จะนำทฤษฎีการวิจัยและดำเนินงานมาประยุกต์ใช้ในด้านของระบบการผลิต โดยผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีเรื่องการไหลสูงสุดในข่ายงานโดยส่วนใหญ่มักจะถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการไหลของน้ำในท่อ การระบายน้ำ[1] และการคำนวณอัตรายานพาหนะสูงสุดบนถนนเพื่อนำมาคำนวณระยะเวลาการเปิดสัญญาณไฟจราจร[2] ในส่วนของระบบการผลิตนั้นมักจะเป็นการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต[3] ยังไม่มีการนำทฤษฎีเรื่องการไหลสูงสุดในข่ายงานมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา อย่างไรก็ตามผู้วิจัยเล็งเห็นว่าสามารถนำทฤษฎีเรื่องการไหลสูงสุดในข่ายงานมาประยุกต์เป็นแบบจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาอัตราการไหลสูงสุดของระบบการผลิตร่วมกับการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือทางการจัดการงานวิศวกรรมได้

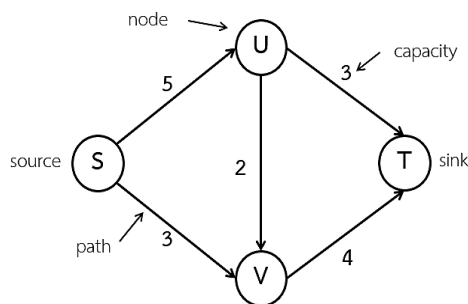
โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยฉบับนี้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎีเรื่องการไหลสูงสุดในข่ายงานและทฤษฎีเกี่ยวกับระบบการผลิต

#### 2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

##### 2.2.1 ทฤษฎีการไหลสูงสุด (Maximum Flow Theory)

ทฤษฎีการไหลสูงสุด เป็นแนวคิดขั้นตอนวิธีของฟอร์ด-เฟิลเกอร์สัน (Ford – Fulkerson Algorithm)[4] ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Lester Randolph Ford และ Delbert Ray Fulkerson ในปี ค.ศ.1956 วิธีนี้เป็นวิธีสำหรับแก้ปัญหาการไหลสูงสุด(Maximum Flow) ในข่ายงาน (Network) ซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาวิเคราะห์ปัญหาการไหลสูงสุดหรือปัญหาการไหลมากที่สุด เช่น ปัญหาการไหลของน้ำในท่อ การระบายของน้ำในแต่ละเส้นทาง เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจเรื่องอัตราการไหลสูงสุด ผู้วิจัยจึงยกตัวอย่างปัญหาการไหลของน้ำในท่อมาวิเคราะห์และอธิบายดังต่อไปนี้

เริ่มแรกจะเป็นการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลที่สำคัญ เช่น จำนวนท่อที่น้ำสามารถไหลผ่านได้ พื้นที่หน้าตัดของท่อแต่ละท่อและอัตราการไหลของน้ำภายในท่อ หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาเขียนให้อยู่ในรูปของกราฟ โดยการแปลงปัญหาดังกล่าวเป็นกราฟแบบมีทิศทาง (Directed graph) เมื่อนำท่อจำนวนมากมาต่อกันเป็นลักษณะของข่ายงาน (Network) โดยแต่ละท่ออาจจะมีพื้นที่หน้าตัดไม่เท่ากันและต้องการหาปริมาณน้ำที่สามารถไหลออกจากท่อหนึ่งเหล่านี้ได้จากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางที่มากที่สุด โดยสามารถอธิบายปัญหาดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการไหลของน้ำในข่ายงาน

- เมื่อกำหนดให้
1. โหนด S (source) แทนโหนดต้นทางเป็นจุดที่เริ่มปล่อยน้ำเข้าไปในท่อ
  2. โหนด T (sink) แทนโหนดปลายทางเป็นจุดที่น้ำไหลออกจากท่อ
  3. โหนด U, V (node) แทนจุดเชื่อมต่อระหว่างท่อน้ำ
  4. ความจุ (capacity) แทนพื้นที่หน้าตัดของท่อน้ำ
  5. กิ่ง (arc & path) แทนท่อน้ำในแต่ละท่อ
  6. ลูกศรบนกิ่งแทนทิศทางการไหลของน้ำ

โดยสามารถวิเคราะห์และอธิบายหลักการได้ดังนี้

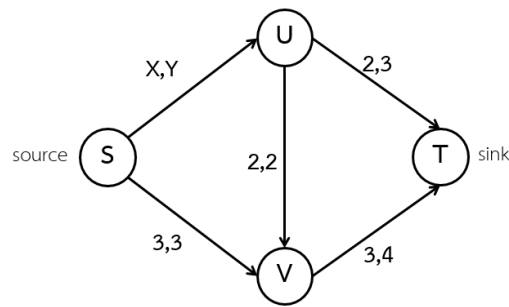
$f(u,v)$  คือ ปริมาณการไหล (Flow) ในกิ่ง (U, V) โดยมีเงื่อนไขคือ

1. ปริมาณการไหลในกิ่งต้องไม่เกินความจุ
2. ปริมาณการไหลเข้ามายังโหนดใด ๆ จะเท่ากับปริมาณการไหลออกจากโหนดนั้น ยกเว้นโหนด S กับโหนด T ดังแสดงในสมการที่ (2.1)
3. โหนด S จะมีเพียงกิ่งการไหลออกและจะไม่มีกิ่งของการไหลเข้า ส่วนโหนด T จะมีเพียงกิ่งการไหลเข้าและจะไม่มีกิ่งของการไหลออก

$$|f| = \sum_{v \in V} f(S, V) = \sum_{v \in V} f(V, T) \quad (2.1)$$

วิธีการหาอัตราการไหลในข่ายงาน จะนิยามถึง 2 ค่า ที่จะใช้ในการอธิบายคือ

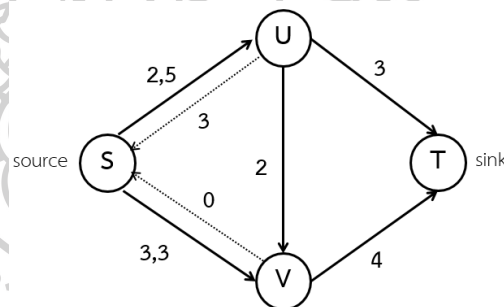
1. Original Network คือ ข่ายงานดั้งเดิมที่มีการไหลจากโหนด S ไปยังโหนด T โดยมีกิ่งของแต่ละโหนดแทนท่อน้ำ โดยค่าที่อยู่บนกิ่งนั้นจะมีอยู่ 2 ค่า (X,Y) ซึ่ง X จะแทนค่าปริมาณการไหลของน้ำจริงในท่อ และค่า Y แทนความจุของท่อน้ำเส้นนั้นๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ข่ายงาน Original Network

2. Residual Network คือ ข่ายงานที่มีโหนดและกึ่งเหมือนกับข่ายงานดั้งเดิม โดยกึ่งแต่ละเส้นในข่ายงานนั้นจะถูกแทนที่ด้วยกึ่งจำนวนหนึ่งหรือสองกึ่ง

กรณีที่หนึ่งถ้าปริมาณการไหลของน้ำในท่อจริงจากโหนด S ไปยังโหนด U มีค่าน้อยกว่าความจุของกึ่งเส้นนั้น กึ่งเส้นที่หนึ่งจะเป็นกึ่งที่มีทิศเดียวกับข่ายงานดั้งเดิมโดยความจุของกึ่งเส้นนี้จะมีค่าเท่ากับปริมาณการไหลของน้ำจริงในท่อ หลังจากนั้นกึ่งเส้นที่สองจะมีทิศย้อนกลับคือ จากโหนด U ไปยังโหนด S เป็นกึ่งที่มีค่าผลต่างระหว่างความจุและปริมาณการไหลของน้ำจริง เรียกว่า ความจุคงเหลือ(Residual capacity) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ข่ายงาน Residual Network

กรณีที่สองถ้าปริมาณการไหลของน้ำจริงในท่อจากโหนด S ไปยังโหนด V มีค่าเท่ากับความจุของกึ่งเส้นนั้น กึ่งเส้นที่หนึ่งยังคงมีทิศทางเหมือนเดิมโดยความจุของกึ่งเส้นนี้จะมีค่าเท่ากับปริมาณการไหลของน้ำจริงในท่อ ส่วนกึ่งเส้นที่สองจะมีทิศย้อนกลับคือ จากโหนด V ไปยังโหนด S และมีความจุคงเหลือเท่ากับ 0 แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 2.3 ซึ่งตัวอย่างการคำนวณการไหลในข่ายงานเบื้องต้นนี้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์แก้ปัญหาการไหลสูงสุดได้

การวิเคราะห์ปัญหาการไหลสูงสุดเป็นการวิเคราะห์ปัญหาการไหลในข่ายงานที่ไม่เพียงแต่การวิเคราะห์จากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดเพียงเท่านั้นแต่จะเป็นการวิเคราะห์โหนดทั้งหมดเพื่อหาปริมาณการไหลสูงสุดทั้งข่ายงาน ตั้งแต่โหนดต้นทาง S ไปยังโหนดปลายทาง T ซึ่งผู้วิจัยจะอธิบายการแก้ปัญหาการไหลสูงสุดจากการใช้ขั้นตอนวิธีการอัลกอริทึม (Algorithm) ดังต่อไปนี้

1. Labeling algorithm เป็นอัลกอริทึมใช้ค้นหาโหนดจากเส้นทางกราฟในข่ายงาน โดยหลักการของอัลกอริทึมนี้จะเริ่มต้นค้นหาจากโหนดต้นทาง  $S$  ไปยังโหนดถัด ๆ ไปตามเส้นทางที่เชื่อมต่อกันในข่ายงาน และจะค้นหาจนพบโหนด โดยโหนดที่ถูกค้นพบแล้วจะทำการเลเบลหรือติดฉลากโหนดนั้นเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป จากนั้นค้นหาโหนดอื่นๆ จนถึงโหนดปลายทาง  $T$  โดยทำการค้นหาจนกระทั่งไม่พบโหนดแล้วจึงจะหยุดค้นหา โดยสามารถอธิบายอัลกอริทึมได้ดังนี้

Labeling algorithm

**algorithm** labeling;

**begin**

    label node  $t$ ;

**while**  $t$  is labeled **do**

**begin**

            unlabel all nodes;

            set  $\text{pred}(j) := 0$  for each  $j \in N$ ;

            label node  $s$  and set  $\text{LIST} := \{s\}$ ;

**while**  $\text{LIST} \neq \emptyset$  or  $t$  is unlabeled **do**

**begin**

                    remove a node  $l$  from  $\text{LIST}$ ;

**for each** arc  $(i,j)$  in the residual network emanating from node  $i$  **do**

**if**  $r_{ij} > 0$  and node  $j$  is unlabeled **then** set  $\text{pred}(j) := i$ , label node  $j$ , and add  $j$  to  $\text{LIST}$ ;

**end;**

**if**  $t$  is labeled **then** augment

**end;**

**end;**

**procedure** augment;

**begin**

    use the predecessor labels to trace back from the sink to the source to obtain an augmenting path  $P$  from node  $s$  to node  $t$ ;

$\delta := \min\{r_{ij} : (i, j) \in P\}$ ;

    augment  $\delta$  units of flow along  $P$  and update the residual capacities;

**end;**[4]

2. Generic augmenting part algorithm หรือเรียกว่าอัลกอริทึมขยาย เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางการไหลของข่ายงานทุกเส้นทางที่ถูกค้นพบ แล้วทำการคำนวณ

ปริมาณการไหลของเส้นทางนั้นทุกเส้นทาง โดยขั้นตอนสุดท้ายอัลกอริทึมนี้จะคำนวณปริมาณการไหลสูงสุดของข่ายงาน โดยสามารถอธิบายอัลกอริทึมได้ดังนี้

Generic augmenting part algorithm

**algorithm** augmenting part;

**begin**

$x := 0$ ;

**while**  $G(x)$  contains a directed path from node  $s$  to node  $t$  **do**

**begin**

identify an augmenting part  $P$  from node  $s$  to node  $t$ ;

$\delta := \min\{r_{ij} : (i, j) \in P\}$ ;

Augment  $\delta$  units of flow along  $P$  and update  $G(x)$ ;

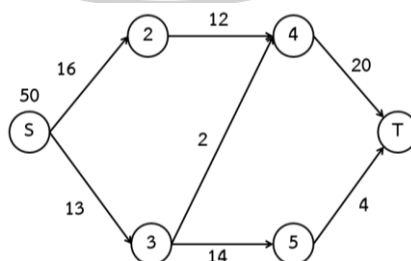
**end**;

**end**;[4]

#### 2.2.1.1 ตัวอย่างการคำนวณขั้นตอนวิธีการ (Algorithm)

การวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดจำเป็นต้องใช้ ขั้นตอนวิธี 2 ขั้นตอนคือ Labeling algorithm และ Generic augmenting path algorithm เพื่อให้เข้าใจง่ายของหลักในการทำงาน และหลักในการคิดเรื่องอัตราการไหลสูงสุด ผู้วิจัยจึงยกตัวอย่างในการคำนวณปัญหาการไหลสูงสุดของข่ายงานขนาดเล็กที่มีโหนดในการวิเคราะห์ 6 โหนด มาใช้ในการอธิบาย ดังนี้

ปัญหาการไหลสูงสุดของข่ายงานขนาดเล็ก จากโหนด 6 โหนดคือ (1 , 2 , 3 , 4 , 5 , 6) โดยที่โหนด (1 , 6) คือโหนดต้นทาง (S) และโหนดปลายทาง (T) ตามลำดับ ตัวอย่างดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยตัวเลขประจำเส้นทางเชื่อมของแต่ละโหนดแทนอัตราการไหลสูงสุดของแต่ละเส้นทาง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1



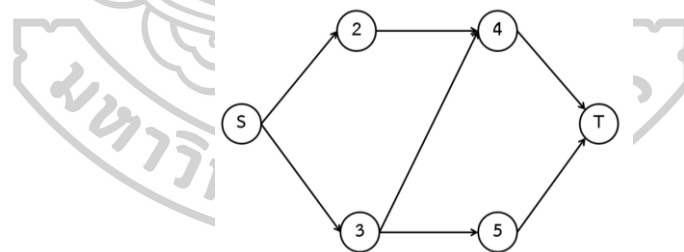
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างปัญหาการไหลสูงสุดขนาดเล็กในข่ายงาน

ตารางที่ 2.1 ตารางข้อมูลเส้นทางอัตราการใช้พลังงานสูงสุดของข่ายงานขนาดเล็ก

	To Node						
	S	2	3	4	5	T	
From Node	S	0	16	13	0	0	0
	2	0	0	0	12	0	0
	3	0	0	0	2	14	0
	4	0	0	0	0	0	20
	5	0	0	0	0	0	4
	T	50	0	0	0	0	0

โดยการคำนวณอัตราการใช้พลังงานสูงสุดของระบบตั้งแต่ โหนด S ไปจนถึงโหนด T นั้นจะเริ่มต้นประมวลผลจาก

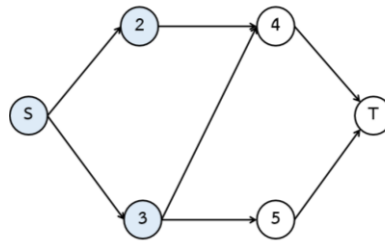
รอบที่ 1 Labeling algorithm จะทำหน้าที่สแกนหาเส้นทางที่ S สามารถไปได้ จากรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่า S สามารถไปได้ 2 เส้นทาง คือ โหนด 2 และ โหนด 3 และหลังจากที่ โหนด 2 และโหนด 3 ถูกค้นพบแล้วก็จะถูกติดเลเบล หลังจากนั้นโหนดที่ 2 และโหนดที่ 3 ก็จะมีการค้นหาเส้นทางที่สามารถไปได้เรื่อยๆ จนกว่าจะไปถึงโหนดสุดท้ายคือ T และทุกโหนดที่ถูกค้นพบก็จะทำการถูกละเลเบลทุกโหนด จนกว่าจะไม่พบโหนดอื่น ๆ อีก จนสุดท้ายการค้นหาเส้นทางก็จะถูกจบลง ดังแสดงในรูปที่ 2.5 , รูปที่ 2.6 และ รูปที่ 2.7



Labeled set = { }

Unlabeled set = {s,2,3,4,5,t}

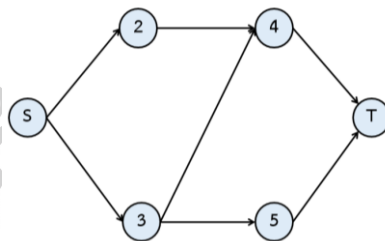
รูปที่ 2.5 การถูกค้นพบจากโหนด S ไปยังโหนด T(1)



Labeled set = {s,2,3}

Unlabeled set = {4,5,t}

รูปที่ 2.6 การถูกค้นพบจากโหนด S ไปยังโหนด T(2)

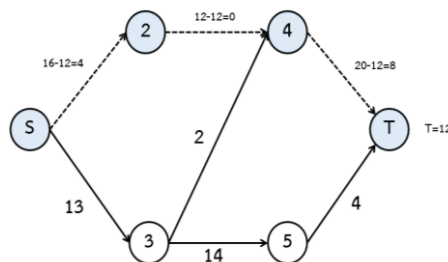


Labeled set = {s,2,3,4,5,t}

Unlabeled set = { }

รูปที่ 2.7 การถูกค้นพบจากโหนด S ไปยังโหนด T(3)

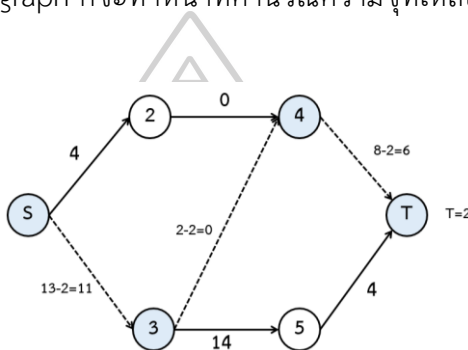
หลังจากรอบที่ 1 Labeling algorithm ได้ทำหน้าที่สแกนหาเส้นทางที่ S ไปยัง T ทุกโหนดและทำการติดเลเบลแล้ว หลังจากนั้นจะเป็นขั้นตอนของ Augmenting algorithm รอบที่ 1 Augmenting algorithm คือขั้นตอนของ augment flow นั้นจะเริ่มจากการที่นำเส้นทางของ labeling algorithm เส้นทางแรกมาหาอัตราไหลมากที่สุดของเส้นที่ถูกค้นพบจากโหนด S ไปยัง โหนด T แล้วทำการคำนวณอัตราไหลที่สามารถไหลผ่านไปได้และคำนวณอัตราไหลคงเหลือของเส้นทางนั้น ๆ โดยแสดงออกมาเป็น Residual graph แทนความจุคงเหลือของเส้นทาง ดังแสดงในรูปที่ 2.8 โดยเส้นทางเริ่มจาก S-2-4-T ซึ่งจะคำนวณได้ว่า  $\min(16,12,20) = 12$  ดังนั้นอัตราไหลมากที่สุดของเส้นทางแรก S-2-4-T คือ 12 หน่วย



รูปที่ 2.8 Residual graph ของข่ายงาน

หลักจากรอบที่ 1 Augmenting algorithm ได้คำนวณอัตราการไหลมากที่สุดของเส้นทางแรกเสร็จสิ้นแล้วหลังจากนั้น Augmenting algorithm จะทำการเรียก Labeling algorithm เพื่อค้นหาเส้นทางต่อไป

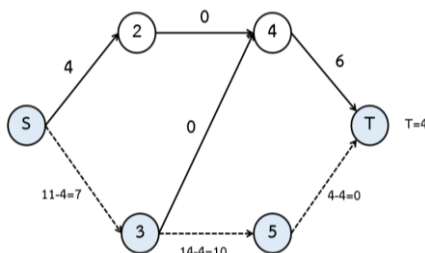
รอบที่ 2 Labeling algorithm จะทำหน้าที่สแกนหาเส้นทางที่ S ไปยัง T ที่สามารถไปได้เส้นทางอื่น ๆ ต่อไป เมื่อถูกค้นพบเส้นทางอีก Labeling algorithm จะทำการเรียก Augmenting algorithm มาคำนวณอัตราการไหลมากที่สุดของเส้นทางที่ถูกค้นพบ โดยเส้นทางที่สองเริ่มจาก S-3-4-T ซึ่งคำนวณได้ว่า  $\min(13,2,8) = 2$  ดังนั้นอัตราการไหลมากที่สุดของเส้นทาง S-3-4-T นี้คือ 2 หน่วยและ Residual graph ก็จะทำหน้าที่คำนวณความจุที่เหลือของเส้นทางนั้นอีกต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 Residual graph ของข่ายงานที่เหลือ

หลักจากรอบที่ 2 Augmenting algorithm ได้คำนวณอัตราการไหลมากที่สุดของเส้นทางที่สองเสร็จสิ้นแล้วหลังจากนั้น Augmenting algorithm จะทำการเรียก Labeling algorithm เพื่อค้นหาเส้นทางอื่น ๆ ต่อไป

โดยรอบที่ 3 Labeling algorithm ทำหน้าที่สแกนหาเส้นทางที่ S ไปยัง T เหมือนเดิมที่สามารถไปได้ในเส้นทางอื่น ๆ เมื่อถูกค้นพบเส้นทางอีก Labeling algorithm จะทำการเรียก Augmenting algorithm มาคำนวณอัตราการไหลมากที่สุดของเส้นทางที่ถูกค้นพบเส้นทางที่สามคือจาก S-3-5-T ซึ่งคำนวณได้ว่า  $\min(11,14,4) = 4$  ดังนั้นอัตราการไหลมากที่สุดของเส้นทาง S-3-5-T นี้คือ 4 หน่วยและ Residual graph ก็จะทำหน้าที่คำนวณความจุที่เหลือของเส้นทางนั้นอีกต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 Residual graph ของข่ายงานที่เหลือต่อไป

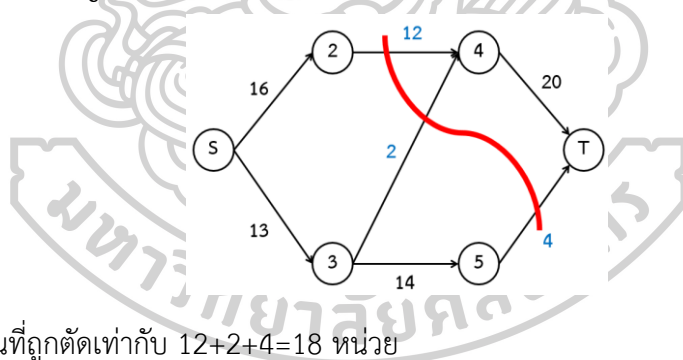


การดำเนินงานจะทำการค้นหาเส้นทางซ้ำ ๆ ไปจนกว่าจะไม่พบเส้นทางใดๆ อีกและสุดท้ายจะทำการคำนวณอัตราการไหลสูงสุดของระบบทั้งหมดในทุกเส้นทางที่ถูกค้นพบ ดังนั้นจากโจทย์ตัวอย่างอัตราการไหลของข่ายงานขนาดเล็กดังกล่าว จึงสรุปได้ว่า ผลรวมอัตราการไหลสูงสุดของระบบจากโหนด S ไปยังโหนด T คือ 18 หน่วย( $12+2+4=18$ )

### 2.2.1.2 การพิสูจน์คำตอบจากการคำนวณอัตราการไหล

จากการคำนวณปัญหาอัตราการไหลของข่ายงานขนาดเล็ก พบว่าปริมาณการไหลสูงสุดได้ 18 หน่วย ดังนั้นจึงพิสูจน์ความถูกต้องของการคำนวณพบว่าได้ให้คำตอบที่ถูกต้องและเป็น Maximum flow ของโจทย์ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

ถ้าลองตัดเส้นทางเชื่อมของแต่ละโหนดระหว่างโหนด S ไปยังโหนด T โดยการตัดจะตัดค่าที่น้อยที่สุดของแต่ละเส้นทางทุกเส้นทางที่สามารถไปได้ให้โหนด S และ โหนด T ขาดออกจากกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.11 ส่งผลให้ผลรวมของเส้นที่ตัดขาดนั้นจะเท่ากับค่า Maximum flow ที่ได้ จากการคำนวณตามทฤษฎีที่ว่า Maximum flow  $\leq$  minimum cut ซึ่ง minimum cut จากการตัดเส้นทางดังรูปที่ 2.11 นั้นเท่ากับ 18 หน่วย จึงสรุปได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณได้ให้คำตอบที่ถูกต้องตามการพิสูจน์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำไปเขียนโปรแกรมในการวิเคราะห์ในแบบจำลองและนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาจริงต่อไป



ผลรวมของเส้นที่ถูกตัดเท่ากับ  $12+2+4=18$  หน่วย

รูปที่ 2.11 การคำนวณของ minimum cut ปัญหาการไหลของข่ายงานขนาดเล็ก

จากการอธิบายหลักการคำนวณวิธีการอัลกอริทึม (Algorithm) ดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการไหลสูงสุดในข่ายงานของระบบการผลิตทั้งระบบได้

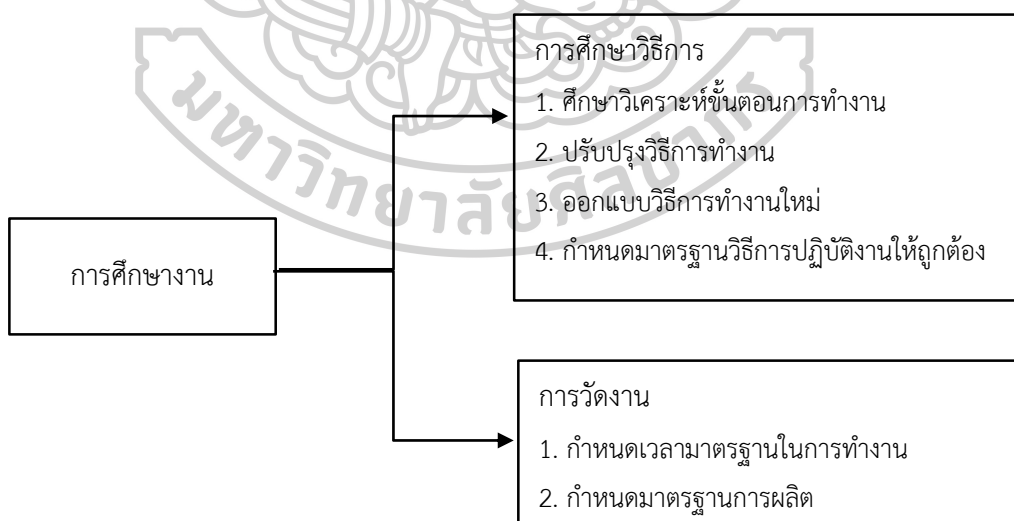
## 2.2.2 ระบบการผลิต (Production System)

ระบบการผลิต (Production System) หมายถึง ระบบที่เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการสร้างสิ่งหนึ่งสิ่งใดขึ้นมาจากการใช้ทรัพยากรหรือปัจจัยการผลิตที่มีอยู่ การดำเนินการผลิตจะเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของการกระทำก่อนหลัง คือจากวัตถุดิบที่มีอยู่จะถูกแปลงสภาพให้เป็นผลผลิตที่อยู่ในรูปตามที่ต้องการ ซึ่งระบบการผลิตประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

1. ปัจจัยการผลิต (input)
2. กระบวนการแปลงสภาพ (conversion process)
3. ผลผลิตที่ได้ (output)

ในการผลิตโดยทั่วไปปัจจัยการผลิต (Input) ได้แก่ คน (Man) วัสดุ (Materials) เครื่องจักร (Machines) พลังงาน (Energy) เงิน (Money) ข่าวสารข้อมูล (Information) ส่วนกระบวนการผลิต (Process) ได้แก่ การเตรียมวัตถุดิบต่าง ๆ การนำส่วนประกอบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน การสร้างรูปทรง การตกแต่ง ตลอดจนทั้งการบรรจุผลิตภัณฑ์เพื่อการจำหน่าย และส่วนที่เป็นผลผลิต (Output) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Products) ซึ่งผลผลิตจะออกมาในรูปของผลิตภัณฑ์หรือบริการก็ได้ ซึ่งรวมทั้งหมดนี้เรียกว่า ระบบการผลิต[5] ซึ่งข้อมูลระบบการผลิตนั้นจะได้จากเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษางานและเวลาของแต่ละกระบวนการ โดยทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการศึกษางานและการศึกษาเวลา มีดังนี้

การศึกษางาน (Work study) หมายถึง เทคนิคในการวิเคราะห์ขั้นตอนของการปฏิบัติงานในปัจจุบันเพื่อขจัดงานที่ไม่จำเป็นออกและสรรหาวิธีการทำงานที่ดีและมีประสิทธิภาพสูงสุดมาใช้ รวมไปถึงการปรับปรุงมาตรฐานในการทำงาน สภาพการทำงาน เครื่องมือต่างๆ และการฝึกให้คนงานมีวิธีการทำงานที่ถูกต้อง รวมทั้งการกำหนดเวลามาตรฐานของงานและการบริหารแผนการจัดการต่าง ๆ ได้ โดยการศึกษางานนั้นจะประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การศึกษาวิธีการ (Method study) กับ การวัดงาน (Work Measurement) ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 องค์ประกอบของการศึกษางาน

การศึกษาเวลา (Time study) หมายถึง วิธีการในการคำนวณหาเวลาในการปฏิบัติงานโดยใช้เครื่องมือจับเวลารวมถึงการปรับเวลาโดยการให้ค่าเผื่อต่าง ๆ และการให้อัตรา

ความเร็วมาตรฐานตามขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไว้ภายใต้สภาพเงื่อนไขที่เหมาะสม โดยแบ่งงานที่ศึกษาออกเป็นงานย่อยเพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลและมีขั้นตอนการศึกษาเวลา ซึ่งแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. เลือกงานและบันทึกรายละเอียดของงานที่จะทำการศึกษาลงแบบฟอร์มในการจับเวลาดังแสดงในรูปที่ 2.13
2. แบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นงานย่อยและเขียนรายละเอียดกำกับไว้

ใบบันทึกการศึกษาเวลา Time Study Observation Sheet											Page No.			
ชื่อคนบันทึก :				เวลาเริ่ม :										
ชื่อสถานี :				เวลาสิ้นสุด :										
วันที่บันทึก :				จำนวนรอบศึกษา :										
ชื่อผู้ศึกษา :				ชื่อผู้ศึกษา :										
ศึกษาที่งาน - ชิ้นงาน / ชนิดสินค้า :				อุปกรณ์ :										
ลำดับ	รายละเอียด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Avg	Period	NT

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างแบบฟอร์มในการจับเวลา

3. คำนวณหาจำนวนรอบที่เหมาะสมในการจับเวลา[6] ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.2 ตารางที่ 2.2 จำนวนรอบที่ใช้ในการจับเวลา

Cycle time in minutes	Recommended number of cycles
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00-above	3

4. สังกะและบันทึกเวลาในการทำงานของคณงาน พร้อมทั้งประเมินอัตราความเร็วในการทำงานของคณงาน
5. กำหนดค่าเผื่อต่าง ๆ ในการทำงานสามส่วน ดังนี้
  - a. ค่าเผื่อส่วนบุคคล 5% ของเวลาทำงาน
  - b. ค่าเผื่อจากความเครียดตามลักษณะงาน 4 %
  - c. ค่าเผื่อความล่าช้าสำหรับงานนั้น 3-6%
6. ทำการคำนวณหาเวลามาตรฐานดังนี้
  - a. หาค่าเฉลี่ยจากเวลาของงานย่อยที่บันทึกไว้
  - b. หาค่าเวลาปกติโดยคำนวณ ดังแสดงในสมการที่ (2.2)
 
$$\text{เวลาปกติ} = \text{เวลาเฉลี่ย} \times \% \text{ ประเมินความเร็ว} \quad (2.2)$$
  - c. คำนวณเวลามาตรฐาน ดังแสดงในสมการที่ (2.3)
 
$$\text{เวลามาตรฐาน} = \text{เวลาปกติ} \times \text{ค่าเผื่อ} \quad (2.3)$$
7. สรุปผลการศึกษาลงในแบบฟอร์มใบสรุปข้อมูลเวลาและใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

กำลังการผลิต (Capacity) คือ อัตราสูงสุดที่ระบบการผลิตสามารถทำการผลิตได้เต็มที่ในช่วงเวลาหนึ่งของการดำเนินงาน การคำนวณกำลังการผลิต สามารถคิดได้จากเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิตลบด้วยเวลาในการทำกิจกรรม การประชุมงานและเวลาพักของพนักงานจะเหลือเวลาในการทำงานจริง หากด้วยเวลามาตรฐานที่ใช้ในการผลิตต่อชิ้นที่บวกกับเวลาในการติดตั้งเครื่องจักร ดังแสดงในสมการที่ (2.4)

$$\text{Production capacity (N)} = \frac{(T-t)}{C+m} \quad (2.4)$$

เมื่อกำหนดให้  
 $T$  = เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต (วินาที)  
 $t$  = เวลาในการทำกิจกรรม การประชุมงานและเวลาพักของพนักงาน (วินาที)  
 $C$  = เวลามาตรฐานที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ (วินาที/ชิ้น)  
 $m$  = เวลาในการติดตั้งเครื่องจักรและเวลาในการจัดเตรียมชิ้นงาน (วินาที/ชิ้น) [7]

กรณีที่มีรูปแบบการผลิตแบบกลุ่ม (Batch Production) และจำนวนชิ้นงานที่ได้ในแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน การหาเวลามาตรฐานที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานจะหาได้ ดังแสดงในสมการที่ (2.5)

$$C \text{ (วินาที/ชิ้น)} = \frac{\text{เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตของกลุ่ม (C*)}}{\text{จำนวนชิ้นงานเฉลี่ยที่ได้ของกลุ่ม (N*)}} \quad (2.5)$$

โดยที่จำนวนชิ้นงานเฉลี่ยที่ได้ของกลุ่ม( $N^*$ ) นั้นหาได้จากสมการค่าเฉลี่ยเลขคณิตถ่วงน้ำหนัก[8] ดังแสดงในสมการที่ (2.6) ถ้าให้  $w_1, w_2, \dots, w_n$  เป็นความสำคัญหรือน้ำหนักถ่วงของค่าจากการสังเกต  $x_1, x_2, \dots, x_n$  ตามลำดับ

$$N^* (\text{ชิ้น}) = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2.6)$$

การวิเคราะห์แบบเอบีซี (ABC Analysis) คือ การประยุกต์มาจากหลักการของพาเรโต โดย วิลเฟรโด พาเรโต (Vilfredo Pareto) นักเศรษฐศาสตร์ชาวอิตาลี ตั้งข้อสังเกตว่า “สิ่งที่สำคัญจะมีอยู่เป็นจำนวนที่น้อยกว่าสิ่งที่ไม่สำคัญซึ่งมักจะมีจำนวนที่มากกว่า ในอัตราส่วน 20 ต่อ 80 นั่นคือการให้ความสำคัญกับกลุ่มผลิตภัณฑ์จำนวนน้อยที่มีมูลค่ามาก มากกว่ากลุ่มผลิตภัณฑ์จำนวนมากที่โดยรวมมีมูลค่าน้อย”[9] ซึ่งส่วนใหญ่จะแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 กลุ่ม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 ตารางที่ 2.3 การจำแนกกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามการวิเคราะห์แบบเอบีซี (ABC Analysis)

กลุ่มผลิตภัณฑ์	ร้อยละของมูลค่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมด	ร้อยละปริมาณการใช้งานของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด
A	70-80	10-20
B	15-20	30-40
C	5-10	40-50

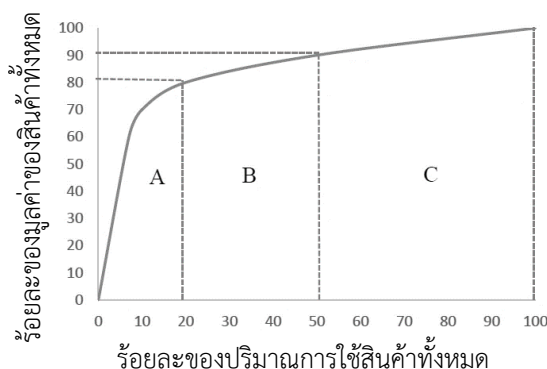
การจำแนกกลุ่มของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 3 กลุ่ม อธิบายได้ดังนี้

กลุ่ม A เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงมาก ประมาณร้อยละ 70-80 ของมูลค่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (Total value) มีจำนวนผลิตภัณฑ์ร้อยละ 10-20 ของปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

กลุ่ม B เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าปานกลาง ประมาณร้อยละ 15-20 ของมูลค่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมด มีจำนวนประมาณร้อยละ 30-40 ของปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

กลุ่ม C เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าต่ำ ประมาณร้อยละ 5-10 ของมูลค่าผลิตภัณฑ์ทั้งหมดมีจำนวนประมาณร้อยละ 40-50 ของปริมาณการใช้ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

โดยแสดงกราฟการจำแนกสินค้าตามการวิเคราะห์แบบเอบีซี (ABC Analysis) ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 กราฟการจำแนกสินค้าตามการวิเคราะห์แบบเอบีซี (ABC Analysis)

โดยสรุปคือ สามารถนำทฤษฎีเรื่องการไหลสูงสุดในช่วงงานมาประยุกต์เป็นแบบจำลองข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาอัตราการไหลสูงสุดของระบบการผลิตรวมกับการเก็บข้อมูลด้วยเครื่องมือทางด้านการจัดการงานวิศวกรรมได้

## 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ของผู้วิจัยท่านอื่น ๆ และใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำการศึกษแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ซึ่งมีรายละเอียดของงานดังต่อไปนี้

### 2.3.1 การประยุกต์ใช้การจำลองการไหลสูงสุดในรูปแบบต่าง ๆ

สุภาวดี ก่อคุณ (2557) จากวิทยานิพนธ์เรื่อง *การจำลองอัตราการไหลสูงสุดในช่วงน้ำหลาก โดยใช้วิธีดัชนีน้ำฝนในลุ่มน้ำชีตอนบน (Peak Flow Simulation using an Antecedent Precipitation Index Method in Upper Chi Basin)*[10] งานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาและการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝนอัตโนมัติลำน้ำชี สำหรับพื้นที่อำเภอเมือง จ.ชัยภูมิ โดยพื้นที่นี้มักจะมีประสบปัญหาด้านอุทกภัยบ่อยครั้งและยังไม่มี การเตือนภัยให้กับประชากรให้ทำการอพยพได้ทันทั่วทั้งที่ ซึ่งงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวนสถานีวัดค่าดัชนีปริมาณน้ำฝนอยู่ 4 สถานีโดยสมการที่ใช้ในแบบจำลองจะใช้สมการในการพยากรณ์หาค่าปริมาณอัตราการไหลสูงสุด 4 สมการ โดยมีความคาดเคลื่อนของแบบจำลองอยู่ระหว่าง 3-13% ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปเป็นข้อมูลที่ใช้ในการเตือนภัยให้กับประชากรในแต่ละครั้งส่งผลให้มีหน่วยงานมีการวางแผนการอพยพประชากรในพื้นที่นั้นได้ทันที

พฤตพิงค์ เฟ็งศิริ และคณะ (2559) จากวิทยานิพนธ์เรื่อง *การวิเคราะห์โครงข่ายประตูระบายน้ำด้วยความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ร่วมกับกระแสการไหลสูงสุด (The Analysis of Floodgate Network Based on A Combination of Betweenness Centrality and Maximum Flow)*[1] งานวิจัยฉบับนี้เป็นการนำเสนอขั้นตอนวิธีในการวิเคราะห์โครงข่ายประตู

ระบายน้ำด้วยความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ร่วมกับกระแสการไหลสูงสุด ซึ่งในที่นี้ เรียกว่า วิธี “BC-Max” คือเป็นการประยุกต์ใช้ทฤษฎีกราฟความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ (Betweenness Centrality, BC) ของประตู่ระบายน้ำ เพื่อกำหนดเส้นทางในการระบายน้ำจากต้นทางไปยังปลายทาง และนำ BC มาคำนวณหาการไหลสูงสุด (Maximum Flow) โดยได้เป็นค่าความสามารถในการระบายน้ำที่ประตู่ระบายน้ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ของวิธีการ BC-Max ทำให้ได้เส้นทางการระบายน้ำ (Path) และค่าการระบายน้ำสูงสุดที่ประตู่ระบายน้ำ การทดสอบนี้ใช้ข้อมูลโครงข่ายของโครงการส่งน้ำและบำรุงรักษาป่าสักใต้เขตพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาเป็นกรณีศึกษา โดยกำหนดให้  $BC-Max > AVG(BC)$  โดยค่า  $AVG(BC)$  หมายถึงค่าเฉลี่ยของความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์เท่ากับ 0.043 ซึ่งแสดงถึงลำดับความสำคัญการระบายน้ำในแต่ละประตู่ระบายน้ำ พบว่าประตู่ระบายน้ำที่มีความสำคัญที่สุดคือ ประตู่ระบายน้ำพระมหินทร์ มีค่า BC-Max เท่ากับ 0.787 มีเส้นทางการระบายน้ำ 9 เส้นทาง ค่าเฉลี่ยการระบายน้ำสูงสุดเท่ากับ 24.333 m<sup>3</sup>/s ส่งผลทำให้ทราบถึงความสามารถในการระบายน้ำสูงสุดของประตู่ระบายน้ำในเส้นทางนั้นได้เป็นอย่างดี

Jia Feng, Xiamiao Li, Baohua Mao, Qi Xu, Yun Bai (2559) จากวิทยานิพนธ์เรื่อง *การวิเคราะห์ข่ายงานที่ซับซ้อนแบบถ่วงน้ำหนักของระบบรถไฟใต้ดินปักกิ่งกรณีศึกษาการไหลของผู้โดยสารและรถไฟ (Weighted complex network analysis of the Beijing subway system: Train and passenger flows)*[11] งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายคือ เพื่อศึกษาความซับซ้อนของข่ายงานการจราจรและระบบเส้นทางต่าง ๆ โดยอาศัยแบบจำลอง Multi-layer model มาใช้ในการวิเคราะห์รูปแบบการไหลของข้อมูลในข่ายงานรถไฟใต้ดินของปักกิ่ง โดยข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองคือ ข้อมูลเส้นทางการเดินทาง ตารางการทำงาน ทั้งข่ายงานการไหลของรถไฟและผู้โดยสาร โดยเส้นทางการเดินทางของรถไฟใต้ดินนั้นมี 14 เส้นทางและจำนวนสถานี 8 สถานี โดยแบบจำลองจะแสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของการใช้งานของผู้โดยสารในแต่ละสถานีและในแต่ละเวลาที่มีความจุของด้านพื้นที่ของแต่ละสถานีที่ต่างกัน โดยผลจากการศึกษาสามารถเห็นสถานีที่เป็นคอขวด ซึ่งข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองจะนำมาใช้ในการวางแผนการควบคุมความหนาแน่นของผู้โดยสารและการบริหารจัดการระบบเส้นทางของรถไฟใต้ดินให้ดีขึ้นได้

คณศ พันธุ์สวาสดี และแพรวนภา อินตา (2561) จากวิทยานิพนธ์เรื่อง *การประยุกต์อัลกอริทึมเพื่อใช้หาเส้นทางและปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำในกรุงเทพมหานคร (Applying algorithms to determine the maximum flow of water in Bangkok using the maximum flow model)*[12] งานวิจัยฉบับนี้สืบเนื่องมาจากเกิดเหตุการณ์น้ำท่วมที่เกิดขึ้นในประเทศไทยปี 2554 ทำให้เกิดความเสียหายในหลายพื้นที่ของประเทศไทย โดยเฉพาะกรุงเทพมหานคร น้ำไม่สามารถระบายลงสู่อ่าวไทยได้ทันเวลา ดังนั้นผู้วิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์โดยการใช้สองขั้นตอนวิธี (Algorithms) ประกอบด้วย ขั้นตอนวิธีเลเบล (Labeling algorithm) และขั้นตอนวิธี

ขยาย (Generic augmenting path algorithm) เพื่อใช้หาปริมาณการไหลสูงสุด (maximum flow) ของน้ำจากทางตอนบนของกรุงเทพมหานครลงสู่อ่าวไทย การไหลสูงสุดของน้ำในกรุงเทพมหานครแทนการไหลในข่ายงาน (Network flow) แม่น้ำและคลองต่าง ๆ ถูกอธิบายด้วย โหนด (nodes) และ กิ่ง (arcs) ขั้นตอนวิธีเลเบล และ ขั้นตอนวิธีขยาย ใช้เพื่อค้นหาเส้นทางการไหลของน้ำจากโหนดต้นทาง (source) ไปยังโหนดปลายทาง (sink) และ หาปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่าปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำในกรุงเทพมหานครคือ 228,960,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

อภิญา เภาใส (2561) จากวิทยานิพนธ์เรื่อง *เทคนิคสำหรับการคำนวณระยะเวลาการเปิดสัญญาณไฟจราจรบนพื้นฐานของทฤษฎีการไหลสูงสุด (Technique for Computing Duration of Turn on Traffic Light Based on Maximum Flow Theorem)*[2] งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายคือการแก้ปัญหาการจราจรสำหรับพื้นที่ทางแยกที่มีปริมาณผู้ใช้งานพาหนะบนท้องถนนที่หนาแน่น ทำให้ส่งผลกระทบต่อเวลาในการขับขึ้นและการจราจรที่ติดขัด ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการพัฒนาเทคนิคสำหรับการคำนวณระยะเวลาในการเปิดสัญญาณไฟจราจรบนพื้นฐานของทฤษฎีการไหลสูงสุด (Maximum Flow Theorem) มาใช้ในการพิจารณาเส้นทางแยกต่าง ๆ บนท้องถนนเป็นข่ายงานการไหล (Flow network) ของแต่ละทางแยก เพื่อที่จะสามารถวางแผนเวลาในการเปิดสัญญาณไฟเขียวและไฟแดงได้สำหรับทุกทางแยกของเส้นทางถนนที่มีความหนาแน่นเพื่อช่วยในการระบายยานพาหนะที่ติดอยู่ตรงทางแยกให้ได้มากที่สุดและช่วยลดภาระการทำงานของเจ้าหน้าที่จราจรในการควบคุมการเปิดสัญญาณไฟจราจร ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้เทคนิคนี้คือ ทำให้เพิ่มการไหลของจราจรได้ดีกว่าวิธีการคิดแบบเดิมที่มีการกำหนดเวลาคงที่ได้ 16.24 เปอร์เซ็นต์และใช้วิธีการประมวลผลด้วยวิธีโอ 12.96 เปอร์เซ็นต์

Peter Dolgoplov และคณะ (2562) จากวิทยานิพนธ์เรื่อง *การสร้างแบบจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพของเส้นทางรถไฟ (Optimization of train routes based on neuro-fuzzy modeling and genetic algorithms)*[13] งานวิจัยฉบับนี้เป็นการสร้างแบบจำลองการเพิ่มประสิทธิภาพของเส้นทางรถไฟโดยศึกษาข่ายงานเส้นทางรถไฟของประเทศยูเครน โดยวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การปรับปรุงแบบจำลองเพื่อมาช่วยเป็นฐานข้อมูลของระบบ โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง นิวโรฟัซซี (neuro-fuzzy modeling) และขั้นตอนวิธีเจเนติก (genetic algorithm) มาใช้ในการวิเคราะห์ โดยอาศัยการวิเคราะห์ข่ายงานเส้นทางรถไฟบนพื้นฐานแนวคิดวิธีของ Ford-Fulkerson โดยแบบจำลองจะประมวลผลตามเงื่อนไขความจุของจุดแต่ละจุด, เส้นทางของจุดเชื่อมต่อในแต่ละเมืองและค่าใช้จ่ายที่จะต้องเสียไป นอกจากนี้ยังคำนึงถึงเส้นทางการจราจรที่มีข้อจำกัดในการขนส่งในแต่ละครั้งด้วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการดำเนินการคือสามารถมีระบบอัตโนมัติในการค้นหาเส้นทางและคำนวณค่าใช้จ่ายให้มีความเหมาะสมและเป็นฐานข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาขององค์กรได้



### 2.3.2 การวิเคราะห์ระบบของการผลิตภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ ในการผลิต

สุธาเทพ โบลีทธิพิเชษฐ์ (2556) จากวิทยานิพนธ์เรื่อง *การจัดเส้นทางขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายใต้ข้อจำกัดด้านพื้นที่และเวลา(The parts conveyance routing under limitation of area and time)*[14] งานวิจัยฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาวิธีการพัฒนาที่มีประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนของบริษัทแห่งหนึ่งภายใต้ข้อจำกัดด้านพื้นที่และเวลา โดยมีการประยุกต์ใช้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมแบบจำลอง What's Best ซึ่งแบบจำลองจะหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาและนำคำตอบที่ได้มาจัดเส้นทางขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานระหว่างสายการผลิตไปยังคลังผลิตภัณฑ์ ซึ่งเส้นทางและระยะทางในการขนส่งลำเลียงระหว่างแต่ละพื้นที่จะมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาในการลำเลียงและพื้นที่ในการลำเลียงไปยังจุดต่างๆ โดยจุดที่ใช้ในการวิเคราะห์ทั้งหมด 5 จุดตั้งแต่จุดเริ่มต้นไปยังจุดสุดท้ายโดยคำนึงถึงเงื่อนไขในการลำเลียงในแต่ละครั้งด้วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองจะแบ่งออกเป็น 3 สถานการณ์ในการเลือกใช้และบ่งบอกถึงข้อดี-ข้อเสียในแต่ละสถานการณ์ ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการลำเลียงชิ้นส่วนภายในโรงงานได้

วรวิมล แซ่เอ็ง (2558) จากวิทยานิพนธ์เรื่อง *การวิเคราะห์ข้อเสนอการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุตสาหกรรม (Process improvement proposal analysis using industrial simulation)*[3] งานวิจัยฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อการใช้แบบจำลองอุตสาหกรรมในการจำลองกระบวนการผลิตที่เร่งรัดแรงสั่นสะเทือน โดยเป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรม Arena เพื่อช่วยในการวิเคราะห์สายการประกอบทั้งหมด 6 สายการประกอบและกระบวนการผลิตทั้งหมด 12 กระบวนการโดยต้องการปรับปรุงกำลังการผลิตให้เพิ่มขึ้นจากเดิมเฉลี่ย 926 ชิ้นต่อวัน เป็นเฉลี่ย 1,100 ชิ้นต่อวัน เดิมมีประสิทธิภาพ 83% ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองกำลังการผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 1,108 ชิ้นต่อวัน ประสิทธิภาพของสายการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 99.61% รวมไปถึงข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองสามารถเป็นข้อมูลที่ช่วยในการประกอบตัดสินใจในการวางแผนปรับปรุงการผลิตและลดความเสี่ยงในการลงทุนในการปรับปรุงกระบวนการผลิตได้

Sriram Velumani, He Tang (2560) จากวิทยานิพนธ์เรื่อง *สถานการณ์ปัจจุบันและการวิเคราะห์คอขวดและการปรับปรุงสายกระบวนการผลิตแบบแบทช์ โดยใช้การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (Operations status and bottleneck analysis and improvement of a batch process manufacturing line using discrete event simulation)*[15] วัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้คือ การประยุกต์ใช้การจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง(DES) มาใช้ในการจำลองการผลิตที่ยารยนต์ซึ่งมักจะมีปัญหาความซับซ้อนของกระบวนการผลิตโดยกระบวนการผลิตจะเป็นการผลิตแบบแบทช์โดยแบ่งการผลิตหลักออกเป็น 5 กระบวนการหลักโดยการวิเคราะห์ในแบบจำลองมีข้อมูลที่ต้องคำนึงคือ ข้อมูลกระบวนการผลิตในปัจจุบัน ความสัมพันธ์ของแต่ละขั้นตอนในการผลิตและของ

แต่ละเครื่องจักร,คุณภาพของผลิตภัณฑ์, เวลาในการผลิต, ลำดับขั้นตอนในกระบวนการ, กำลังการผลิต ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองคือกระบวนการผลิตที่เป็นคอขวด, อัตราการใช้ประโยชน์ของแต่ละกระบวนการ ส่งผลทำให้สามารถจัดลำดับความสำคัญในการผลิตได้, เวลาที่ใช้ในการผลิตให้มีความเหมาะสมกับการผลิตแบบเบตซ์และให้มีการใช้ประโยชน์ในแต่ละกระบวนการสูงสุด

Dorota Stadnick, Pawel Litwin (2562) จากวิทยานิพนธ์เรื่อง *การทำแผนภาพสายธารคุณค่าและการรวมพลวัตของระบบเพื่อการสร้างแบบจำลองการผลิตและวิเคราะห์ (Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis)*[16] จุดมุ่งหมายของวิทยานิพนธ์นี้คือ การประยุกต์ใช้แผนภาพสายธารคุณค่า (VSM) ที่เป็นเครื่องมือการผลิตแบบลีน มาใช้ในการสร้างแบบจำลองในการวิเคราะห์กระบวนการผลิตแบบพลวัตของอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งอุตสาหกรรมยานยนต์กรณีศึกษามีกระบวนการผลิตทั้งหมด 12 กระบวนการ โดยในการวิเคราะห์แผนภาพสายธารคุณค่าของกระบวนการผลิตยานยนต์นี้เป็นการวิเคราะห์เริ่มตั้งแต่ผู้ผลิตไปจนถึงกระบวนการผลิตและจัดส่งผลิตภัณฑ์ ซึ่งตัวแปรที่จะนำมาวิเคราะห์ในแบบจำลองโดยจะต้องคำนึงถึงความต้องการของลูกค้า, เวลานำ (Lead time) กำลังการผลิตของแต่ละเครื่องจักร, เวลาในการผลิตชิ้นงานและชิ้นงานที่อยู่ในกระบวนการ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองจากการวิเคราะห์แผนภาพสายธารคุณค่าจะเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวางแผนการบริหารจัดการเวลาในการผลิตเพื่อให้ผลิตผลิตภัณฑ์ได้ทันตามความต้องการของลูกค้า

โดยสามารถสรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	รายละเอียดของการวิเคราะห์และวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา		
		รายละเอียดในการวิเคราะห์	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อัตราการไหลสูงสุด	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ระบบการผลิต
สุภาวดี ก่อคุณ(2557)	เพื่อจำลองอัตราการไหลสูงสุดในช่วงน้ำหลากโดยใช้วิธีดัชนีน้ำฝนในกลุ่มน้ำชีตอนบน	- จำนวนสถานีที่ใช้ในการเก็บข้อมูลและทำการวิเคราะห์ 4 สถานี และใช้สมการในการหาค่า 4 สมการ	- Antecedent Precipitation Index Method	-
พฤติพงษ์ เพ็งศิริและคณะ(2559)	เพื่อกำหนดเส้นทางและการไหลของการระบายน้ำโครงการป่าสักใต้	- จำนวนประตูระบายน้ำทั้งหมด 35 ประตู - จำนวนโหนดที่ใช้ 35 โหนด	- BC-Max Method	-

ตารางที่ 2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง(ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	รายละเอียดของการวิเคราะห์และวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา		
		รายละเอียดในการวิเคราะห์	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อัตราการไหลสูงสุด	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ระบบการผลิต
คณิศ พันธุ์ สวาสดี และ แพรวนภา อิน ตา (2561)	เพื่อใช้หาเส้นทาง และปริมาณการ ไหลสูงสุดของน้ำ ในกรุงเทพฯ	- จำนวนแม่น้ำ 1,682 สาย - จำนวนโหนด 41 โหนด	- Labeling algorithm - Generic augmenting path algorithm	-
Jia Feng, Xiamiao Li, Baohua Mao, Qi Xu, Yun Bai (2559)	เพื่อวิเคราะห์ ช่วยงานที่ซับซ้อน แบบถ่วงน้ำหนัก ของระบบรถไฟฟ้า ใต้ดินปักกิ่ง	- จำนวนเส้นทาง 14 เส้นทาง - จำนวนสถานี 8 สถานี - จำนวนโหนดที่ใช้ใน การวิเคราะห์ 8 โหนด	- Multi-layer model	-
อภิญญา เง ใส(2561)	เพื่อใช้เทคนิคการ คำนวณระยะเวลา การเปิดสัญญาณ ไฟจราจรโดยใช้ ทฤษฎีการไหล สูงสุด	- จำลองสถานการณ์ 10 สถานการณ์ - จำนวนโหนดที่ใช้ใน การวิเคราะห์ 16 โหนด	- วิธีการกำหนดเวลา คงที่ - วิธีการประมวลผลด้วย วีดีโอ - วิธีการไหลสูงสุด โดยตรง	-
PeterDolgop olov และ คณะ (2562)	เพื่อต้องการเพิ่ม ประสิทธิภาพการ ไหลในข่ายงาน ของเส้นทางรถไฟ	- จำนวนขบวนรถไฟ 12 ขบวน - จำนวน 20 โหนด	- Ford-Fulkerson	- genetic algorithm
สุธาเทพ โบ สิทธิ์พิเชษฐ์ (2556)	เพื่อหาวิธีในการ จัดเส้นทางการ ขนส่งลำเลียง ชิ้นส่วนภายใต้ ข้อจำกัดด้านพื้นที่ และเวลา	- จำนวนสถานีงาน 5 สถานี - จำนวน 5 โหนด - 3 สถานการณ์ในการ วิเคราะห์	-	- โปรแกรม What's Best

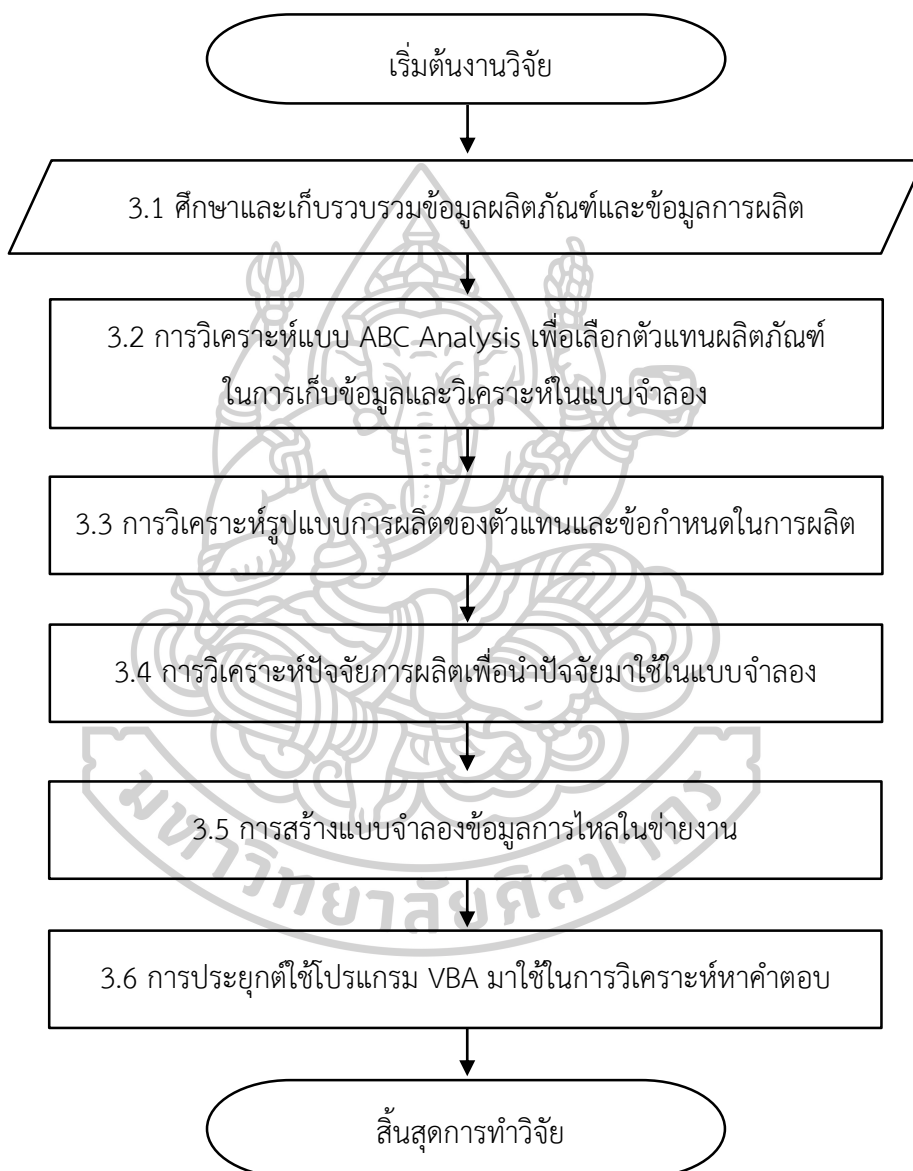
ตารางที่ 2.4 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง(ต่อ)

ผู้วิจัย	วัตถุประสงค์	รายละเอียดของการวิเคราะห์และวิธีการที่ใช้แก้ปัญหา		
		รายละเอียดในการวิเคราะห์	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อัตราการไหลสูงสุด	ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ระบบการผลิต
วรุฒิ แซ่เอ็ง (2558)	เพื่อการวิเคราะห์และข้อเสนอในการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางอุตสาหกรรม	- จำนวนสายการประกอบ 6 สายการประกอบ - จำนวนกระบวนการผลิต 12 ขั้นตอนการผลิต	-	- โปรแกรม Arena
Sriram Velumani, He Tang (2560)	เพื่อวิเคราะห์ข้อผิดพลาดสถานการณ์ปัจจุบันและการปรับปรุงสายกระบวนการผลิตแบบเบทซ์	- จำนวนกระบวนการผลิต 5 กระบวนการหลัก	-	- แบบจำลองเหตุการณ์แบบไม่ต่อเนื่อง (DES)
Dorota Stadnick, Pawel Litwin (2562)	เพื่อวิเคราะห์การทำแผนภาพสายธารคุณค่าและระบบการรวมผลผลิตของกระบวนการผลิต	- จำนวนกระบวนการผลิต 12 กระบวนการ	-	- Value stream mapping tool
วิทยานิพนธ์ที่นำเสนอ (2562)	เพื่อประยุกต์ใช้เป็นแบบจำลองข้อมูลการผลิตและวิเคราะห์หาอัตราการไหลสูงสุดของระบบการผลิตผ้าเบรกทั้งระบบ	- จำนวนเครื่องจักร 46 เครื่อง - จำนวนโหนด 53 โหนด	- Labeling algorithm - Generic augmenting path algorithm	- ABC analysis - Visual Basic for Application on Microsoft Excel

### บทที่ 3

#### วิธีการดำเนินงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการวางแผนการทำงานและกำหนดขั้นตอนในการศึกษาของงานวิจัยเพื่อให้ผู้วิจัยมีแผนการดำเนินงานที่ชัดเจน โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนในการศึกษางานวิจัย

### 3.1 ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลผลิตภัณฑ์และข้อมูลการผลิต

งานวิจัยฉบับนี้เก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม – มิถุนายน ปี 2562

#### 3.1.1 ข้อมูลผลิตภัณฑ์

ผ้าเบรก (Brake Pads) คืออุปกรณ์ส่วนหนึ่งในระบบเบรกของรถยนต์ โดยผ้าเบรคนั้นเป็นอุปกรณ์ที่สร้างแรงเสียดทานให้กับระบบเบรก ซึ่งส่วนประกอบของผ้าเบรคนั้นจะประกอบไปด้วย เนื้อผ้าเบรกที่มีความแข็งประกบเข้ากับแผ่นเหล็กและมีอุปกรณ์เสริมที่เป็นส่วนประกอบ เช่น กิ๊ป แผ่นซิม เป็นต้น ตามชนิดของผ้าเบรกแต่ละประเภท ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างส่วนประกอบผ้าเบรก

โดยผลิตภัณฑ์ของบริษัทที่จำหน่ายมี 3 กลุ่มคือ กลุ่มผลิตภัณฑ์ขายดีมาก กลุ่มผลิตภัณฑ์ขายดีและกลุ่มผลิตภัณฑ์ขายดีปานกลาง โดยมีจำนวนรุ่นผ้าเบรกทั้งหมด 288 รุ่น จำนวนโค้ดในการขายรวมทั้งหมด 30 โค้ด ซึ่งแต่ละกลุ่มมีโค้ดการขายที่เหมือนกันและแตกต่างกัน มียอดขายทั้งหมด 613,684 ชุด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กลุ่มของผลิตภัณฑ์ที่จำหน่าย

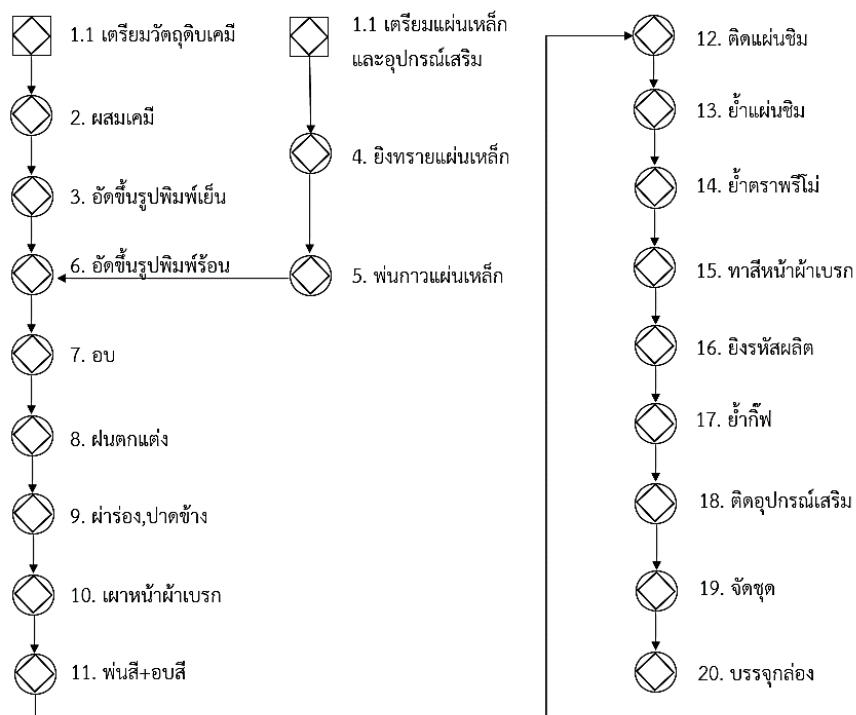
กลุ่มผลิตภัณฑ์	จำนวนรุ่นผ้าเบรก	จำนวนโค้ดการขาย	ยอดขาย
ผลิตภัณฑ์ขายดีมาก	39	28	491,114
ผลิตภัณฑ์ขายดี	64	26	92,111
ผลิตภัณฑ์ขายดีปานกลาง	185	24	30,459
<b>ทั้งหมด</b>	<b>288 รุ่น</b>	<b>30 โค้ด</b>	<b>613,684 ชุด</b>

#### 3.1.2 ข้อมูลการผลิต

ข้อมูลการผลิตแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. กระบวนการผลิตผ้าเบรก
2. จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต
3. รูปแบบในการผลิต

กระบวนการผลิตผ้าเบรกของบริษัทกรณีศึกษา มีกระบวนการผลิตทั้งหมด 20 กระบวนการผลิต ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กระบวนการผลิตผ้าเบรกในปัจจุบัน

กระบวนการผลิตที่ 1 คือเตรียมวัตถุดิบเคมี แผ่นเหล็กและอุปกรณ์เสริม ซึ่งเป็นส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตผ้าเบรก

กระบวนการผลิตที่ 2 คือกระบวนการผสมเคมี เป็นขั้นตอนที่นำวัตถุดิบเคมีหลายๆ ชนิดที่มีคุณสมบัติที่แตกต่างกันมาผสมรวมกันด้วยเครื่องผสมเคมี ซึ่งวัตถุดิบที่ทำการผสมแล้วนั้นจะเรียกว่าเกรดเคมี

กระบวนการผลิตที่ 3 คือกระบวนการอัดขึ้นรูปพิมพ์เย็น เป็นขั้นตอนที่นำเกรดเคมีมาอัดขึ้นรูปเป็นแท่งเคมีตามขนาดของรูนผ้าเบรกแต่ละชนิด โดยจะต้องอาศัยแม่พิมพ์และแรงอัดของเครื่องอัดขึ้นรูป

กระบวนการผลิตที่ 4 คือกระบวนการยิงทรายแผ่นเหล็ก เป็นขั้นตอนที่นำทรายมาพ่นใส่แผ่นเหล็กด้วยเครื่องยิงทรายเพื่อขัดผิวแผ่นเหล็กและขจัดสนิมที่ติดอยู่กับแผ่นเหล็กก่อนนำไปใช้งาน

กระบวนการผลิตที่ 5 คือกระบวนการพนกาว เป็นขั้นตอนที่ทาขาวให้กับแผ่นเหล็กเพื่อทำให้แผ่นเหล็กติดกับตัวเนื้อผ้าเบรก

กระบวนการผลิตที่ 6 คือกระบวนการอัดขึ้นรูปพิมพ์ร้อน เป็นขั้นตอนที่นำเกรดเคมีอัดแห้งมาประกอบกับแผ่นเหล็กที่ทาขาวแล้วด้วยเครื่องอัดขึ้นรูป โดยอาศัยแม่พิมพ์ แรงอัดและอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป

กระบวนการผลิตที่ 7 คือกระบวนการอบผ้าเบรก เป็นขั้นตอนที่ให้ความร้อนแก่ผ้าเบรกด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อให้ผ้าเบรกมีคุณภาพที่ดีเหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้งาน

กระบวนการผลิตที่ 8 คือกระบวนการฝนตกแต่ง เป็นขั้นตอนที่ลดขนาดของชิ้นงานผ้าเบรกด้วยวัสดุที่แข็งกว่า เช่น ไบมีด ทำให้ชิ้นงานมีขนาดเป็นไปตามที่กำหนดให้

กระบวนการผลิตที่ 9 คือกระบวนการผ่าร่อง, ปาดข้างผ้าเบรก เป็นขั้นตอนการตกแต่งผ้าเบรกเพื่อให้ชิ้นผ้าเบรกได้ขนาดและรูปร่างตามที่กำหนด

กระบวนการผลิตที่ 10 คือกระบวนการเผาหน้าผ้าเบรก ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำชิ้นงานมาเผาหน้าด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสม ทำให้ชิ้นงานมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ

กระบวนการผลิตที่ 11 คือกระบวนการพ่นสี+อบสี เป็นขั้นตอนที่นำสีมาพ่นใส่ชิ้นงานผ่านเครื่องพ่นสีและผ่านเครื่องอบสีด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อให้สีติดกับตัวชิ้นงาน

กระบวนการผลิตที่ 12 คือกระบวนการติดแผ่นซิม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำแผ่นซิมมาติดเข้ากับตัวชิ้นงาน ทำให้ชิ้นงานมีคุณสมบัติตามที่กำหนด

กระบวนการผลิตที่ 13 คือกระบวนการย้อมแผ่นซิม ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำชิ้นงานที่ผ่านการติดแผ่นซิมแล้วมาย้อมด้วยเครื่องย้อมแผ่นซิม เพื่อให้แผ่นซิมติดกับตัวชิ้นงาน

กระบวนการผลิตที่ 14 คือกระบวนการย้อมตราพรีโม เป็นขั้นตอนที่นำชิ้นงานที่ติดแผ่นซิมแล้วมาต้มตราสัญลักษณ์ในการขาย เพื่อแสดงถึงรูปแบบในการขายของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

กระบวนการผลิตที่ 15 คือกระบวนการทาสีหน้าผ้าเบรก ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำชิ้นงานมาทาสีผ้าเบรกเพื่อแสดงถึงรูปแบบในการขายของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ

กระบวนการผลิตที่ 16 คือกระบวนการยิงรหัสผลิต เป็นขั้นตอนที่นำชิ้นงานมายิงรหัสผลิตเพื่อแสดงถึงวันเดือนปีที่ผลิตของชิ้นงาน

กระบวนการผลิตที่ 17 คือกระบวนการย้อมสีชิ้นงาน เป็นขั้นตอนที่นำสีมาติดเข้ากับตัวชิ้นงาน โดยสีจะเป็นอุปกรณ์ในการเตือนของชิ้นงานที่กำลังจะหมดเมื่อผ่านการใช้งานไปแล้ว

กระบวนการผลิตที่ 18 คือกระบวนการติดอุปกรณ์เสริม เป็นขั้นตอนที่มีการเพิ่มอุปกรณ์เข้าไปติดกับตัวชิ้นงาน เช่น ติดสีเพิ่มเข้าไปในชิ้นงาน เป็นต้น

กระบวนการผลิตที่ 19 คือกระบวนการจัดชุด เป็นขั้นตอนการนำชิ้นงานมาจัดเรียงหรือซ้อนทับกันแล้วนำชิ้นงานใส่ถุงและผ่านเครื่องห่อฟิล์มถุง

กระบวนการผลิตที่ 20 คือกระบวนการบรรจุกล่อง เป็นขั้นตอนที่นำชิ้นงานที่ผ่านการจัดชุดแล้วมาบรรจุลงกล่อง ก่อนที่นำไปเก็บและจำหน่ายต่อไป



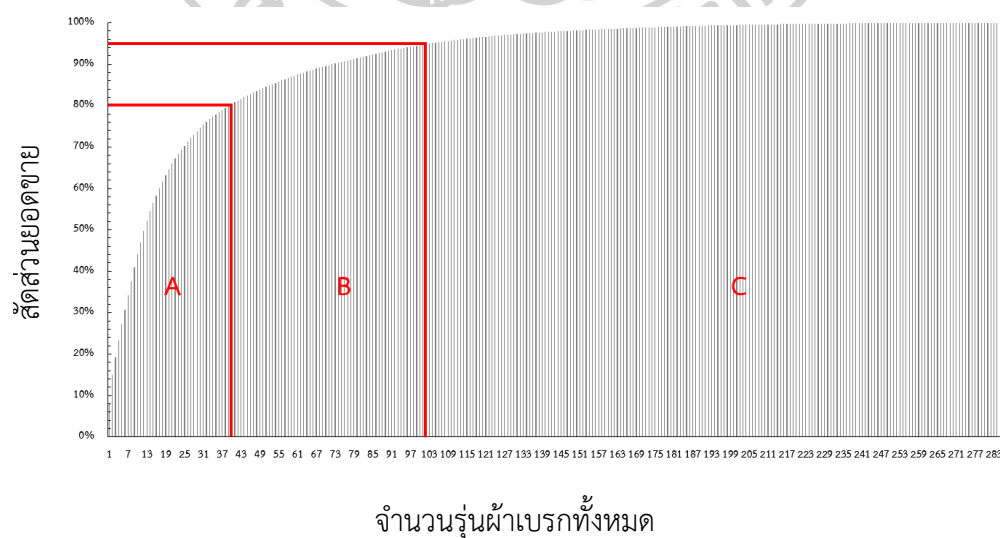


ตารางที่ 3.3 แสดงรูปแบบในการผลิต(ต่อ)

กระบวนการผลิต	ยิงทราย+พ่นขาว	ผสมเคมี	อัดขึ้นรูปเย็น	อัดขึ้นรูปร้อน	อบผ้าเบรก	ฝนตกแต่ง	เผาหน้าผ้าเบรก	พ่นสี+อบสี	ยิงรหัสผลิต	ติด+ยาแผ่นซึม	ยาทิฟผ้าเบรก	ทาสีหน้าผ้าเบรก	ยาตราพรีโม	จัดชุด	บรรจุกล่อง
11	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
12	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
13	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
14	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

### 3.2 การวิเคราะห์แบบ ABC Analysis เพื่อเลือกตัวแทนผลิตภัณฑ์ในการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ในแบบจำลอง

จากข้อมูลผลิตภัณฑ์พบว่า ผ้าเบรกรมมีจำนวนมากกว่า 400 รุ่นทำให้ยากต่อการเก็บข้อมูล ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกตัวอย่างรุ่นผ้าเบรกมาเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ของแบบจำลองโดยอาศัยการวิเคราะห์แบบ ABC Analysis โดยแบ่งกลุ่มของผลิตภัณฑ์ออกเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งข้อมูลที่จะนำมาเป็นปัจจัยในการจัดกลุ่ม คือ จำนวนรุ่นผ้าเบรกและสัดส่วนยอดขายของผลิตภัณฑ์ โดยผลที่ได้จากการจัดกลุ่มนั้นผู้วิจัยเลือกตัวแทนกลุ่มผลิตภัณฑ์กลุ่ม A เนื่องจากมีสัดส่วนยอดขายมากที่สุด 80 % สัดส่วนจำนวนรุ่น 14 % และจำนวนโค้ดในการขาย 28 โค้ด จึงได้ตัวแทนรุ่นผลิตภัณฑ์จำนวน 39 รุ่น มาใช้ในการวิเคราะห์และเก็บข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.4 และตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.4 การจำแนกกลุ่มผลิตภัณฑ์ตามการวิเคราะห์แบบเอบีซี (ABC Analysis)



ตารางที่ 3.5 การวิเคราะห์ตัวแทนรุ่นผ้าเบรกที่ผลิตในแต่ละรูปแบบการผลิต(ต่อ)

กลุ่ม A		รูปแบบการผลิต													
ลำดับ	รุ่น	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
19	D19	/		/	/	/		/		/					
20	D20	/		/	/	/		/		/					
21	D21		/		/		/				/			/	
22	D22	/		/	/	/									
23	D23	/		/	/	/									
24	D24		/				/				/				
25	D25		/				/				/				
26	D26	/	/		/		/	/		/	/				
27	D27	/				/		/	/	/		/			
28	D28	/		/	/	/									
29	D29	/		/	/	/		/		/		/			
30	D30	/		/	/	/		/		/					
31	D31	/		/	/	/									
32	D32	/		/	/	/									
33	D33		/				/				/				
34	D34	/		/	/	/		/		/					
35	D35		/				/				/			/	
36	D36	/		/	/	/						/			
37	D37	/		/	/	/									
38	D38	/		/	/	/									
39	D39	/		/				/	/	/		/			

### 3.3.2 การวิเคราะห์ข้อกำหนดในการผลิต

โดยแต่ละรูปแบบการผลิตจะมีข้อกำหนดที่แตกต่างกันคือ ข้อกำหนดด้านเครื่องจักร และข้อกำหนดด้านกำลังการผลิต ดังต่อไปนี้

#### 3.3.2.1 ข้อกำหนดด้านเครื่องจักร

กระบวนการผลิตในแต่ละกระบวนการมีเครื่องจักรมากกว่า 1 เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต โดยเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถผลิตได้ทุกรุ่นผ้าเบรก หรือรุ่นผ้าเบรกชนิดนั้นได้ถูกกำหนดให้ผลิตเครื่องจักรเครื่องนั้น ดังนั้นผู้วิจัยจะแสดงการวิเคราะห์ตัวแทนผลิตภัณฑ์ที่เลือกและข้อกำหนดของเครื่องจักรที่ผลิตได้ในแต่ละรุ่นผ้าเบรก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์เครื่องจักรที่ผลิตได้ในแต่ละรุ่นผ้าเบรก

การผลิต	ข้อกำหนดของเครื่องจักร																																
	อัตโนมัติพื้นฐาน(A)											อัตโนมัติพร้อม(B)										ผลตกต่าง(C)											
รุ่น	เครื่องจักรลำดับที่																																
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B	18B	19B	20B	21B	22B	1C	2C	3C
D01	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D02	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D03	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D04	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D05	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D06	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D07	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D08	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D09	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D10	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D11	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D12	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D13	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D14	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D15	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D16	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D17	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D18	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D20	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

ตารางที่ 3.6 แสดงการวิเคราะห์เครื่องจักรที่ผลิตได้ในแต่ละรุ่นผ้าเบรก(ต่อ)

การ ผลิต	ข้อกำหนดของเครื่องจักร																ฝนตกแดง(C)													
	อัตโนมัติรุ่นพีเอ็มเอ็น(A)								อัตโนมัติรุ่นพีเอ็มรอน(B)								1C	2C	3C											
รุ่น	เครื่องจักรลำดับที่																													
	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7A	8A	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	10B	11B	12B	13B	14B	15B	16B	17B	18B	19B	20B	21B	22B
D21	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D22	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D23	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D24	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D25	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D26	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D27	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D28	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D29	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D30	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D31	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D32	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D33	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D34	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D35	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D36	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D37	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D38	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
D39	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

### 3.3.2.2 ข้อกำหนดด้านกำลังการผลิต

งานวิจัยฉบับนี้ได้จัดกลุ่มการคำนวณกำลังการผลิตออกเป็น 3 กลุ่ม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลด้านการผลิต ซึ่งแต่ละกลุ่มมีสมการที่ใช้ในการคำนวณ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.7

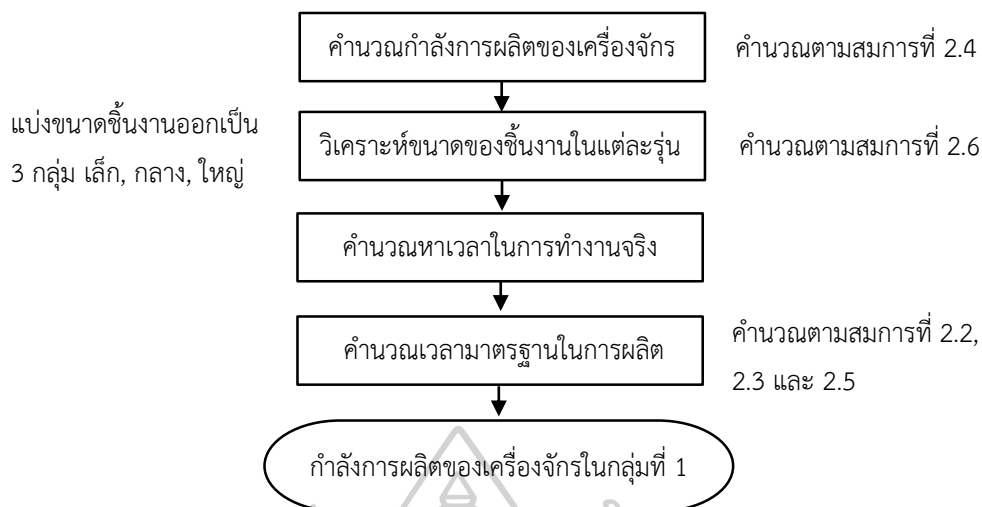
ตารางที่ 3.7 การจัดกลุ่มในการคำนวณกำลังการผลิตและสมการที่ใช้ในการคำนวณ

ลำดับ	ประเภทการผลิต	สมการที่ใช้
1	จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับ <u>ขนาดของชิ้นงานและจำนวนหลุมของแม่พิมพ์</u> โดยเป็นการผลิตแบบกลุ่ม (Batch Production)	สมการที่ (2.2), (2.3), (2.4), (2.5), (2.6)
2	จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับ <u>เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง</u> โดยเป็นการผลิตแบบทีละชิ้น	สมการที่ (2.2), (2.3), (2.4)
3	จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับ <u>เวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานของพนักงาน</u> โดยเป็นการผลิตแบบทีละชิ้น	สมการที่ (2.2), (2.3), (2.4)

ประเภทการผลิตในกลุ่มที่ 1 คือการผลิตแบบกลุ่ม (Batch Production) สามารถแบ่งย่อยออกเป็นอีก 2 กลุ่มคือ จำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงานและจำนวนหลุมของแม่พิมพ์ โดยขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงานมี 5 กระบวนการผลิตดังนี้

1. กระบวนการผสมเคมี
2. กระบวนการยิงทราย+พันกาว
3. กระบวนการอบ
4. กระบวนการพ่นสี+อบสี
5. กระบวนการเผาหน้าผ้าเบรก

ผู้วิจัยจึงสรุปขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตของกระบวนการผลิตในกลุ่มที่ 1(1) ดังแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตในกลุ่มที่ 1(1)

ในการผลิตแต่ละครั้งจะได้จำนวนชิ้นงานที่ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงาน ทำให้ยากต่อการคำนวณกำลังการผลิต ผู้วิจัยจึงแบ่งกลุ่มขนาดออกเป็น 3 กลุ่มตามตารางที่ 3.8 เพื่อใช้ศึกษาเวลาในการผลิตชิ้นงานและใช้ค่าเฉลี่ยของจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.8 การจัดกลุ่มขนาดของชิ้นงาน

กลุ่มของชิ้นงาน	ชิ้นงานขนาดเล็ก (S)	ชิ้นงานขนาดกลาง (M)	ชิ้นงานขนาดใหญ่ (L)
ค่าช่วงความกว้างของชิ้นงาน	30-50 mm.	50-65 mm	65-90 mm.
ค่าช่วงความยาวของชิ้นงาน	50-90 mm.	90-130 mm.	130-210 mm.

ตารางที่ 3.9 ค่าเฉลี่ยของจำนวนชิ้นงานในแต่ละกลุ่ม

กระบวนการผลิต	ค่าเฉลี่ยจำนวนชิ้นงาน กลุ่มขนาดเล็ก (S)	ค่าเฉลี่ยจำนวนชิ้นงาน กลุ่มขนาดกลาง (M)	ค่าเฉลี่ยจำนวนชิ้นงาน กลุ่มขนาดใหญ่ (L)
กระบวนการพ่นสี+อบสี	16 ชิ้น/แถว	14 ชิ้น/แถว	12 ชิ้น/แถว
กระบวนการเผาหน้าผ้าเบรก	3 ชิ้น/แถว	3 ชิ้น/แถว	2 ชิ้น/แถว
กระบวนการยิงทราย+พ่นขาว	50 ชิ้น/ถาดเหล็ก	34 ชิ้น/ถาดเหล็ก	23 ชิ้น/ถาดเหล็ก
กระบวนการอบ	55 ชิ้น/ถาดเหล็ก	45 ชิ้น/ถาดเหล็ก	24 ชิ้น/ถาดเหล็ก
กระบวนการผสมเคมี	300 ชิ้น/ไม้	250 ชิ้น/ไม้	180 ชิ้น/ไม้

หลังจากได้จำนวนชิ้นงานเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มขนาดแล้วผู้วิจัยจึงศึกษาเวลาในการทำงานจริงของพนักงานในแต่ละวันและเวลาในการผลิตชิ้นงานในแต่ละกลุ่มขนาด โดยผู้วิจัยใช้นาฬิกาจับเวลาและใช้กล้องถ่ายวิดีโอในการเก็บข้อมูลซึ่งจำนวนชุดข้อมูลที่เหมาะสมจะใช้ตามตาราง

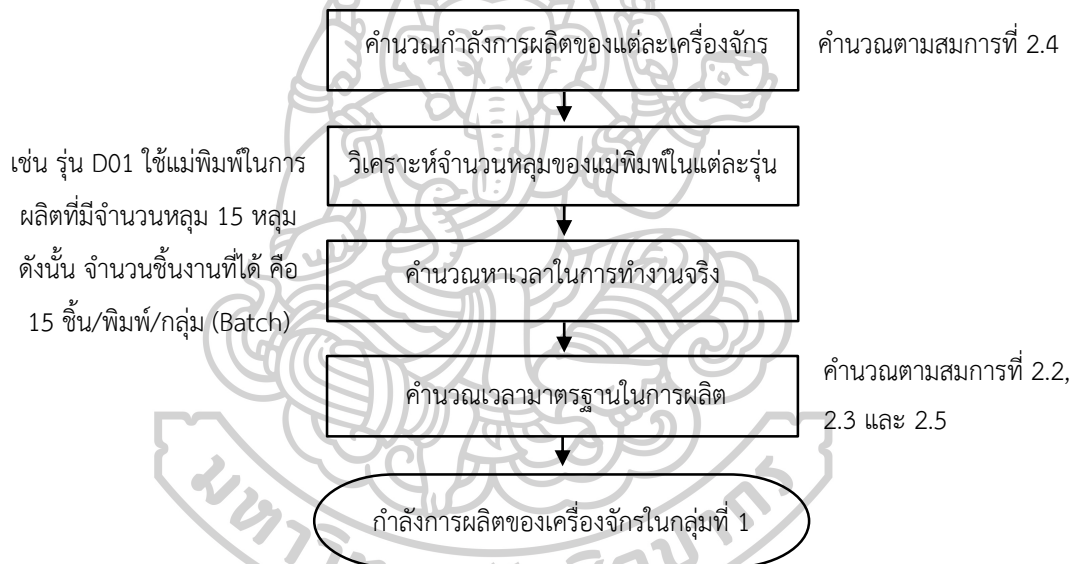


ที่ 2.2 ดังที่แสดงไว้ในบทที่ 2 โดยตัวอย่างในการจับเวลา เช่น กระบวนการยิงทราย+พ่นกาว จับเวลา จำนวน 30 ชุดข้อมูลในทุก ๆ กลุ่มขนาด เพื่อหาเวลามาตรฐานในการผลิตชิ้นงาน เมื่อได้เวลา มาตรฐานแล้วจึงนำมาคำนวณกำลังการผลิตตามสมการที่กล่าวไว้

ประเภทการผลิตในกลุ่มที่ 1 คือการผลิตแบบกลุ่ม (Batch Production) โดยจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับจำนวนหลุมของแม่พิมพ์ในแต่ละรุ่นผลิต มี 2 กระบวนการผลิตดังนี้

1. กระบวนการอัดขึ้นรูปเย็น
2. กระบวนการอัดขึ้นรูปร้อน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสรุปขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตของกระบวนการผลิต ในกลุ่มที่ 1(2) ดังแสดงในรูปที่ 3.6



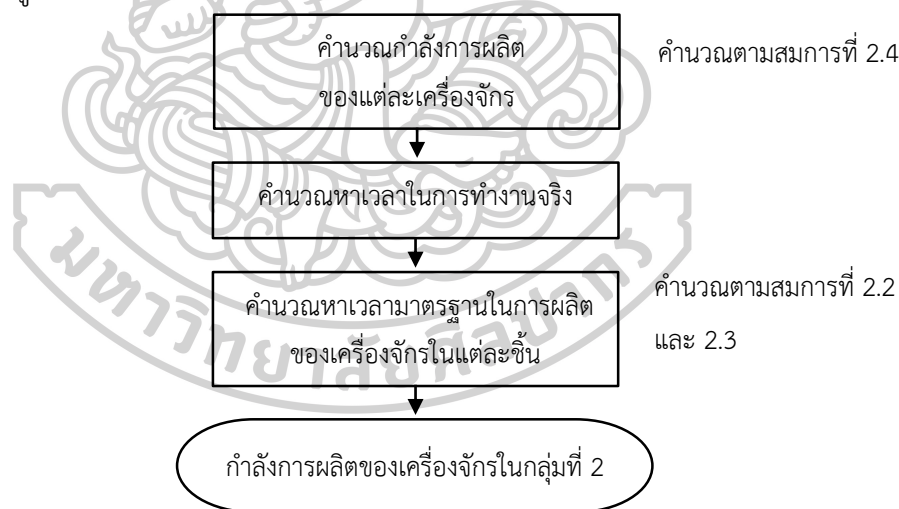
รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตในกลุ่มที่ 1(2)

ในการผลิตของกลุ่มนี้จำนวนหลุมของแม่พิมพ์จะบ่งบอกถึงจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ในแต่ละพิมพ์ ซึ่งในแต่ละรุ่นการผลิตจะใช้แม่พิมพ์ที่มีจำนวนหลุมแตกต่างกันตั้งแต่ 2 หลุม จนถึง 24 หลุม ดังนั้นจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้ในแต่ละกลุ่มจึงไม่เท่ากัน การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจึงต้องศึกษาจำนวนหลุมของแม่พิมพ์แต่ละรุ่น หลังจากนั้นจึงทำการคำนวณเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการผลิตในแต่ละพิมพ์จากการไปจับเวลาในการผลิตจริง แล้วนำเวลาที่จับได้มาคำนวณเวลามาตรฐานในการผลิต และขั้นตอนสุดท้ายนำเวลาที่ได้นั้นมาหากำลังการผลิตที่เครื่องจักรสามารถผลิตได้ในแต่ละวันต่อไป

ประเภทการผลิตในกลุ่มที่ 2 คือการผลิตแบบทีละชิ้น โดยจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ซึ่งมี 8 กระบวนการผลิตดังนี้

1. กระบวนการฝนตกแต่งเครื่องฝนอัตโนมัติ
2. กระบวนการฝนเครื่องฝน Manual
3. กระบวนการผ่าร่อง-ปาดข้างเครื่องฝน Manual
4. กระบวนการยิงรหัสผลิต
5. กระบวนการย้ากัฟ
6. กระบวนการย้าแผ่นซึม
7. กระบวนการย้าตราพีโม
8. กระบวนการทาสีหน้าผ้าเบรก

ผู้วิจัยจึงสรุปขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตของกระบวนการผลิตในกลุ่มที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 3.7



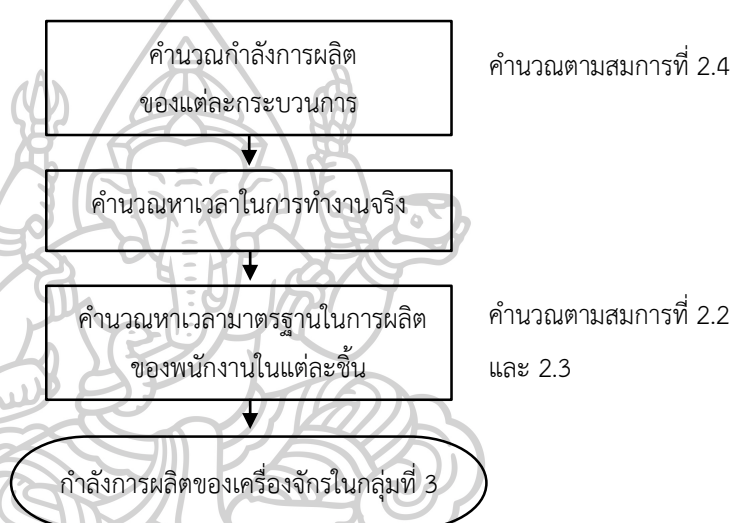
รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตในกลุ่มที่ 2

การคำนวณกำลังการผลิตจะคำนวณได้จากสมการที่ 2.4 ซึ่งเริ่มจากการคำนวณหาเวลาในการทำงานจริงก่อน ซึ่งเกิดจากเวลาที่หมดลงด้วยเวลาพักของพนักงานแล้วจะเหลือเวลาในการผลิตจริงที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานของแต่ละเครื่องจักร หลังจากนั้นทำการจับเวลาเฉลี่ยในการผลิตชิ้นงานบวกกับเวลาเฉลี่ยในการติดตั้งเครื่องจักรแต่ละชิ้นของแต่ละรุ่นการผลิต และสุดท้ายนำเวลามาตรฐานที่ได้นั้นมาคำนวณหา กำลังการผลิตที่เครื่องจักรสามารถผลิตได้ในแต่ละวัน

ประเภทการผลิตในกลุ่มที่ 3 คือการผลิตแบบทีละชิ้น โดยจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับเวลาในการผลิตของพนักงาน ซึ่งมี 3 กระบวนการผลิตดังนี้

1. กระบวนการติดแผ่นซีม
2. กระบวนการจัดชุดและใส่ถุง
3. กระบวนการบรรจุกล่อง

ดังนั้นจึงสรุปขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตของกระบวนการผลิตในกลุ่มที่ 3 ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการคำนวณกำลังการผลิตในกลุ่มที่ 3

กระบวนการผลิตที่อยู่ในกลุ่มนี้เป็นกระบวนการที่ไม่ใช้เครื่องจักรในการผลิต ดังนั้นจำนวนชิ้นงานที่ผลิตได้จะขึ้นอยู่กับเวลาในการผลิตของพนักงานโดยตรง ทำให้ในการจับเวลาจริงของการผลิตชิ้นงานจึงต้องมีความถี่ของจำนวนชุดข้อมูลที่เหมาะสม เช่น กระบวนการบรรจุกล่อง จะต้องจับเวลาจำนวน 30 ชุดข้อมูล เพื่อนำมาคำนวณเวลาเฉลี่ยในการทำงานของพนักงาน และคูณกับค่าประเมินความเร็วของพนักงาน เมื่อพิจารณาความเร็วและท่าทางการทำงานของพนักงานแล้วพบว่า พนักงานทำงานด้วยความเร็วมากกว่าปกติ 20% จึงเลือกใช้ค่าประเมินความเร็วที่ 120% ดังนั้น เวลาปกติที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานจะเป็น เวลาปกติ = เวลาเฉลี่ย  $\times$  120%

การหาค่าเผื่อ พบว่าจากการจับเวลาการทำงาน of พนักงาน เป็นเพียงเวลาการทำงานเพียงอย่างเดียว แต่ในการทำงานจริงมักมีการหยุดพักต่าง ๆ เช่น การหยุดพักจากความเมื่อยล้า การหยุดพักจากการทำกิจกรรมส่วนตัว เป็นต้น ทำให้มีการคิดเวลาเผื่อ สำหรับ

กิจกรรมส่วนตัวคือ 5% และเวลาเพื่อความเมื่อยล้าจากการทำงาน 4% รวมทั้งสิ้น 9% ดังนั้น เวลามาตรฐานในการผลิตชิ้นงานต่อชิ้นนั้นจะเป็นเวลาปกติบวกกับเวลาเผื่อจากการทำงานด้วย

สุดท้ายนำเวลามาตรฐานที่คำนวณได้นั้นมาคำนวณหาค่าลังการผลิตของแต่ละกระบวนการผลิตต่อไป

### 3.4 การวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตเพื่อนำปัจจัยมาใช้ในแบบจำลอง

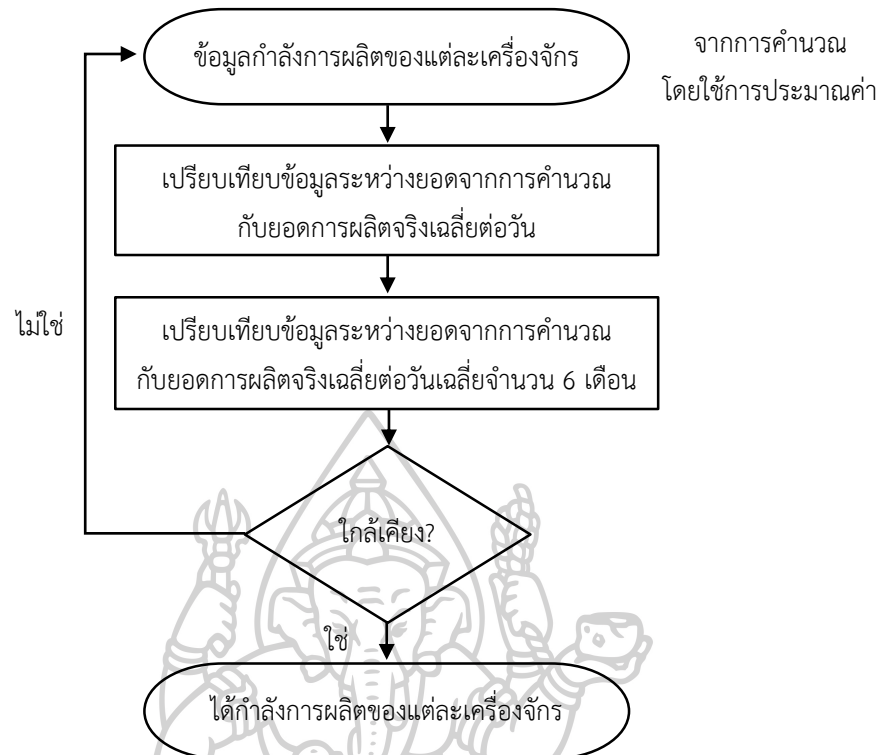
จากการเก็บข้อมูลผลิตภัณฑ์และข้อมูลการผลิต พบว่า มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์อัตราการไหลและมีบางปัจจัยที่ทำให้การคำนวณในแบบจำลองทำได้ยาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงลดปัจจัยบางปัจจัย (Relax) เพื่อลดความซับซ้อนและสามารถวิเคราะห์ต่อไปได้ แสดงในตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 สรุปปัจจัยที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ในแบบจำลอง

ปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์	ปัจจัยที่ คำนึง	ปัจจัยที่ผ่อน ปรน(Relax)
1. กระบวนการผลิตผ้าเบรก	/	
2. รูปแบบการผลิตผ้าเบรก	/	
3. เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต	/	
4. การเลือกตัวแทนผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการคำนวณในแบบจำลอง		/
5. รวมเครื่องจักรในบางกระบวนการผลิตให้เป็นเครื่องจักรเดียวกัน (4 กระบวนการ)		/
6. ใช้จำนวนชิ้นงานเฉลี่ยต่อแบตช์ในการคำนวณค่าลังการผลิตของเครื่องจักรกรณีที่เครื่องจักรมีการผลิตชิ้นงานต่อแบตช์ได้ไม่เท่ากันทุกแบตช์		/
7. ใช้จำนวนครั้งเฉลี่ยในการติดตั้งเครื่องจักรของการผลิตแบบแบตช์ในการคำนวณค่าลังการผลิต กรณีที่จำนวนครั้งในการติดตั้งเครื่องจักรในแต่ละวันไม่เท่ากัน		/
8. ใช้จำนวนหลุมของแม่พิมพ์เฉลี่ยในการคำนวณค่าลังการผลิต		/
9. แบบจำลองไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบที่เกิดจากเครื่องจักรเสีย		/

#### 3.4.1 การพิสูจน์คำตอบการคำนวณค่าลังการผลิต

หลังจากที่แบบจำลองมีการลดปัจจัยบางปัจจัย ส่งผลให้ข้อมูลในแบบจำลองเกิดจากการประมาณค่า (Approximation) ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยนำค่าจากการคำนวณในโปรแกรมมาเปรียบเทียบกับยอดการผลิตชิ้นงานจริงเฉลี่ยต่อวันและยอดการผลิตรวมต่อเดือน เมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูลแล้วพบว่า ข้อมูลมีค่าใกล้เคียงกัน หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงสามารถใช้ข้อมูลจากการประมาณค่ามาใช้คำนวณในโปรแกรมต่อไปได้ โดยอธิบายขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.9



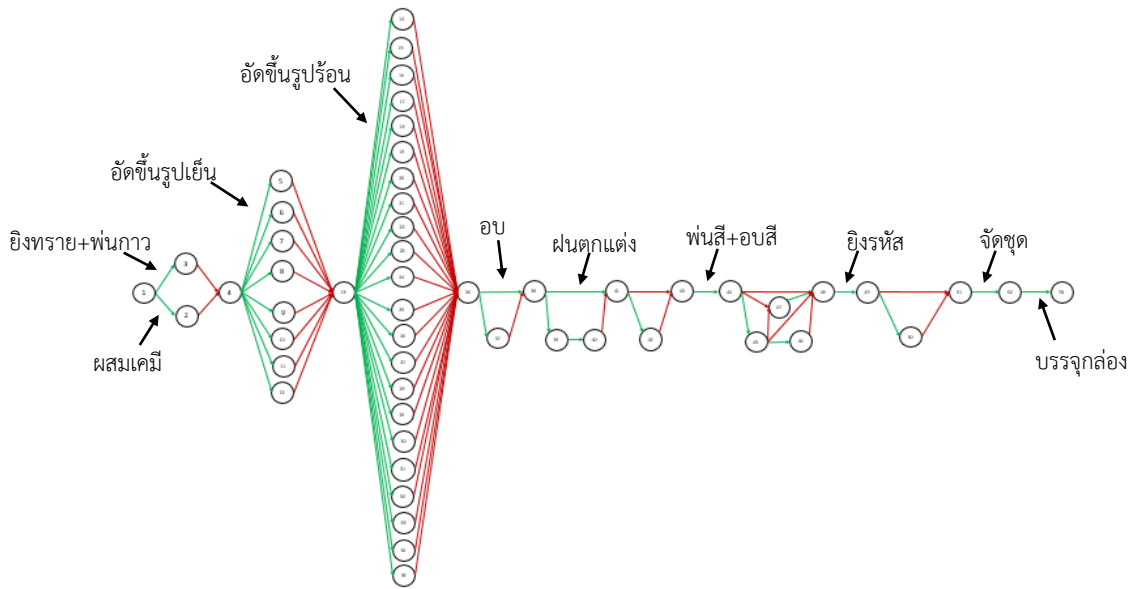
รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดจากการประมาณค่า

### 3.5 การสร้างแบบจำลองข้อมูลการไหลในข่ายงาน

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลโดยการแปลงรูปแบบการผลิตให้เป็นข่ายงานเพื่อแสดงให้เห็นถึงความซับซ้อนของกระบวนการผลิต

- กำหนดให้
1. โหนด S (source) แทนโหนดต้นทางเป็นจุดเริ่มต้นของการผลิต
  2. โหนด T (sink) แทนโหนดปลายทางเป็นจุดสุดท้ายของการผลิต
  3. โหนด U, V (node) แทนจุดเชื่อมต่อระหว่างกระบวนการผลิต
  4. ความจุ (capacity) แทนกำลังการผลิตของเครื่องจักร
  5. กิ่ง (arc & path) แทนเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการผลิต (เส้นสีเขียว)
  6. เส้นสมมติ (Dummy path) แทนกิ่งที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการคำนวณ (เส้นสีแดง)
  7. ลูกศรบนกิ่งแทนทิศทางการผลิตแต่ละกระบวนการผลิต

กิ่งสมมติที่สร้างขึ้นมานั้นเพื่อให้สามารถคำนวณอัตราการไหลในแบบจำลองได้ โดยความจุของเส้นสมมติจะมีค่าเท่ากับหรือมากกว่ากำลังการผลิตของเครื่องจักรที่เชื่อมต่อกันก็ได้ อย่างไรก็ตามการสรุปผลจะไม่นำเส้นสมมติมาวิเคราะห์แต่จะนำกิ่งที่เป็นตัวแทนของเครื่องจักรมาวิเคราะห์เท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.10 และในตารางที่ 3.11



รูปที่ 3.10 การแปลงรูปแบบการผลิตให้เป็นข่ายงาน

ตารางที่ 3.11 แสดงการแปลงเส้นทางการผลิตของแบบจำลอง

จาก	ถึง	ชื่อเครื่องจักร	จาก	ถึง	ชื่อเครื่องจักร	จาก	ถึง	ชื่อเครื่องจักร
1	2	อิงทราย+พ่นขาว	13	24	อัดขึ้นรูปร้อน11	32	36	เส้นสมมติ
1	3	ผสมเคมี	13	25	อัดขึ้นรูปร้อน12	33	36	เส้นสมมติ
2	4	เส้นสมมติ	13	26	อัดขึ้นรูปร้อน13	34	36	เส้นสมมติ
3	4	เส้นสมมติ	13	27	อัดขึ้นรูปร้อน14	35	36	เส้นสมมติ
4	5	อัดขึ้นรูปเย็น1	13	28	อัดขึ้นรูปร้อน15	36	37	อบ1
4	6	อัดขึ้นรูปเย็น2	13	29	อัดขึ้นรูปร้อน16	36	38	อบ2
4	7	อัดขึ้นรูปเย็น3	13	30	อัดขึ้นรูปร้อน17	37	38	เส้นสมมติ
4	8	อัดขึ้นรูปเย็น4	13	31	อัดขึ้นรูปร้อน18	38	39	ฝน1
4	9	อัดขึ้นรูปเย็น5	13	32	อัดขึ้นรูปร้อน19	38	41	ฝนอัตโนมัติ
4	10	อัดขึ้นรูปเย็น6	13	33	อัดขึ้นรูปร้อน20	39	40	ฝน2
4	11	อัดขึ้นรูปเย็น7	13	34	อัดขึ้นรูปร้อน21	40	41	เส้นสมมติ
4	12	อัดขึ้นรูปเย็น8	13	35	อัดขึ้นรูปร้อน22	41	42	เผาหน้าผ้าเบรก
5	13	เส้นสมมติ	14	36	เส้นสมมติ	41	43	เส้นสมมติ
6	13	เส้นสมมติ	15	36	เส้นสมมติ	42	43	เส้นสมมติ
7	13	เส้นสมมติ	16	36	เส้นสมมติ	43	44	พ่นสี+อบสี
8	13	เส้นสมมติ	17	36	เส้นสมมติ	44	45	ติด+ย่ำแผ่นซึม

ตารางที่ 3.11 แสดงการแปลงเส้นทางการผลิตของแบบจำลอง(ต่อ)

จาก	ถึง	ชื่อเครื่องจักร	จาก	ถึง	ชื่อเครื่องจักร	จาก	ถึง	ชื่อเครื่องจักร
9	13	เส้นสมมติ	18	36	เส้นสมมติ	44	47	เส้นสมมติ
10	13	เส้นสมมติ	19	36	เส้นสมมติ	44	48	เส้นสมมติ
11	13	เส้นสมมติ	20	36	เส้นสมมติ	45	46	ปั๊มตราพีโม่
12	13	เส้นสมมติ	21	36	เส้นสมมติ	45	47	เส้นสมมติ
13	14	อัดขึ้นรูปร้อน1	22	36	เส้นสมมติ	45	48	เส้นสมมติ
13	15	อัดขึ้นรูปร้อน2	23	36	เส้นสมมติ	46	48	เส้นสมมติ
13	16	อัดขึ้นรูปร้อน3	24	36	เส้นสมมติ	47	48	ทาสีหน้าผ้าเบรก
13	17	อัดขึ้นรูปร้อน4	25	36	เส้นสมมติ	48	49	ยิงรหัสผลิต
13	18	อัดขึ้นรูปร้อน5	26	36	เส้นสมมติ	49	50	ย่ำกั๊ฟผ้าเบรก
13	19	อัดขึ้นรูปร้อน6	27	36	เส้นสมมติ	49	51	เส้นสมมติ
13	20	อัดขึ้นรูปร้อน7	28	36	เส้นสมมติ	50	51	เส้นสมมติ
13	21	อัดขึ้นรูปร้อน8	29	36	เส้นสมมติ	51	52	จัดชุด
13	22	อัดขึ้นรูปร้อน9	30	36	เส้นสมมติ	52	53	บรรจุกล่อง
13	23	อัดขึ้นรูปร้อน10	31	36	เส้นสมมติ			

### 3.6 การประยุกต์ใช้โปรแกรม VBA มาใช้ในการวิเคราะห์หาคำตอบ

งานวิจัยฉบับนี้ประยุกต์ใช้ Visual Basic for Application บน Microsoft Excel โดยเขียนโปรแกรมจากการใช้ Labeling algorithm และ Generic augmenting path algorithm เพื่อคำนวณหาอัตราการผลิตสูงสุดของระบบในข่ายงาน แล้วจึงเขียนโปรแกรมเพื่อแสดงผลการวิเคราะห์

## บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลการวิจัยประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ผลการพิสูจน์คำตอบการคำนวณกำลังการผลิต และผลจากการจำลองเส้นทางการผลิตจริง มีดังต่อไปนี้

### 4.1 ผลการพิสูจน์คำตอบการคำนวณกำลังการผลิต

ผลการเปรียบเทียบข้อมูลสัดส่วนผลต่างระหว่างยอดการผลิตจริงกับยอดการผลิตจากการประมาณค่าที่ใช้คำนวณในโปรแกรม โดยใช้ข้อมูลตัวแทนรุ่นผลิตภัณฑ์ที่ศึกษาจำนวน 39 รุ่นมาวิเคราะห์ ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบจะเป็นข้อมูลยอดการผลิตเฉลี่ยต่อวันและยอดการผลิตเฉลี่ยทั้งหมด 6 เดือน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบข้อมูลสัดส่วนระหว่างยอดการผลิตจริงกับยอดจากการประมาณค่า

เดือน	ยอดการผลิตจริง (ชิ้น/เดือน)	ยอดการผลิตจริงเฉลี่ย (ชิ้น/วัน)	ยอดการผลิตจากการ ประมาณค่า (ชิ้น/วัน)	สัดส่วนผลต่าง
มกราคม	461,372	18,455	19,427	5%
กุมภาพันธ์	446,772	20,308	19,184	-6%
มีนาคม	465,364	17,899	19,128	7%
เมษายน	349,040	15,865	19,426	22%
พฤษภาคม	409,724	17,072	19,096	12%
มิถุนายน	414,872	17,286	19,301	12%
ค่าเฉลี่ย	424,524	17,812	19,256	8%
		ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD)		8.9

จากตารางพบว่า ผลจากการประมาณค่าให้คำตอบที่มากกว่ายอดการผลิตจริงโดยมีค่าเฉลี่ยผลต่างที่ 8% และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานคือ 8.9 เนื่องจากในการผลิตจริงของเดือนกุมภาพันธ์มีการเพิ่มชั่วโมงนอกเวลา(OT) ให้กับพนักงานทำให้ยอดการผลิตเพิ่มขึ้น ส่วนในเดือนเมษายนมีเครื่องจักรอัปเดตขึ้นรูปร้อนเสียซึ่งอยู่ในระหว่างการซ่อมจึงส่งผลทำให้ยอดการผลิตจริงลดลง แต่ทั้งนี้แบบจำลองสามารถคำนวณและวิเคราะห์ข้อมูลได้ ผู้วิจัยจึงสามารถนำข้อมูลจากการประมาณค่ามาใช้วิเคราะห์ต่อไป

### 4.2 ผลจากการจำลองเส้นทางการผลิตจริง

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลการจำลองเส้นทางการผลิตจริงโดยแบ่งออกเป็น 3 กรณี ดังนี้



#### 4.2.1 ผลจากการใช้ตัวแทนรุ่นผลิตภัณฑ์จำนวน 1 รุ่นโดยคำนึงถึงข้อจำกัดด้านเครื่องจักร

หากบริษัทต้องการผลิตรุ่นตัวแทนผลิตภัณฑ์ที่มีการผลิตมากที่สุดจำนวน 1 รุ่น โดยคำนึงถึงข้อจำกัดด้านเครื่องจักร เช่น เครื่องจักรที่ไม่สามารถผลิตรุ่นตัวแทนได้จะแทนกำลังการผลิตด้วย 0 ผลการทดลองพบว่า บริษัทจะสามารถผลิตด้วยอัตราการใช้สูงสุดของระบบ คือ 19,500 ชิ้น/วัน โดยผลการคำนวณจากโปรแกรม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการหาอัตราการใช้สูงสุดที่ได้จากโปรแกรมของตัวแทนรุ่นผลิตภัณฑ์

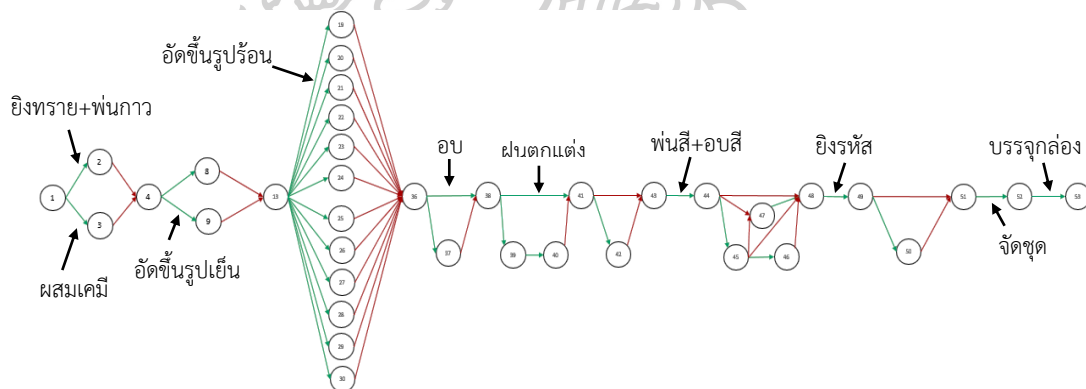
ชื่อเครื่องจักร	กำลังการผลิต	ทำการผลิต	คงเหลือ	ชื่อเครื่องจักร	กำลังการผลิต	ทำการผลิต	คงเหลือ
ยิงทราย+พ่นขาว	30390	19500	10890	อัดขึ้นรูปร้อน14	1950	1950	0
ผสมเคมี	32400	19500	12900	อัดขึ้นรูปร้อน15	1950	1950	0
อัดขึ้นรูปเย็น1	3580	0	3580	อัดขึ้นรูปร้อน16	1950	1950	0
อัดขึ้นรูปเย็น2	3390	590	2800	อัดขึ้นรูปร้อน17	1950	1950	0
อัดขึ้นรูปเย็น3	3390	3390	0	อัดขึ้นรูปร้อน18	1950	1950	0
อัดขึ้นรูปเย็น4	3390	3390	0	อัดขึ้นรูปร้อน19	1950	1950	0
อัดขึ้นรูปเย็น5	3390	3390	0	อัดขึ้นรูปร้อน20	1950	1950	0
อัดขึ้นรูปเย็น6	3390	3390	0	อัดขึ้นรูปร้อน21	1950	1950	0
อัดขึ้นรูปเย็น7	3390	3390	0	อัดขึ้นรูปร้อน22	1950	1950	0
อัดขึ้นรูปเย็น8	1960	1960	0	อบ1	17280	2220	15060
อัดขึ้นรูปร้อน1	560	0	560	อบ2	17280	17280	0
อัดขึ้นรูปร้อน2	560	0	560	ฝน1	14640	0	14640
อัดขึ้นรูปร้อน3	560	0	560	ฝนอัตโนมัติ	22000	19500	2500
อัดขึ้นรูปร้อน4	560	0	560	ฝน2	10000	0	10000
อัดขึ้นรูปร้อน5	560	0	560	เผาหน้าผ้าเบรก	17890	0	17890
อัดขึ้นรูปร้อน6	560	0	560	พ่นสี+อบสี	33367	19500	13867
อัดขึ้นรูปร้อน7	1950	0	1950	ติด+ย่ำแผ่นซึม	10672	0	10672
อัดขึ้นรูปร้อน8	1950	0	1950	ปั๊มตราพีโม	7229	0	7229
อัดขึ้นรูปร้อน9	1950	0	1950	ทาสีหน้าผ้า	36857	0	36857
อัดขึ้นรูปร้อน10	1950	0	1950	ยิงรหัสผลิต	56842	19500	37342
อัดขึ้นรูปร้อน11	1950	0	1950	ย่ำกึ่งผ้าเบรก	52812	0	52812
อัดขึ้นรูปร้อน12	1950	0	1950	จัดชุด	31556	19500	12056
อัดขึ้นรูปร้อน13	1950	1950	0	บรรจุกล่อง	44751	19500	25251

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่ายังมีกำลังการผลิตคงเหลือของเครื่องจักรอื่นๆด้วย ทำให้มีเส้นทางการผลิตเส้นทางอื่นที่ยังสามารถทำการผลิตได้ โดยผู้วิจัยสรุปผลกำลังการผลิตคงเหลือในแต่ละกระบวนการจากการใช้ตัวแทนรุ่นในการวิเคราะห์ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และแปลงเส้นทางการผลิตคงเหลือนั้นให้เป็นข่ายงานเพื่อให้เห็นถึงเส้นทางที่เหลือ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.3 สรุปผลกำลังการผลิตคงเหลือในแต่ละกระบวนการจากการใช้ตัวแทนรุ่น

ชื่อกระบวนการ	คงเหลือ (ชิ้น/วัน)	%คงเหลือจากอัตราการไหลสูงสุด	ชื่อกระบวนการ	คงเหลือ (ชิ้น/วัน)	%คงเหลือจากอัตราการไหลสูงสุด
ยิงทราย+พ่นกาว	10890	56%	ฝนอโต้	2500	13%
ผสมเคมี	12900	66%	ฝน2	10000	51%
อัดขึ้นรูปเย็น	6380	33%	พ่นสี+อบสี	13867	71%
อัดขึ้นรูปร้อน	15060	77%	ยิงรหัสผลิต	37342	191%
อบ	15060	77%	จัดชุด	12056	62%
ฝน1	14640	75%	บรรจุกล่อง	25251	129%

**อัตราการไหลสูงสุดคือ 19,500 ชิ้น/วัน**



รูปที่ 4.1 เส้นทางการผลิตที่มีความจุคงเหลือจากการใช้ตัวแทนรุ่น

#### 4.2.2 ผลจากการประมาณค่าอัตราการไหลสูงสุดโดยทำการผลิตทุกเครื่องจักร

หากบริษัทต้องการทำการผลิตทุกเครื่องจักรและใช้กำลังการผลิตของเครื่องจักรให้เต็มประสิทธิภาพมากที่สุดจากการใช้ข้อมูลการประมาณค่าในการคำนวณกำลังการผลิต ผลจากการทดลองของเส้นทางการผลิตคงเหลือจากกรณีที่ 1 พบว่า มีอัตราการไหลสูงสุดของระบบเพิ่มขึ้นอีก 6,380 ชิ้น/วัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 ทำให้มีอัตราการไหลสูงสุดของระบบเป็น 25,880 ชิ้น/วัน

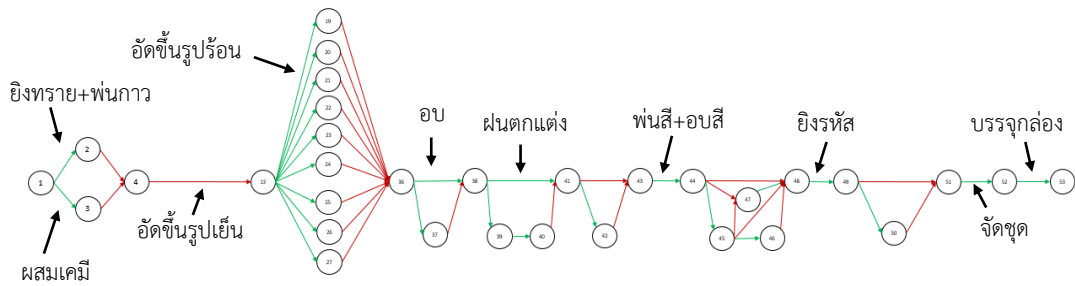
ตารางที่ 4.4 ผลจากการประมาณค่าที่ได้จากโปรแกรมโดยทำการผลิตทุกเครื่องจักร

ชื่อเครื่องจักร	กำลังการผลิต	ทำการผลิต	คงเหลือ	ชื่อเครื่องจักร	กำลังการผลิต	ทำการผลิต	คงเหลือ
ยิงทราย+พ่นกาว	10890	6380	4510	อัดขึ้นรูปร้อน12	1950	1950	0
ผสมเคมี	12900	6380	6520	อบ1	15060	6380	8680
อัดขึ้นรูปเย็น1	3580	3580	0	ฝน1	14640	6380	8260
อัดขึ้นรูปเย็น2	2800	2800	0	ฝนอัตโนมัติ	2500	2500	0
อัดขึ้นรูปร้อน1	560	0	560	ฝน2	10000	6380	3620
อัดขึ้นรูปร้อน2	560	0	560	เผาหน้าผ้าเบรก	17890	0	17890
อัดขึ้นรูปร้อน3	560	0	560	พ่นสี+อบสี	13867	6380	7487
อัดขึ้นรูปร้อน4	560	0	560	ติด+ย้อมแผ่นซีม	10672	0	10672
อัดขึ้นรูปร้อน5	560	0	560	ปั๊มตราพรีโม	7229	0	7229
อัดขึ้นรูปร้อน6	560	0	560	ทาสีหน้าผ้า	36857	0	36857
อัดขึ้นรูปร้อน7	1950	0	1950	ยิงรหัสผลิต	37342	6380	30962
อัดขึ้นรูปร้อน8	1950	0	1950	ย้อมสีผ้าเบรก	52812	0	52812
อัดขึ้นรูปร้อน9	1950	530	1420	จัดชุด	12056	6380	5676
อัดขึ้นรูปร้อน10	1950	1950	0	บรรจุกล่อง	25251	6380	18871
อัดขึ้นรูปร้อน11	1950	1950	0	อัตราการไหลสูงสุดคือ <b>6,380 ชิ้น/วัน</b>			

จากตารางพบว่า กระบวนการอัดขึ้นรูปเย็นไม่มีกำลังการผลิตคงเหลือ แต่ยังมีกำลังการผลิตคงเหลือของเครื่องจักรอื่นๆอยู่ โดยสรุปกำลังการผลิตคงเหลือในแต่ละกระบวนการ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.5 และแปลงเส้นทางการผลิตคงเหลือให้เป็นขำยงานเพื่อให้เห็นถึงเส้นทางที่เหลือ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.2

ตารางที่ 4.5 สรุปผลกำลังการผลิตคงเหลือในแต่ละกระบวนการโดยทำการผลิตทุกเครื่องจักร

ชื่อกระบวนการ	คงเหลือ (ชิ้น/วัน)	%คงเหลือจากอัตราการไหลสูงสุด	ชื่อกระบวนการ	คงเหลือ (ชิ้น/วัน)	%คงเหลือจากอัตราการไหลสูงสุด
ยิงทราย+พ่นกาว	4510	17%	ฝน2	3620	14%
ผสมเคมี	6520	25%	พ่นสี+อบสี	7487	29%
อัดขึ้นรูปเย็น	0	0%	ยิงรหัสผลิต	30962	120%
อัดขึ้นรูปร้อน	8680	34%	จัดชุด	5676	22%
อบ	8680	34%	บรรจุกล่อง	18871	73%
ฝน1	8260	32%	อัตราการไหลรวมสูงสุดคือ <b>25,880 ชิ้น/วัน</b>		



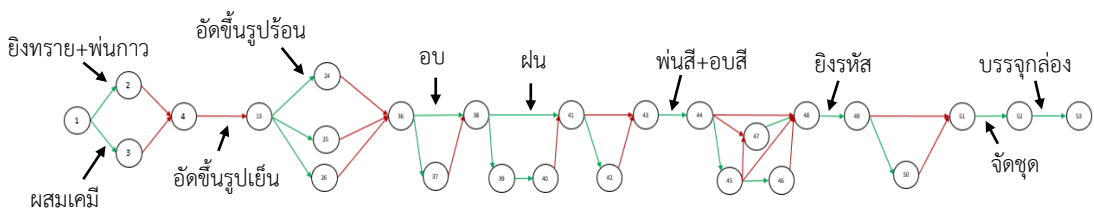
รูปที่ 4.2 เส้นทางการผลิตที่มีความจุคงเหลือจากการผลิตทุกเครื่องจักร

### 4.2.3 ผลจากการประมาณค่าอัตราการไหลสูงสุดกรณีเพิ่มเครื่องจักร

จากตารางสรุปที่ 4.5 จะเห็นว่ากระบวนการอัดขึ้นรูปเย็นไม่มีกำลังการผลิตคงเหลือ ดังนั้นหากบริษัทต้องการเพิ่มอัตราการไหลของระบบโดยการเพิ่มเครื่องจักรอัดขึ้นรูปเย็น 1 เครื่องจักร บริษัทสามารถมีอัตราการไหลที่เพิ่มขึ้นคือ 3,390 ชิ้น/วัน ทำให้มีอัตราการไหลสูงสุดของระบบรวมเป็น 29,270 ชิ้น/วัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.6 และแปลงเส้นทางการผลิตคงเหลือให้เป็นอย่างงานเพื่อให้เห็นถึงเส้นทางที่เหลือ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.6 สรุปผลกำลังการผลิตคงเหลือในแต่ละกระบวนการจากการเพิ่มเครื่องจักร

ชื่อกระบวนการ	คงเหลือ (ชิ้น/วัน)	%คงเหลือจากอัตราการไหลสูงสุด	ชื่อกระบวนการ	คงเหลือ (ชิ้น/วัน)	%คงเหลือจากอัตราการไหลสูงสุด
อิงทราย+พนักาว	1120	4%	ผน2	230	1%
ผสมเคมี	3130	11%	พ่นสี+อบสี	4097	14%
อัดขึ้นรูปเย็น	0	0%	ยิงรหัสผลิต	27572	94%
อัดขึ้นรูปร้อน	5290	18%	จัดชุด	2286	8%
อบ	5290	18%	บรรจุกล่อง	15481	53%
ผน1	4870	17%	<b>อัตราการไหลรวมสูงสุดคือ 29,270 ชิ้น/วัน</b>		



รูปที่ 4.3 เส้นทางการผลิตที่มีความจุคงเหลือกรณีเพิ่มเครื่องจักร

ผลการวิจัยสุดท้ายคือ จากการพิสูจน์คำตอบการคำนวณกำลังการผลิตพบว่า ข้อมูลที่เกิดจากการประมาณค่าของโปรแกรมมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้างทำให้อัตราการไหลสูงสุดที่คำนวณได้ยังไม่คงที่ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีการเปรียบเทียบการเพิ่ม-ลด %กำลังการผลิตของเครื่องจักรครั้งละ 2 % เพื่อแสดงให้เห็นค่าการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลรวมสูงสุด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบการเพิ่ม-ลดของ %ความจุสูงสุดต่ออัตราการไหลรวมสูงสุด

%กำลังการผลิตของเครื่องจักร	อัตราการไหลรวมสูงสุด(ชิ้น/วัน)
94	24,323
96	24,841
98	25,360
<u>100</u>	<u>25,880</u>
102	26,392
104	26,911
106	27,429

โดยผลการเปรียบเทียบ เมื่อลด%กำลังการผลิตของเครื่องจักรลงจะทำให้อัตราการไหลรวมลดลงและเมื่อเพิ่ม%กำลังการผลิตของเครื่องจักรขึ้นจะทำให้อัตราการไหลรวมเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งจากการพิสูจน์คำตอบการคำนวณกำลังการผลิตโดยใช้ข้อมูลที่เกิดจากการประมาณค่ามีความต่างเฉลี่ยอยู่ค่าอยู่ระหว่าง 94-106% ทำให้อัตราการไหลสูงสุดของระบบที่ใกล้เคียงคือ ค่าระหว่าง 24,323-27,429 ชิ้น/วัน

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาทฤษฎีเรื่องอัตราการไหลสูงสุดโดยประยุกต์ใช้เป็นแบบจำลองข้อมูลการไหลในข่ายงานมาจำลองเส้นทางการผลิตและหาอัตราการไหลสูงสุดของกระบวนการผลิตผ้าเบรกทั้งระบบ โดยศึกษาจากการใช้ขั้นตอนวิธีเลเบล (Labeling algorithm) และขั้นตอนวิธีขยาย (Generic augmenting path algorithm) ซึ่งแทนเครื่องจักรในแต่ละกระบวนการผลิตด้วยกึ่ง (Arcs) และ โหนด (Nodes) แทนกระบวนการผลิตตั้งแต่ต้นทาง (Source) ไปยังกระบวนการสุดท้าย (Sink) ผลลัพธ์ที่ได้คือ บริษัทสามารถผลิตด้วยอัตราการไหลสูงสุด 25,880 ชิ้นต่อวัน และในกรณีเพิ่มเครื่องจักรอัดขึ้นรูปเย็น 1 เครื่อง บริษัทจะสามารถผลิตด้วยอัตราการไหลสูงสุด 29,270 ชิ้นต่อวัน ซึ่งงานวิจัยฉบับนี้ทำให้ฝ่ายพัฒนากระบวนการผลิตทำการวิเคราะห์กำลังการผลิตของระบบได้แม่นยำมากขึ้นและสามารถนำแบบจำลองนี้ไปใช้ในการวางแผนการผลิต วางแผนการเพิ่มกำลังการผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพในแต่ละกระบวนการผลิตได้

#### ปัญหาและอุปสรรค

1. จำนวนรุ่นผลิตภัณฑ์ของบริษัทที่ศึกษามีจำนวนมากและมีความหลากหลายทำให้ยากต่อการเก็บข้อมูลเวลาในการผลิตชิ้นงานและการคำนวณกำลังการผลิตของเครื่องจักร
2. ปัจจัยในการผลิตและข้อจำกัดด้านเครื่องจักรของบริษัทที่ศึกษาที่มีความซับซ้อน ทำให้ผู้วิจัยวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดของระบบยุ่งยาก

#### ข้อเสนอแนะ

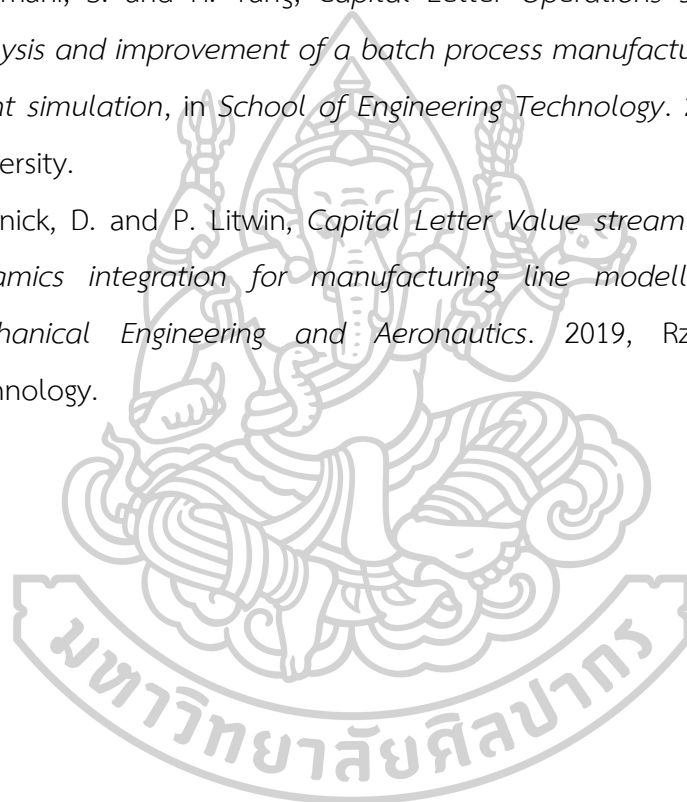
1. โปรแกรมสามารถประยุกต์ใช้ในการจำลองระบบการผลิตประเภทอื่นๆได้ แต่จะมีปัญหาอุปสรรคมากมายที่จะส่งผลต่อการวิเคราะห์อัตราการไหล จึงทำให้ข้อมูลที่ใช้เป็นข้อมูลที่เกิดจากการจับเวลาจริงและเกิดจากการประมาณค่า ดังนั้นหากนำแบบจำลองไปใช้ในการจำลองระบบการผลิตประเภทอื่น ควรที่จะมีการตรวจสอบข้อมูลจากการประมาณค่าและการคำนวณกำลังการผลิตให้ใกล้เคียงกับยอดการผลิตจริงก่อนที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์ผลต่อไป

## รายการอ้างอิง

1. พฤทธิพงษ์ เพ็งศิริ, การวิเคราะห์โครงข่ายประตู่ระบายน้ำด้วยความเป็นศูนย์กลางระหว่างความสัมพันธ์ร่วมกับกระแสการไหลสูงสุด. *Journal of information science and technology*, 2559. 6(1): p. 25-33.
2. อภิญญา เงามใส, เทคนิคสำหรับการคำนวณระยะเวลาการเปิดสัญญาณไฟจราจรบนพื้นฐานของทฤษฎีการไหลสูงสุด. 2561, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
3. วรวิทย์ แซ่เอ็ง, การวิเคราะห์ข้อเสนอการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองอุตสาหกรรม. 2558, มหาวิทยาลัยบูรพา.
4. Ravindra K, A., M. Thomas L, and O. James B, *Network flows* 1993: Prentice-Hall, Inc.
5. LOGISTICAFE. ความรู้เกี่ยวกับโลจิสติกส์/ซัพพลายเชน “ระบบการผลิต (Production System) คืออะไร?”. 2019 1 มิถุนายน 2562]; Available from: <https://www.logisticafe.com/2009/11/production-system>.
6. Niebel, B. and A. Freivalds, *Methods, Standards, and Work Design*. 2013: McGraw-Hill Education. 752.
7. รองศาสตราจารย์ รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, การศึกษางานอุตสาหกรรม. 2552: บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด กรุงเทพฯ.
8. princess, T. ค่าเฉลี่ยเลขคณิตถ่วงน้ำหนัก. 2014 20 กันยายน 2562]; Available from: <https://nutnuntasen.wordpress.com/%e0%b8%84%e0%b9%88%e0%b8%b2%e0%b9%80%e0%b8%89%e0%b8%a5%e0%b8%b5%e0%b9%88%e0%b8%a2%e0%b9%80%e0%b8%a5%e0%b8%82%e0%b8%84%e0%b8%93%e0%b8%b4%e0%b8%95%e0%b8%96%e0%b9%88%e0%b8%a7%e0%b8%87%e0%b8%99%e0%b9%89/>.
9. กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. การวิเคราะห์แบบเอบีซี (ABC Analysis). 2019 25 กรกฎาคม 2562]; Available from: <https://bsc.dip.go.th/th/category/sale-marketing/sm-abcanalysis>.
10. สุภาวดี ก่อคุณ, การจำลองอัตราการไหลสูงสุดในช่วงน้ำหลาก โดยใช้วิธีดัชนีน้ำฝนในกลุ่มน้ำชีตอนบน. 2557, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
11. Li, X., et al., *Capital Letter Weighted complex network analysis of the Beijing subway system: Train and passenger flows*, in *School of Traffic and*

*Transportation Engineering*. 2016, Central South University.

12. คณศ พันธุ์สวัสดิ์ and แพรวนภา อินตา การประยุกต์อัลกอริทึมเพื่อใช้หาเส้นทางและปริมาณการไหลสูงสุดของน้ำในกรุงเทพมหานคร. วารสารไทยการดำเนินงาน 2561. 6(1): p. 31-39.
13. Dolgopolov, P., *Capital Letter Optimization of train routes based on neuro-fuzzy modeling and genetic algorithms*. 2018, Ukrainian State University
14. สุราเทพ โบลีทธิพิเชษฐ, การจัดเส้นทางรถขนส่งลำเลียงชิ้นส่วนภายใต้ข้อจำกัดด้านพื้นที่และเวลา. 2556, มหาวิทยาลัยบูรพา.
15. Velumani, S. and H. Tang, *Capital Letter Operations status and bottleneck analysis and improvement of a batch process manufacturing line using discrete event simulation*, in *School of Engineering Technology*. 2017, Eastern Michigan University.
16. Stadnick, D. and P. Litwin, *Capital Letter Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis*, in *Mechanical Engineering and Aeronautics*. 2019, Rzeszow University of Technology.





## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	เอกรินทร์ การเก่ง
วัน เดือน ปี เกิด	25 พฤษภาคม 2538
สถานที่เกิด	จังหวัดลำปาง
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) วิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
ที่อยู่ปัจจุบัน	197 หมู่ 2 บ้านทุ่งช่วง ตำบลทุ่งกว่า อำเภอมืองปาน จังหวัดลำปาง 52240

