

การวางแผนการประกอบชิ้นสุดท้ายรายเดือนของการผลิตฮาร์ดดิสก์ไครฟ์

Monthly final assembly planning for hard disk drive manufacturing

สิริลักษณ์ พิษณุอนันต์กุล และดาริชา สุธีวงศ์

Siriluk Pichayaanankul and Daricha Sutivong

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทร 02-2186814-6 โทรสาร 0-2251-3969, 0-2218-6813

E-mail: ning_nb@hotmail.com, daricha.s@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการวางแผนการประกอบชิ้นสุดท้ายรายเดือนของการผลิตฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ในโรงงานกรณีศึกษาซึ่งมีโรงงานที่ทำการผลิตสินค้าทั้งสิ้น 4 แห่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์กระบวนการวางแผนการผลิตและสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกปรับเปลี่ยนสายการผลิต เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งต่ำสุดภายใต้ข้อจำกัด โดยงานวิจัยนี้ยังจัดทำระบบช่วยสนับสนุนการวางแผนตามแบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้ด้วย จากผลการศึกษาพบว่า ระบบและแบบจำลองสามารถช่วยลดเวลาในการวางแผนการผลิตลงจาก 5.4 ชั่วโมงเหลือ 0.5 ชั่วโมง(30 นาที) และสามารถลดค่าใช้จ่ายการผลิตเมื่อเทียบกับการวางแผนในปัจจุบันลงได้ 2,968,488 บาท คิดเป็น 10.44% จากราคาค่าใช้จ่ายทั้งหมดสำหรับช่วงเวลาการผลิต 6 เดือน

Abstract

This research focuses on the monthly final assembly planning of four hard disk drive factories. The study aims to analyze the planning process and to develop mathematical models in order to assign jobs to the production lines. The objective is to minimize the manufacturing conversion costs subject to the production constraints. A decision support system is also developed using the models. The results show that, with the system, the daily planning time could be reduced from 5.40 hours to 0.5 hour and the production cost

decrease by 2,968,488 baht or 10.44% from the original cost over the six-month production process.

1. บทนำ

โรงงานกรณีศึกษาได้ดำเนินการผลิตฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ซึ่งต้องมีการวางแผนปรับเปลี่ยนสายการผลิตตามแผนการพยากรณ์ยอดขาย โดยจะมีการปรับเปลี่ยนแผนเป็นจำนวน 16 ครั้งต่อรอบการวางแผน 1 เดือน ซึ่งแต่ละครั้งในการวางแผนทางโรงงานกำหนดให้ใช้เวลาไม่เกิน 4 ชั่วโมงในการปฏิบัติงาน แต่ในปัจจุบันผู้ปฏิบัติงานได้ใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดเนื่องจากในการวางแผนมีขั้นตอนที่ยุ่งยากและซับซ้อนในการนำข้อมูลมาใช้และนอกจากนั้นการจัดเก็บข้อมูลที่ยังไม่เป็นระบบส่งผลทำให้เกิดความล่าช้าในการปฏิบัติงาน ซึ่งข้อมูลทั่วไปที่ใช้ประกอบการวางแผนการผลิต ได้แก่ จำนวนและประเภทของสายการผลิตในแต่ละโรงงาน เวลาและกำลังคนที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนสายการผลิต ประเภทของวัสดุที่ใช้ในการปรับเปลี่ยน

งานวิจัยนี้จึงได้ออกแบบกระบวนการในการวางแผนและจัดทำระบบช่วยสนับสนุนในการวางแผนการผลิตโดยมีการออกแบบระบบอยู่ 3 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของการจัดเก็บข้อมูลนำเข้า ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของการประมวลผลข้อมูลโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่วิเคราะห์และสร้างขึ้น มาทำการเลือกสายการผลิตในการปรับตั้งเครื่องจักร ส่วนที่ 3 เป็นส่วนของการนำเสนอผลลัพธ์ โดยจะมีการแสดงรายละเอียดในรูปแบบของตารางให้แก่ผู้ใช้งาน

2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การวางแผนการผลิต

วัตถุประสงค์ของการวางแผนการผลิต [1] คือ การใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อให้สามารถผลิตสินค้าหรือบริการได้ตามความต้องการของลูกค้า โดยในการวางแผนสามารถแบ่งออกตามระยะเวลาการวางแผนได้ 3 ระดับ คือ การวางแผนการผลิตระยะยาว การวางแผนการผลิตระยะกลาง และการวางแผนการผลิตระยะสั้น โดยงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการวางแผนการผลิตระยะกลางซึ่งเป็น การวางแผนการผลิตในช่วงระยะเวลาระหว่าง 1-12 เดือน ข้างหน้าซึ่งเป็นการวางแผนระดับจัดการ

2.2 กำหนดการเชิงเส้นตรง

กำหนดการเชิงเส้นตรง (Linear Programming) [3-4] เป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการแก้ปัญหาการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดทั้งขนาด ปริมาณและขอบเขตการใช้งานเพื่อให้เกิดผลการดำเนินงานที่ดีที่สุด โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรมเชิงเส้นตรงประกอบไปด้วย 4 ส่วน คือ 1) สมการเป้าหมาย (Objective Function) คือสมการคำนวณมูลค่าของเป้าหมายสูงสุดหรือต่ำสุด 2) สมการข้อจำกัด (Constraints) เป็นข้อจำกัดหรือขอบข่ายของค่าตัวแปรตัดสินใจที่มีความเป็นไปได้ 3) ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) คือตัวแปรที่ต้องการทราบค่าที่เหมาะสมที่สุด 4) พารามิเตอร์ (Parameter) คือค่าคงที่ในสมการข้อจำกัด หรือสมการเป้าหมายหรือตัวแปรที่ควบคุมได้ของระบบ โดยงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงแบบจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming) กล่าวคือตัวแปรตัดสินใจมีค่าเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น เพื่อเลือกจำนวนสายการผลิตที่เหมาะสมสุด

2.3 ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ [5]

เป็นระบบหนึ่งของระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งานในการประมวลผลและรายงานผลของข้อมูล ซึ่งช่วยในการตัดสินใจของผู้บริหารระดับต่าง ๆ โดยมีระบบย่อย 3 ระบบ อันได้แก่

1) ระบบฐานข้อมูล (Data Subsystem) เป็นการจัดระบบข้อมูลพื้นฐานต่างๆให้เป็นระเบียบ ให้สามารถเรียกใช้ได้สะดวกและรวดเร็ว เพื่อใช้สำหรับประมวลผลข้อมูลในระบบถัดไป 2) ระบบแบบจำลองการตัดสินใจ (Model Subsystem) มีแบบจำลองไว้ช่วยในการตัดสินใจ ในการหาผลลัพธ์หรือทางเลือกที่เหมาะสม โดยนำข้อมูลมาจากระบบฐานข้อมูล 3) ระบบติดต่อกับผู้ใช้งาน (User System Interface) เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานใช้ติดต่อกับระบบการตัดสินใจ เช่น การนำข้อมูลเข้า การแสดงผลลัพธ์ ฯลฯ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประยุกต์ใช้กำหนดการเชิงเส้นตรงในการแก้ปัญหาการจัดการการผลิตมีอย่างแพร่หลาย โดยอาจมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน อาทิเช่น

ในการทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด Knut Haase และคณะ [12] ศึกษาการปรับเปลี่ยนสายการผลิตโดยจัดตารางในการวางแผนการปรับเปลี่ยนสายการผลิต Hamif D. Sherali และคณะ [10] ศึกษาการจัดสมดุลการทำงานของพนักงาน ในการเคลื่อนย้ายพนักงานไปทำการปรับตั้งเครื่องจักรในสายการผลิตที่แตกต่างกัน Alfredo Anglani และคณะ [6] ศึกษาค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเครื่องจักร แต่ไม่ได้นำเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรเข้ามาพิจารณา L.H. Lee และคณะ [13] ศึกษาการวางแผนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ โดยมีข้อจำกัด ในด้านความแตกต่างของประเภทผลิตภัณฑ์ประเภทลูกค้า ซึ่งมีแนวคิดที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยนี้ แต่แตกต่างตรงที่เพิ่มการพิจารณาแหล่งที่มาของวัสดุซึ่งใช้แตกต่างกันในผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

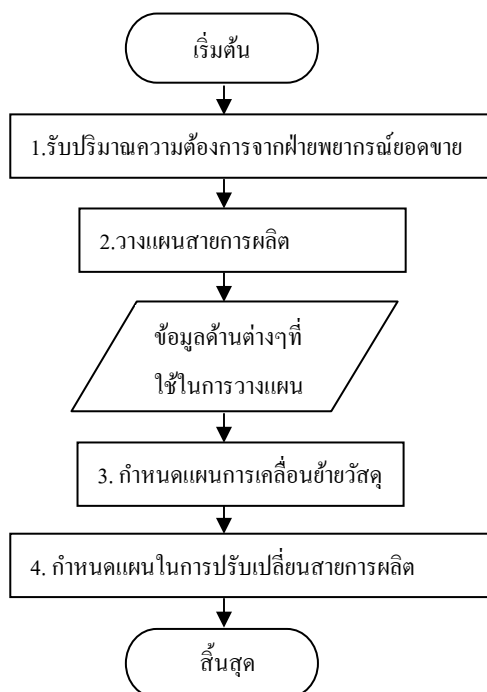
นอกจากนี้ยังมีเป้าหมายอื่นที่นิยมใช้พิจารณา เช่นในการทำให้ได้กำไรสูงสุด Chin-Sheng Chenb และคณะ [7] ได้ศึกษาการวางแผนกำลังการผลิตตามคำสั่งซื้อจากลูกค้า ตามข้อจำกัดของทรัพยากรที่มี และต้องทำการจัดส่งสินค้าให้ทันต่อความต้องการของลูกค้า หรือในการใช้เวลาน้อยสุดในการจัดส่งสินค้า Young Hae Lee, และคณะ [15] ศึกษาการจัดสมดุลการทำงานของพนักงานและเครื่องจักรในแต่ละยอคำสั่งซื้อของลูกค้า

โดยงานวิจัยที่กล่าวมาได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Models) เพื่อนำมาใช้คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งต่ำสุด แต่ในงานวิจัยนี้ได้เพิ่มการจัดทำระบบช่วยสนับสนุนในการวางแผนทำให้เกิดความสะดวกต่อผู้ใช้งาน อีกทั้งยังได้ผลลัพธ์ที่รวดเร็วและแม่นยำ

3. แนวความคิดของงานวิจัย

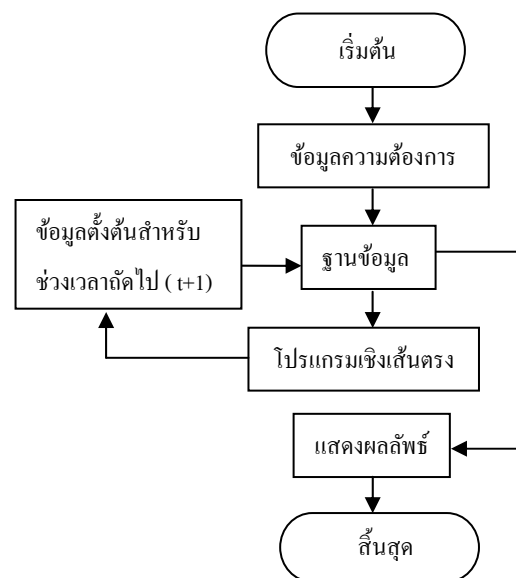
ในงานวิจัยนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การออกแบบกระบวนการวางแผนการผลิต และการจัดทำระบบช่วยสนับสนุนในการวางแผน

ในส่วนแรกได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ปัจจัยและข้อกำหนดต่างๆ ในการวางแผนการผลิตเพื่อออกแบบแผนภาพกระบวนการวางแผนอย่างเป็นระบบ ดังแสดงในรูปที่ 1 กล่าวคือกระบวนการเริ่มจากการรับปริมาณความต้องการ มาคำนวณและวางแผนปรับเปลี่ยนสายการผลิตตามข้อจำกัดของโรงงาน จากนั้นจึงกำหนดเป็นแผนการเคลื่อนย้ายวัสดุ และแผนในการปรับเปลี่ยนสายการผลิตสรุปให้กับฝ่ายที่เกี่ยวข้อง



รูปที่ 1 แผนภาพการวางแผนการผลิตอย่างเป็นระบบ

ในส่วนที่สอง ได้ทำการออกแบบระบบช่วยสนับสนุนในการวางแผน ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งมีกระบวนการจากการนำข้อมูลไปฐานข้อมูล แล้วจึงนำไปวิเคราะห์โดยโปรแกรมเชิงเส้นตรง เพื่อหาการวางแผนการผลิตที่เหมาะสมที่สุด และแสดงผลลัพธ์ โดยผลลัพธ์ของช่วงเวลาปัจจุบันจะนำไปใช้เป็นข้อมูลตั้งต้นสำหรับช่วงเวลาถัดไป



รูปที่ 2 แผนภาพระบบช่วยสนับสนุนในการวางแผน

4. การดำเนินงานวิจัย

4.1 การประมวลข้อมูลเบื้องต้น

4.1.1 การตรวจสอบผลต่างของจำนวนสายการผลิตในช่วงเวลา (t)

เป็นการนำข้อมูลจำนวนสายการผลิตปัจจุบัน $A_{g,t}$ มาทำการเปรียบเทียบกับจำนวนสายการผลิตอนาคตที่ต้องการ $A_{g,t+1}$ โดยสามารถแสดงการคำนวณผลต่างของจำนวนสายการผลิตปัจจุบันกับสายการผลิตอนาคตตามประเภทผลิตภัณฑ์ (g) ในช่วงเวลา (t) ได้ดังสมการที่ (1)

$$A_{g,t} - A_{g,t+1} = N_{g,t} \quad (1)$$

โดยที่ $A_{g,t}$ คือ จำนวนสายการผลิตตามประเภทของผลิตภัณฑ์ ณ เวลา $t \{g=1, \dots, 14\}$

$N_{g,t}$ คือ ผลต่างของจำนวนสายการผลิตตามประเภทของผลิตภัณฑ์ g ณ ปัจจุบัน (t) กับความต้องการในอนาคต ($t+1$)

ในกรณีที่ $N > 0$ แทนค่าด้วย $E_{g,t}$ คือ จำนวนสายการผลิตที่มีเกินความต้องการตามประเภทของผลิตภัณฑ์ $\{g=1, \dots, 14\}$

$N < 0$ แทนค่าด้วย $L_{f,t}$ คือ จำนวนสายการผลิตที่มีไม่เพียงพอตามประเภทของผลิตภัณฑ์ $\{f=1, \dots, 14\}$

ตัวอย่างเช่น จากการคำนวณสายการผลิตปัจจุบันกับความต้องการในช่วงเวลาถัดไปได้ $E_{g,t}$ และ $L_{f,t}$ ของแต่ละโรงงาน p ดังนี้

$$E_{g,t,p} = [2,0,0,1,0,1,1,1,0,3,0,0,0,0]$$

$$L_{f,t,p} = [0,0,5,0,1,0,0,0,0,1,2,0,0,0]$$

จากตัวอย่าง $E_{1,t,p}$ มีค่าเท่ากับ 2 หมายความว่า มีจำนวนสายการผลิตปัจจุบันของผลิตภัณฑ์ ประเภท 1 ในโรงงาน p ที่เกินความต้องการในช่วงถัดไปอยู่ 2 สายการผลิต ส่วน $E_{14,t,p}$ ที่มีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่าไม่เหลือสายการผลิตประเภท 14 อยู่เลย เมื่อเทียบกับความต้องการในช่วงเวลาถัดไป และเมื่อพิจารณาค่า $L_{3,t,p}$ ที่มีค่าเท่ากับ 5 หมายความว่า มีจำนวนสายการผลิตประเภท 3 ในโรงงาน p ที่ไม่เพียงพออยู่ 5 สายการผลิตเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่ถัดไป

สังเกตว่าผลรวมของสายการผลิตที่เกินความต้องการมีอยู่ทั้งสิ้น 9 สายการผลิต $(\sum_{g=1}^{14} E_{g,t,p})$ และสายการผลิตที่ขาดมีอยู่ทั้งสิ้น 9 สายการผลิต $(\sum_{f=1}^{14} L_{f,t,p})$

4.1.2 การตรวจสอบจำนวนวัสดุที่ใช้ในช่วงเวลา (t)

- จำนวนวัสดุที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรในแต่ละโรงงาน $K_{f,t,p}$ สามารถคำนวณได้จากจำนวนสายการผลิตที่ไม่เพียงพอตามประเภทผลิตภัณฑ์ $L_{f,t,p}$

กล่าวคือ $K_{f,t,p} = L_{f,t,p}$ ของโรงงาน p ซึ่งจากตัวอย่างข้างต้นสามารถแสดงรายละเอียดดังนี้

$$K_{f,t,p} = L_{f,t,p} = [0,0,5,0,1,0,0,0,0,1,2,0,0,0]$$

โดย $K_{3,t,p}$ มีค่าเท่ากับ 5 แสดงว่ามีความต้องการวัสดุสำหรับปรับเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ประเภท 3 จำนวน 5 ชิ้นในโรงงาน p ส่วน $K_{14,t,p}$ ที่มีค่าเท่ากับ 0 หมายความว่าไม่มีความต้องการวัสดุสำหรับปรับเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์ประเภท 14 ในโรงงาน p

- การคำนวณผลต่างของจำนวนวัสดุในช่วงเวลา (t)

เป็นการนำข้อมูลจำนวนวัสดุที่ขาด $K_{f,t,p}$ มาทำการเปรียบเทียบกับจำนวนวัสดุทั้งหมด $Q_{f,t,p}$ ดังสมการที่ (2) โรงงาน ($p = a, b, c, d$)

$$Q_{f,t,p} - K_{f,t,p} = D_{f,t,p} \quad (2)$$

โดยที่ $Q_{f,t,p}$ คือ จำนวนวัสดุที่มีเก็บไว้ทั้งหมดตามประเภทผลิตภัณฑ์ $\{f=1, \dots, 14\}$ ในแต่ละช่วงเวลา (t) ของโรงงาน (p)

$K_{f,t,p}$ คือ จำนวนวัสดุที่ขาดตามประเภทผลิตภัณฑ์ $\{f=1, \dots, 14\}$ ในแต่ละช่วงเวลา (t) ของโรงงาน (p)

$D_{f,t,p}$ คือ ผลต่างของจำนวนวัสดุตามประเภทผลิตภัณฑ์ $\{f=1, \dots, 14\}$ ในแต่ละช่วงเวลา (t) ของโรงงาน (p)

ในกรณีที่ $D_{f,t,p}$ มีค่าเป็นบวกให้พิจารณาเป็นโรงงานที่มีจำนวนวัสดุเกินกว่าความต้องการ

$D_{f,t,p}$ มีค่าเป็นลบให้พิจารณาเป็นโรงงานที่มีจำนวนวัสดุน้อยกว่าความต้องการ

- การวางแผนเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างโรงงาน

เป็นการกำหนดการเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างโรงงาน (a, b, c, d) ได้กำหนดขั้นตอนของการเคลื่อนย้ายดังต่อไปนี้

- จำแนกโรงงานที่มีจำนวนวัสดุเกิน ($D_{f,t,p}$ ค่าบวก) กับโรงงานที่มีจำนวนวัสดุน้อย ($D_{f,t,p}$ ค่าลบ) ในแต่ละประเภทผลิตภัณฑ์ (t)

-ใช้ราคาค่าเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่าง
โรงงานเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ โดยจะพิจารณาเลือก
โรงงานที่ทำการเคลื่อนย้ายจากค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้ายที่มี
ค่าต่ำสุดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้ายวัสดุระหว่างโรงงาน

หน่วย: ราคาต่อการ เคลื่อนย้ายครั้ง (บาท)		ขนาดอาร์ดิสก์ไดรฟ์ (2.5 ")			
		Plant A	Plant B	Plant C	Plant D
ขนาดอาร์ด ิสก์ไดรฟ์ (2.5 ")	Plant A	-	2,500	12,500	14,000
	Plant B	2,500	-	11,000	13,000
	Plant C	12,500	11,000	-	5,000
	Plant D	14,000	13,000	5,000	-
หน่วย: ราคาต่อการ เคลื่อนย้ายครั้ง (บาท)		ขนาดอาร์ดิสก์ไดรฟ์ (3.5 ")			
		Plant A	Plant B	Plant C	Plant D
ขนาดอาร์ด ิสก์ไดรฟ์ (3.5 ")	Plant A	-	3,500	15,000	16,500
	Plant B	3,500	-	12,000	14,500
	Plant C	15,000	12,000	-	6,000
	Plant D	16,500	14,500	6,000	-

4.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการวางแผนการผลิต

แบบจำลองนี้ได้ทำการกำหนดตัวแบบทางคณิตศาสตร์ใน
รูปแบบของสมการทั่วไป เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการ
ปรับเปลี่ยนสายการผลิตที่ต่ำสุดดังต่อไปนี้

4.2.1 พารามิเตอร์ (Parameter)

g = ดัชนีที่ระบุประเภทของผลิตภัณฑ์ปัจจุบัน
 $\{g=1,...,14\}$

f = ดัชนีที่ระบุประเภทของผลิตภัณฑ์อนาคต
 $\{f=1,...,14\}$

p = โรงงานที่ทำการปรับเปลี่ยนสายการผลิต
 $\{p= a, b, c, d\}$

t = สัปดาห์ของการผลิต $\{1, 2,..., 4\}$

$E_{g,t,p}$ = จำนวนสายการผลิตที่มีเกินความต้องการตาม
ประเภทของผลิตภัณฑ์ปัจจุบัน $\{g=1,...,14\}$
ในแต่ละ ช่วงเวลา (t) ของโรงงาน (p)

$L_{f,t,p}$ = จำนวนสายการผลิตที่มีไม่เพียงพอตาม ป ร ะ เ ท
ของผลิตภัณฑ์อนาคต $\{f=1,...,14\}$ ในแต่ละ
ช่วงเวลา (t) ของโรงงาน (p)

$K_{f,t,p}$ = คือ จำนวนวัสดุที่ขาดตามประเภทผลิตภัณฑ์
อนาคต $\{f=1,...,14\}$ ในแต่ละช่วงเวลา (t) ของ
โรงงาน (p)

O_f = มูลค่าที่สูญเสีย ไปในการปรับตั้งเครื่องจักร จาก
การไม่ได้ผลิตผลิตภัณฑ์อนาคต (f) (บาท/ชม.)

W = ค่าแรงพนักงานที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร
(บาท/ชม.)

$T_{g,f}$ = เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรจากผลิตภัณฑ์
ปัจจุบัน (g) เป็นผลิตภัณฑ์อนาคต (f) (ชม.)

4.2.2 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

$X_{g,f,t,p}$ = จำนวนสายการผลิตที่ปรับเปลี่ยนจากผลิตภัณฑ์
ปัจจุบัน (g) ไปเป็นผลิตภัณฑ์อนาคต (f) ของ
โรงงาน (p) ในแต่ละช่วงเวลา (t)

4.2.3 สมการเป้าหมาย (Objective function)

สมการที่ (3) เป็นสมการในการหาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการปรับ
ตั้งเครื่องจักร ซึ่งค่าใช้จ่ายเกิดจากการนำจำนวนสายการผลิต
ที่ปรับเปลี่ยน $X_{g,f,t,p}$ ไปคูณกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น โดย
ค่าใช้จ่ายแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ 1) ค่าแรงพนักงาน (W)
คูณกับเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร ($T_{g,f}$) 2) มูลค่าที่
สูญเสียไปในการปรับตั้งเครื่องจักร (O_f) คูณกับเวลาที่ใช้ใน
การปรับตั้งเครื่องจักร ($T_{g,f}$)

$$Min.Z = \sum_{t=1}^4 \sum_{p=a}^d \sum_{g=1}^{14} \sum_{f=1}^{14} x_{g,f,t,p} [(w)(T_{g,f}) + (O_f)(T_{g,f})] \quad (3)$$

4.2.4 สมการแสดงข้อบ่งชี้ (Constraints)

สมการที่ (4) เป็นข้อจำกัดของทางโรงงานที่กำหนดให้ใช้
เวลา 10,584 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ (168 ชั่วโมง*63 พนักงาน)
สำหรับการใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร

สมการที่ (5) ผลรวมของจำนวนสายการผลิตที่ปรับเปลี่ยน
จากผลิตภัณฑ์ปัจจุบัน (g) ไปเป็นผลิตภัณฑ์อนาคต (f) ต้องมี
ค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับผลรวมของจำนวนสายการผลิตที่มีเกิน
กว่าความต้องการ

สมการที่ (6) ผลรวมของจำนวนสายการผลิตที่ปรับเปลี่ยน
จากผลิตภัณฑ์ปัจจุบัน (g) ไปเป็นผลิตภัณฑ์อนาคต (f) ต้องมี

ค่ามากกว่าหรือเท่ากับผลรวมของจำนวนสายการผลิตที่มีไม่เพียงพอต่อความต้องการ

สมการที่ (7) ผลรวมของจำนวนสายการผลิตที่ปรับเปลี่ยนจากผลิตภัณฑ์ปัจจุบัน (g) ไปเป็นผลิตภัณฑ์อนาคต (f) ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับผลรวมของจำนวนวัสดุประเภท (f) ที่มีทั้งหมดในทุกโรงงาน

สมการที่ (8) ตัวแปรตัดสินใจต้องเป็นจำนวนเต็ม

$$\sum_{g=1}^{14} \sum_{f=1}^{14} X_{g,f,t,p} (T_{g,f}) \leq (168 * 63) \forall t, p \quad (4)$$

$$\sum_{g=1}^{14} \sum_{f=1}^{14} X_{g,f,t,p} \leq \sum_{g=1}^{14} E_{g,t,p} \quad \forall t, p \quad (5)$$

$$\sum_{g=1}^{14} X_{g,f,t,p} \geq L_{f,t,p} \quad \forall t, p, f \quad (6)$$

$$\sum_{p=a}^d \sum_{g=1}^{14} X_{g,f,t,p} \leq \sum_{p=a}^d Q_{f,t,p} \quad \forall f, t \quad (7)$$

$$X_{g,f,t,p} \in \{I^+\} \quad \forall t, p \quad (8)$$

4.3 ผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

เมื่อระบบทำการประมวลผลแบบจำลองที่ได้นำเสนอในข้างต้นแล้วนั้น ระบบจะทำการแสดงรายละเอียดผลลัพธ์ให้กับผู้ใช้งานซึ่งแสดงดังตารางที่ 2, 3 และ 4

ตารางที่ 2 เป็นการแยกแผนการปรับเปลี่ยนสายการผลิตออกเป็นรายสัปดาห์ รวมทั้งหมด 4 สัปดาห์ภายในระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งในแต่ละสัปดาห์จะพิจารณาการปรับเปลี่ยนสายการผลิตทั้ง 4 โรงงาน โดยในแต่ละหัวข้อของกิจกรรม (Activity) จะมีการแสดงรายละเอียดของสายการผลิตปัจจุบัน (From) ที่ถูกเลือกให้ปรับเปลี่ยนเป็นสายการผลิตอนาคต (To) โดยระบุจำนวนที่ทำการปรับเปลี่ยน (Qty) และในช่องสุดท้ายของตารางมีการสรุปจำนวนครั้งที่ทำการปรับเปลี่ยนสายการผลิตแสดงแก่ผู้ใช้งาน

ตารางที่ 2 แผนการปรับเปลี่ยนสายการผลิต

week	Plant	Activity1			Activity2			Activity3			...			Activityn			Summary/week
		From	to	Qty	From	to	Qty	From	to	Qty				From	to	Qty	
1	PlantA	G5	G2	1	G5	G2	1	G8	G6	1							3
	PlantB	G11	G12	1	G11	G12	1	G11	G12	1				G11	G12	1	4
	PlantC	G4	G3	1	G4	G3	1	G4	G3	1				G4	G3	1	4
	PlantD	G4	G2	1	G4	G2	1	G4	G2	1				G4	G2	1	4
2	PlantA																0
	PlantB																0
	PlantC	G3	G12	1													1
	PlantD	G6	G2	1	G6	G5	1	G6	G5	1				G7	G12	1	4
3	PlantA																0
	PlantB																0
	PlantC	G2	G3	1	G2	G3	1	G2	G3	1				G2	G1	1	4
	PlantD	G2	G7	1	G6	G7	1	G12	G9	1				G12	G11	1	4
4	PlantA	G3	G2	1													1
	PlantB	G11	G12	1													1
	PlantC	G1	G3	1	G2	G3	1	G2	G3	1				G2	G3	1	4
	PlantD	G2	G8	1	G2	G5	1	G6	G7	1							3

ตารางที่ 3 แสดงแผนการเคลื่อนย้ายวัสดุในแต่ละสัปดาห์ โดยในแต่ละโรงงานจะแสดงแผนการรับวัสดุจากโรงงานอื่น (Ship from) จำนวนที่ได้รับ (Qty) และสรุปจำนวนวัสดุสุทธิที่เหลือ (Available) หลังจากใช้ในการปรับเปลี่ยนสายการผลิตและหลังจากการเคลื่อนย้ายวัสดุทุกประเภทเสร็จสิ้น

ตารางที่ 4 แสดงรายละเอียดค่าใช้จ่ายของการปรับเปลี่ยนสายการผลิตของทุกโรงงาน เป็นรายสัปดาห์ รวมทั้งหมด 4 สัปดาห์ภายในระยะเวลา 1 เดือน

ตารางที่ 3 แผนการเคลื่อนย้ายวัสดุ

week	Product	Plant A			Plant B			Plant C			Plant D		
		Available	Ship from	Qty	Available	Ship from	Qty	Available	Ship from	Qty	Available	Ship from	Qty
4	K1	0			0			1			0		
	K2	0			0			8			3		
	K3	5			0			0	Plant A	4	0		
	K4	0			0			9			4		
	K5	5			0			0			1		
	K6	2			0			0			8		
	K7	2			0			0			1		
	K8	4			0			0			6		
	K9	0			0			0			1		
	K10	0			0			0			3		
	K11	0			10			0			1		
	K12	0			0	Plant D	1	0			2		
	K13	0			0			1			4		
	K14	0			0			0			6		

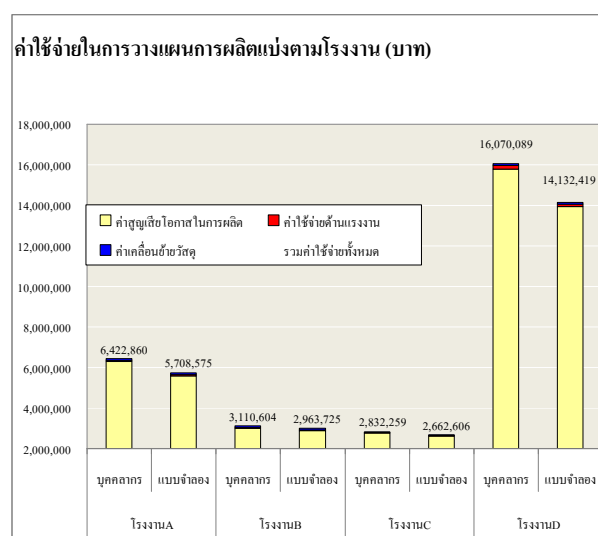
ตารางที่ 4 ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนสายการผลิต

week	PlantA			PlantB		
	ค่าแรงงาน	ค่าสูญเสียโอกาสในการผลิต	รวมค่าใช้จ่าย	ค่าแรงงาน	ค่าสูญเสียโอกาสในการผลิต	รวมค่าใช้จ่าย
1	4,539	422,021	426,560	3,411	246,902	250,313
2						
3						
4	109	28,009	28,118	379	27,434	13,000
4	109	28,009	28,118	379	27,434	13,000
week	PlantC			PlantD		
	ค่าแรงงาน	ค่าสูญเสียโอกาสในการผลิต	รวมค่าใช้จ่าย	ค่าแรงงาน	ค่าสูญเสียโอกาสในการผลิต	รวมค่าใช้จ่าย
1	4,605	417,093	421,698	5,147	465,116	470,263
2	55	13,562	13,617	11,527	893,126	904,653
3	382	107,403	107,785	6,268	603,940	610,208
4	491	140,761	141,252	5,160	577,432	582,592

5. การประยุกต์ใช้แบบจำลองกับกรณีศึกษา

5.1 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการวางแผนการผลิต

จากการนำข้อมูลปริมาณความต้องการในช่วงระยะเวลา 6 เดือน มาประยุกต์ใช้กับแบบจำลองทำให้ได้ผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3 ตารางที่ 5 และตารางที่ 6



รูปที่ 3 ค่าใช้จ่ายในการวางแผนการผลิตก่อนและหลังใช้แบบจำลอง

จากรูปที่ 3 พบว่าค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่เกิดจากค่าสูญเสียโอกาสในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ เนื่องจากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเกี่ยวข้องกับเวลาที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนสายการผลิตและราคาของผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ซึ่งหลังจากใช้

แบบจำลองที่เสนอค่าใช้จ่ายนี้จะลดลงเนื่องจากการเลือกสายการผลิตที่เหมาะสมที่สุดมาปรับเปลี่ยนทำให้ใช้เวลาที่น้อยในการปรับเปลี่ยนเป็นสายการผลิตในอนาคต และลดค่าสูญเสียโอกาสในการผลิตลงได้

ตารางที่ 5 ผลต่างของค่าใช้จ่ายในการวางแผนการผลิต

รายละเอียดค่าใช้จ่าย (หน่วย:บาท)	ผลต่างของค่าใช้จ่าย				
	โรงงานA	โรงงานB	โรงงานC	โรงงานD	รวมทุกโรงงาน
ค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน	5,205	1,048	575	28,213	35,041
ค่าสูญเสียโอกาสในการผลิต	709,080	145,832	169,078	1,909,457	2,933,447
ค่าเคลื่อนย้ายวัสดุ	-	-	-	-	-
รวมค่าใช้จ่ายที่ลดลงทั้งหมด	714,285	146,880	169,653	1,937,670	2,968,488
ค่าใช้จ่ายลดลง	11.12%	4.72%	5.99%	12.06%	10.44%

จากตารางที่ 5 พบว่าการใช้แบบจำลองทำให้ค่าใช้จ่ายทั้งหมดลดลง 10.44 % ในช่วงระยะเวลาการวางแผน 6 เดือนโดยสามารถลดค่าใช้จ่ายที่โรงงาน A และ D ได้มากกว่าโรงงาน B และ C เนื่องจากโรงงาน A และ D เป็นโรงงานที่มีประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิตหลากหลายทำให้บุคลากรผู้ปฏิบัติงาน มีความยากในการตัดสินใจวางแผนเลือกปรับเปลี่ยนสายการผลิต ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดค่าใช้จ่ายที่ลดลงในแต่ละเดือนได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าใช้จ่ายในการวางแผนการผลิต 6 เดือน

รายละเอียดค่าใช้จ่าย	ค่าใช้จ่ายจากการวางแผนโดยใช้บุคลากร (บาท)	ค่าใช้จ่ายจากการวางแผนโดยใช้แบบจำลอง (บาท)	ค่าใช้จ่ายลดลง (%)
เดือนที่ 1	5,086,038	4,575,857	10.03%
เดือนที่ 2	5,830,764	5,266,938	9.67%
เดือนที่ 3	5,060,473	4,348,326	14.07%
เดือนที่ 4	4,756,681	4,335,783	8.85%
เดือนที่ 5	3,217,577	2,933,394	8.83%
เดือนที่ 6	4,484,279	4,007,027	10.64%
รวมทั้งหมด	28,435,813	25,467,325	10.44%

5.2 เวลาที่ใช้ในการวางแผนการประกอบชิ้นสุดท้ายรายเดือน

จากการนำข้อมูลกรณีศึกษามาประยุกต์ใช้กับแบบจำลอง พบว่าเวลาที่ใช้ในการวางแผนการประกอบชิ้นสุดท้ายรายเดือนได้ลดลงจาก 5.4 ชั่วโมง เป็น 0.5 ชั่วโมง คิดเป็น 90.74% ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เวลาที่ใช้ในการวางแผนการประกอบชิ้นสุดท้ายรายเดือน

เวลาที่ใช้ในการวางแผนการประกอบชิ้นสุดท้ายรายเดือน	
เป้าหมาย (ชั่วโมง)	4
วางแผนโดยใช้นุ้คกลาง (ชั่วโมง)	5.4
วางแผนโดยใช้แบบจำลอง (ชั่วโมง)	0.50
เวลาลดลง (ชั่วโมง)	4.90
เวลาลดลง (%)	90.74%

6. สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอแบบจำลองการวางแผนการประกอบชิ้นสุดท้ายรายเดือนและจัดทำระบบช่วยสนับสนุนในการวางแผน เพื่อให้เกิดการวางแผนอย่างเป็นระบบและเกิดความรวดเร็วสำหรับผู้ปฏิบัติงานซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการวางแผนลดลง 2,968,488 บาท คิดเป็น 10.44% จากราคาค่าใช้จ่ายทั้งหมด และสามารถช่วยลดเวลาในการวางแผนลงได้ 90.74% ดังนั้นการจัดทำระบบช่วยสนับสนุนในการวางแผนโดยการนำสมการทางคณิตศาสตร์เข้ามาประยุกต์ใช้ช่วยให้การวางแผนการผลิตมีประสิทธิภาพดีขึ้นและทำให้ใช้เวลาในการปฏิบัติงานของบุคลากรลดลง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] กิตติพงษ์ วิเวกานนท์, กฤษชัย อนรรฆมณี, กำพล กิจระภูมิ และคณะ, “การจัดกระบวนการ”, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพฯ: สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ, 2547.
- [2] ธนสาร ดีสุวรรณ, “การพัฒนากระบวนการสนับสนุนการตัดสินใจ สำหรับการจัดตารางการผลิตในแผนกปั๊มขึ้นรูปโลหะแผ่น”, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์

มหาวิทยาลัย, 2545.

- [3] วิจิตร ตันตสุทธิ, วันชัย วิจิรวนิช และ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, “การวิจัยดำเนินงาน ภาค Deterministic”, กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2548.
- [4] วิภาวรรณ สิงห์พริ้ง, “การวิจัยและการดำเนินงาน. กรุงเทพฯ: หนังสือในโครงการส่งเสริมการสร้างตำรามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี”, 2548.
- [5] โอภาส เอี่ยมสิริวงศ์, “การวิเคราะห์และออกแบบระบบ”, กรุงเทพฯ: บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2548.
- [6] Alfredo Anglani, Antonio Grieco, Emanuela Guerriero and Roberto Musmanno, “Robust scheduling of parallel machines with sequence-dependent set-up costs”, European Journal of Operational Research 161, 2005, pp. 704-720.
- [7] Chin-Sheng Chenb, Siddharth Mestry b, Purushothaman Damodarana, Chao Wangb, “The capacity planning problem in make-to-order enterprises”, Mathematical and Computer Modeling 50, 2009, pp. 1461-1473.
- [8] Diwakar Gupta and Thorkell Magnusson, “The capacitated lot-sizing and scheduling problem with sequence-dependent setup costs and setup times”, Computers & Operations Research 32, 2005, pp. 727-747.
- [9] Guisen Xue, O.Felix Offodile, Hong Zhou and Marvin D.Troutt, “Integrated production planning with sequence-dependent family setup times”, Int. J. Production Economics 131, 2011, pp. 674-681.
- [10] Hanif D. Sherali, Dirk Van Goubergen Hendrik Van and Landeghem, “A quantitative approach for scheduling activities to reduce set-up in multiple machine lines”, European Journal of Operational Research 187. 2008, pp. 1224-1237.
- [11] Jay Nathan and Ray Venkataraman, “Determination of master production schedule replanning frequency for various forecast window intervals”, International Journal of Operations & Production Management, Vol.18, No.8., 1998, pp. 767-777.

- [12] Knut Haase and Alf Kimms, “Lot sizing and scheduling with sequence-dependent setup costs and times and efficient rescheduling opportunities”, *Int. J. Production Economics* 66, 2000, pp. 159-169.
- [13] L.H. Lee, E.P. Chew, and T.S. Ng, “Production Planning with Approved Vendor Matrices for a hard-disk drive manufacturer”, *European Journal of Operational Research* 162, 2005, pp. 310-324.
- [14] Nikisha K. Shah and Marianthi G.Ierapetritou, “Integrated production planning and scheduling optimization of multisite multiproduct process industry”, *Computers and Chemical Engineering*, 2011.
- [15] Young Hae Lee, Chan Seok Jeong and Chiung Moon, “Advanced planning and scheduling with outsourcing in manufacturing supply chain”, *Computers & Operations Research* 43, 2002, pp. 351-374.