

การแก้ปัญหาการวางแผนการผลิตรวม โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง

ดร. กาญจนา เศรษฐนันท์

อาจารย์

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นางสาวธิดารัตน์ อุทัยพิศ

นางสาวนันทิกา ชัยภักดิ์

นายปิยะ จารุพิทักษ์

นักศึกษา

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

ในภาวะปัจจุบันการวางแผนการผลิตรวมนี้ยังคงเป็นปัญหาของระบบการผลิต การศึกษาครั้งนี้จะสร้างรูปแบบการวางแผนการผลิตรวมสำหรับ I สายการผลิต ที่พิจารณาการส่งสินค้าขาดสต็อกคืนให้ในภายหลัง (backorder) เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้พิจารณาค่าใช้จ่ายในการเตรียมงาน (setup costs) และสมมติให้ค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องนั้นเป็นเส้นตรง ดังนั้น การวางแผนการผลิตรวมนี้ได้ถูกสร้างขึ้นโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง (linear programming) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการผลิต ค่าจัดเก็บสินค้า ค่าแรงปกติและล่วงเวลา และค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดสต็อกมีค่าต่ำที่สุด นอกจากนี้การศึกษานี้ได้แสดงตัวอย่างการวางแผนการผลิตรวมโดยใช้ซอฟต์แวร์ CPLEX/MPL บนวินโดวส์มาใช้ในการหาคำตอบ

Development of an Aggregate Production Planning Model: Linear Programming Approach

Kanchana Sethanan, Ph.D

Lecturer

Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Ms. Thidarut Uthaipis

Ms. Nunthika Chaikanha

Mr. Piyah Jarupitak

Bachelor Student

Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Abstract

An aggregate production planning (APP) problem is a real world production problem. This paper proposes an aggregate production planning model with considering backorders. Since setup costs were ignored and all other cost functions were assumed to be linear, the APP problem was formulated as a linear program with the objective of minimizing total production costs, inventory, labor (i.e., regular and overtime), and stockout costs. Given the aggregate forecasts, the APP problem was solved by the CPLEX/MPL software on windows.

บทนำ

ในปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมมีการแข่งขันสูง ทำให้ผู้ประกอบการต้องพัฒนาระบบการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อพัฒนาศักยภาพการผลิตให้สูงกว่าผู้ประกอบการรายอื่น วิธีการหนึ่งที่จะนำไปสู่จุดมุ่งหมายนั้นคือ การลดต้นทุนการผลิต โดยเริ่มจากการวางแผนการผลิตที่ดี การวางแผนการผลิตเป็นขั้นตอนแรกในระบบการผลิตที่ผู้บริหารต้องคำนึงถึง เป้าหมายหลักของการวางแผนการผลิตคือ การหาวิธีการผลิตสินค้าที่มีคุณภาพให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์โดยให้เสียค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด ภายใต้ข้อจำกัดของทรัพยากรที่โรงงานมีอยู่เช่น กำลังคน กำลังการผลิต ปริมาณวัตถุดิบ ขนาดของคลังสินค้าและเงินทุน เป็นต้น จากแผนการผลิตนี้จะต้องนำมาจัดทำเป็นแผนการผลิตรวมของโรงงาน และจะส่งแผนการผลิตรวมนี้ไปให้แผนต่างๆ เช่น จัดซื้อ การเงิน คลังสินค้า ซ่อมบำรุง เพื่อจะได้นำไปจัดทำแผนงานของแต่ละฝ่ายให้สอดคล้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ การที่เราจะลดต้นทุนในการวางแผนการผลิตนั้นจะต้องพิจารณาปัจจัยหลายด้านด้วยกัน เพราะความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่หลายชนิด ตลอดจนการที่มีสายการผลิตมากกว่า 1 สายเช่น ในผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันแต่ผลิตที่สายการผลิตต่างสายกันจะมีค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดที่เกิดขึ้นไม่เท่ากัน เนื่องจากเวลาหรือค่าใช้จ่ายในการผลิตของผลิตภัณฑ์ (ที่ไม่รวมค่าแรงงาน) นั้นมีค่าต่างกัน อย่างไรก็ตามสายการผลิตที่มีเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัยกว่าจะใช้เวลาในการผลิตที่สั้นกว่า แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าสายการผลิตนั้นจะเสียค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดน้อยกว่า ดังนั้น การวางแผนจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการผลิตเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดจึงนับเป็นสิ่งจำเป็น

จากการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีงานวิจัยมากมายเกี่ยวกับการวางแผนการผลิตรวมสำหรับผลิตภัณฑ์หลายชนิดและ / คาบเวลา โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานวิจัยที่มีสมการเป้าหมายหลายเป้าหมายโดยใช้ Goal Programming มาใช้ในการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ Jaaskelainen (1969) Lee และ Moore (1974) Lockett และ Muhlemann (1978) Masud และ Hwang (1980) และ Lewis และคณะ (1992) ซึ่งงานวิจัยเหล่านี้ได้ทำการวางแผนการผลิตรวมสำหรับสายการผลิตแค่ 1 สายการผลิต และไม่มีการพิจารณาการส่งสินค้าคืนในภายหลัง (backorders) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเกี่ยวกับการวางแผนการผลิตรวมได้มีการค้นคว้าเพิ่มเติม

อยู่เสมอเช่น Qiu และ Burch (1997) ได้พิจารณาเวลาเตรียมงาน (setup times) ในการวางแผนการผลิตรวมด้วย

จะเห็นว่าการวางแผนการผลิตรวมมีความสำคัญมากต่อการวางแผนการผลิต โดยเฉพาะในปัจจุบันอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีหลายสายงานการผลิตและคำนึงถึงความพึงพอใจของลูกค้าเป็นหลัก ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จะทำการวางแผนการผลิตรวมสำหรับหลายผลิตภัณฑ์ในหลายคาบเวลาโดยพิจารณาถึงการส่งสินค้าที่ขาดสต็อกคืนให้ในภายหลัง (backorders)

ข้อสมมติที่ใช้ในการวางแผนการผลิตรวมของการศึกษา

1. การศึกษานี้พิจารณาสายการผลิตอย่างน้อย 1 สายการผลิต
2. ค่าใช้จ่ายในการผลิตสินค้าชนิดเดียวกันในแต่ละคาบเวลาและแต่ละสายการผลิตจะมีค่าเท่ากันหรือต่างกันได้
3. แต่ละสายการผลิตอาจจะมีเวลาในการผลิตเท่ากันหรือต่างกันได้
4. การศึกษานี้สามารถทำการผลิตนอกเวลาได้ถ้าจำเป็นและค่าแรงงานทั้งในกะปกติและกะล่วงเวลาของแต่ละสายการผลิตอาจจะมีค่าเท่ากันหรือต่างกันได้
5. กำลังการผลิตสูงสุดของแต่ละสายการผลิตอาจจะมีค่าเท่ากันหรือต่างกันได้
6. การศึกษานี้จะพิจารณาปริมาณสินค้าคงคลังด้วย นั่นคือ ปริมาณสินค้าคงคลังจะต้องมีไม่เกินกว่าปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุดที่กำหนดไว้
7. การศึกษานี้จะพิจารณากรณีที่มีการส่งสินค้าที่ขาดสต็อกคืนให้ในภายหลัง
8. ค่าใช้จ่ายในกรณีสินค้าขาดสต็อกของผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวกันในแต่ละสายการผลิตมีค่าเท่ากัน
9. การศึกษานี้จะไม่มีปัญหาด้านการขาดแคลนแรงงาน
10. การศึกษานี้จะไม่พิจารณาค่าใช้จ่ายในการจ้างผู้รับเหมาช่วงผลิต (subcontract)
11. การศึกษานี้พิจารณาเฉพาะค่าแรงปกติ ค่าแรงล่วงเวลา ค่าเก็บรักษาสินค้าและค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดสต็อกซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการวางแผนการผลิตรวมเท่านั้น

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง

ในการจัดตั้งรูปแบบแทนระบบปัญหาการวางแผนการผลิตรวมนี้ ใช้เทคนิคการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรง ซึ่งมีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรที่มีอยู่เช่น แรงงาน วัตถุดิบ เวลา กำลังการผลิต เป็นต้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาแผนการผลิตที่มีค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตต่ำสุด

สัญลักษณ์และความหมายที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สัญลักษณ์และความหมายของตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการวางแผนการผลิตรวมในการศึกษานี้ มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1 ตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 1 ตัวห้อย (subscripts)

อักษรย่อ	ความหมาย
i	ตัวชี้ (index) ของผลิตภัณฑ์
t	ตัวชี้ (index) ของคาบเวลาที่ใช้ในการวางแผน
l	ตัวชี้ (index) ของสายการผลิต
I	เซตของชนิดของผลิตภัณฑ์ = $\{1,2,3,...,p\}$
T	เซตของจำนวนคาบเวลาที่ใช้ในการวางแผน = $\{1,2,3,...,n\}$
L	เซตของจำนวนของสายการผลิต = $\{1,2,3,...,k\}$

ตารางที่ 2 ตัวแปร (parameters)

ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย
$C(i,t,l)$	ค่าใช้จ่ายในการผลิต (ที่ไม่รวมค่าแรงงาน) ต่อหน่วยของสินค้า i ที่คาบเวลา t ที่สายการผลิต l	บาท/หน่วย
$PR(i)$	ราคาขายของสินค้า i	บาท/หน่วย
$LR(l)$	ค่าแรงต่อชั่วโมงในกะปกติของสินค้าที่ผลิตที่สายการผลิต l	บาท/ชั่วโมง
$LO(l)$	ค่าแรงต่อชั่วโมงในกะล่วงเวลาของสินค้าที่ผลิตที่สายการผลิต l	บาท/ชั่วโมง
$H(i,t)$	ค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลังของสินค้า i ที่คาบเวลา t	บาท/หน่วย/คาบเวลา
$P(t,l)$	กำลังการผลิตสูงสุดที่คาบเวลา t ที่สายการผลิต l	หน่วย/คาบเวลา
$M(i,t)$	ปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุดของสินค้า i เมื่อสิ้นสุดคาบเวลา t	หน่วย
$D(i,t)$	ความต้องการสินค้าสูงสุดจากการพยากรณ์ของสินค้า i ที่คาบเวลา t	หน่วย/คาบเวลา
$CS(i,t)$	ค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดสต็อกของสินค้า i ที่คาบเวลา t	บาท/หน่วย
$ART(t,l)$	เวลาทั้งหมดที่มีให้ในการผลิตที่คาบเวลา t ที่สายการผลิต l ในกะปกติ	ชั่วโมง/คาบเวลา
$AOT(t,l)$	เวลาทั้งหมดที่มีให้ในการผลิตที่คาบเวลา t ที่สายการผลิต l ในกะล่วงเวลา	ชั่วโมง/คาบเวลา
$R(i,t,l)$	เวลาที่ใช้ในการผลิตสินค้าต่อหน่วยของสินค้า i ที่คาบเวลา t ที่สายการผลิต l	

ตารางที่ 3: ตัวแปรตัดสินใจ (decision variables)

ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย
$X(i,t,l)$	ปริมาณสินค้า i ที่ผลิตในคาบเวลา t ที่สายการผลิต l ในกะปกติ	หน่วย/คาบเวลา
$Y(i,t,l)$	ปริมาณสินค้า i ที่ผลิตในคาบเวลา t ที่สายการผลิต l ในกะล่วงเวลา	หน่วย/คาบเวลา
$I(i,t,l)$	ปริมาณสินค้าคงคลังของสินค้า i เมื่อสิ้นสุดคาบเวลา t ที่สายการผลิต l	หน่วย
$S(i,t)$	ปริมาณของสินค้า i ที่ขาดสต็อกในคาบเวลา t	หน่วย/คาบเวลา
$TR(t,l)$	เวลาที่ใช้ในการผลิตจริงในคาบเวลา t ที่สายการผลิต l ในกะปกติ	ชั่วโมง/คาบเวลา

สมการทางคณิตศาสตร์ของการวางแผนการผลิตรวม

รูปแบบ : หาค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำสุดโดยมีการส่งสินค้าที่ขาดสต็อกคืนในภายหลัง

สำหรับรูปแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะหาค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำสุดโดยมีการส่งสินค้าที่ขาดสต็อกคืนในภายหลังนี้ จะมีสมการเงื่อนไขทั้งสิ้น $n(5k+2p)$ สมการ และตัวแปรตัดสินใจ $n(3pk+2k+2p)$ ตัวแปร

1. สมการเป้าหมาย (objective function)

$$\begin{aligned} MIN Z = & \left\{ \sum_{i=1}^p \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L [C(i,t,l)X(i,t,l) + C(i,t,l)Y(i,t,l)] + \sum_{i=1}^p \sum_{t=1}^T \sum_{l=1}^L [H(i,t)I(i,t,l)] \right. \\ & \left. + \sum_{i=1}^p \sum_{l=1}^L [LR(l)TR(t,l) + LO(l)TO(t,l)] + \sum_{i=1}^p \sum_{t=1}^T [S(i,t)CS(i,t)] \right\} \end{aligned}$$

2. สมการเงื่อนไข (constraints)

Constraints 1 : เงื่อนไขด้านกำลังผลิต

“กำลังการผลิตของสินค้าทุกชนิดที่คาบเวลา t สายการผลิต 1 ทั้งในกะปกติและกะล่วงเวลามีค่าไม่เกินกำลังผลิตสูงสุดของผลิตภัณฑ์นั้นที่คาบเวลาและสายการผลิตนั้น”

$$\sum_{i=1}^p X(i,t,l) + \sum_{i=1}^p Y(i,t,l) \leq P(t,l) \quad t \in T, l \in L$$

Constraints 2 : เงื่อนไขด้านเวลาในการผลิตในกะปกติ

“เวลาที่ใช้ทั้งหมดในการผลิตจริงในกะปกติที่คาบเวลา t ที่สายการผลิต 1 มีค่าไม่น้อยกว่าเวลาที่ใช้ในการผลิตจริงในกะปกติของสินค้าทุกชนิดที่คาบเวลาและที่สายการผลิตนั้น”

$$TR(t,l) \geq \sum_{i=1}^p X(i,t,l)R(i,t,l) \quad t \in T, l \in L$$

Constraints 3 : เงื่อนไขด้านเวลาในการผลิตล่วงเวลา

“เวลาที่ใช้ทั้งหมดในการผลิตจริงในการผลิตล่วงเวลาที่คาบเวลา t ที่สายการผลิต 1 มีค่าไม่น้อยกว่าเวลาที่ใช้ในการผลิตจริงในการผลิตล่วงเวลาของสินค้าทุกชนิดที่คาบเวลาและที่สายการผลิตนั้น”

$$TO(t,l) \geq \sum_{i=1}^p Y(i,t,l)R(i,t,l) \quad t \in T, l \in L$$

Constraints 4 : เงื่อนไขด้านเวลาที่กำหนดไว้ในกะปกติ

“เวลาที่ใช้ในการผลิตจริงของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในกะปกติที่คาบเวลา t ที่สายการผลิต 1 มีค่าไม่เกินเวลาทั้งหมดที่มีให้ในการผลิตในกะปกติที่คาบเวลาและที่สายการผลิตนั้น”

$$TR(t,l) \leq ART(t,l) \quad t \in T, l \in L$$

Constraints 5 : เงื่อนไขด้านเวลาที่กำหนดไว้ในกะล่วงเวลา

“เวลาที่ใช้ในการผลิตจริงของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดในการผลิตล่วงเวลาที่คาบเวลา t ที่สายการผลิต 1 มีค่าไม่เกินเวลาทั้งหมดที่มีให้ในการผลิตล่วงเวลาที่คาบเวลาและที่สายการผลิตนั้น”

$$TO(t,l) \leq AOT(t,l) \quad t \in T, l \in L$$

Constraints 6 : เงื่อนไขด้านสินค้าคงคลังสูงสุด

“ปริมาณคงคลังของสินค้า i เมื่อสิ้นสุดคาบเวลา t มีค่าไม่เกินปริมาณคงคลังสูงสุดของสินค้าชนิดนั้นที่คาบเวลาดังกล่าว ”

$$\sum_{l=1}^k I(i,t,l) \leq M(i,t) \quad t \in T, i \in I$$

Constraints 7 : เงื่อนไขด้านสมดุลสินค้าคงคลัง

“ปริมาณคงคลังของสินค้า i เมื่อสิ้นสุดคาบเวลา t มีค่าเท่ากับผลรวมของปริมาณสินค้า i ทั้งหมดที่มีที่คาบหลังจากมีการส่งของให้แก่ลูกค้าในปริมาณความต้องการสินค้านั้นที่คาบเวลาดังกล่าวและปริมาณที่ส่งสินค้าขาดสต็อกในคาบเวลาที่แล้วคืบ ”

$$\sum_{l=1}^k I(i,t,l) = \sum_{l=1}^k [X(i,t,l) + Y(i,t,l) + I(i,t-1)] + S(i,t) - D(i,t) - S(i,t-1)$$

Constraints 10 : Non-negativity constraints

$$X(i,t,l), Y(i,t,l), I(i,t,l), S(i,t), TR(t,l), TO(t,l) \geq 0$$

ตัวอย่าง

โรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งต้องการวางแผนการผลิตสำหรับ 4 เดือนข้างหน้า สำหรับผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ถ้ามีความต้องการเพิ่มมากขึ้นทางโรงงานจะผลิตในกะส่วเวลา หากผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดสต็อก รายละเอียดข้อมูลโรงงานมีดังต่อไปนี้

โรงงานมี 2 สายการผลิตที่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ได้ทุกชนิด ค่าใช้จ่ายในการผลิต เวลาการผลิต ค่าเก็บรักษาสินค้า (holding costs) ค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดสต็อก (stockout costs) และปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุดของสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละสายการผลิตแสดงได้ในตารางที่ 4 ส่วนตารางที่ 5 แสดงค่าใช้จ่ายด้านแรงงาน ปริมาณความต้องการของสินค้าแต่ละประเภท จำนวนวันทำงาน ชั่วโมงทำงานปกติ และชั่วโมงทำงานนอกเวลาในแต่ละเดือน และโรงงานแห่งนี้ ต้องการวางแผนกำลังการผลิตรวมโดยพิจารณาถึงการส่งสินค้าที่ขาดสต็อกคืนให้นายพล

ตารางที่ 4:
เวลาในการผลิต ค่าจัดเก็บสินค้า ปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุดและค่าเสียโอกาสของสินค้าแต่ละชนิดในแต่ละสายการผลิต

รายการ	เวลาในการผลิต (นาที่/ชิ้น)		ค่าจัดเก็บสินค้า (บาท/หน่วย/เดือน)	ปริมาณสินค้า คงคลังสูงสุด (ชิ้น/เดือน)	ค่าเสียโอกาส (บาท/หน่วย)	ค่าใช้จ่ายในการผลิต (บาท/หน่วย)	
	สายการ ผลิต 1	สายการ ผลิต 2				สายการ ผลิต 1	สายการ ผลิต 2
ผลิตภัณฑ์ 1	10	12	5	50	20	5	3
ผลิตภัณฑ์ 2	8	10	10	100	30	10	7
ผลิตภัณฑ์ 3	11	12	8	80	25	8	6

ตารางที่ 5:

ปริมาณความต้องการของสินค้าแต่ละชนิด จำนวนวันทำงาน ชั่วโมงทำงานปกติและ
ชั่วโมงทำงานล่วงเวลา

รายการ		เดือนที่1	เดือนที่2	เดือนที่3	เดือนที่4
ปริมาณกำลังการผลิตสูงสุด (หน่วย)	สายการผลิต 1	1,400	1,200	1,300	1,250
	สายการผลิต 2	1,200	1,000	1,100	1,050
ความต้องการ (หน่วย)	ผลิตภัณฑ์ 1	960	950	880	920
	ผลิตภัณฑ์ 2	600	640	550	700
	ผลิตภัณฑ์ 3	850	800	790	800
ค่าแรงในกะปกติ (บาท/ชม.)	สายการผลิต 1	20	20	20	20
	สายการผลิต 2	18	18	18	18
ค่าแรงในกะล่วงเวลา (บาท/ชม.)	สายการผลิต 1	30	30	30	30
	สายการผลิต 2	27	27	27	27
วันทำงาน		22	19	21	20
ชั่วโมงทำงานปกติ (8 ชม./วัน)		176	152	168	160
ชั่วโมงทำงานล่วงเวลา (ชม./วัน)		44	38	42	40

จากปัญหาที่กำหนดได้ถูกนำมาหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (optimal solution) โดยใช้โปรแกรม CPLEX/MPL บนวินโดวส์ ซึ่งปัญหานี้จะมีจำนวนสมการเงื่อนไขเท่ากับ 64 สมการ และจำนวนตัวแปรตัดสินใจ (decision variables) ทั้งหมด 100 ตัวแปร และใช้เวลาในการคำนวณทั้งสิ้น 0.01 วินาที ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาคำตอบของปัญหานี้ ซึ่งได้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด 96,591.36 บาท และค่าตัวแปรตัดสินใจแต่ละตัวแสดงได้ดังข้อมูลในรูปที่ 1

VARIABLE X[i,t,l] :		VARIABLE Y[i,t,l] :	
i t l	Activity	i t l	Activity
1 1 1	1010.0000	1 2 1	228.0000
1 2 1	608.0294	1 3 1	252.0000
1 3 1	741.9706	1 4 1	4.2745
1 4 1	861.7549	2 1 1	330.0000
2 1 1	57.5000	2 4 1	294.6569
2 1 2	231.1765	2 4 2	218.9314
2 2 1	321.3235	3 1 2	220.0000
2 2 2	300.0000	3 2 2	190.0000
2 3 1	235.3431	3 3 2	207.5572
2 3 2	314.6569		
2 4 2	186.4118	VARIABLE TOv[i,l] :	
3 1 2	687.3529	i l	Activity
3 2 1	42.6471	1 1	2640.0000
3 2 2	510.0000	1 2	2640.0000
3 3 1	70.6863	2 1	2280.0000
3 3 2	577.7859	2 2	2280.0000
3 4 1	89.3137	3 1	2520.0000
3 4 2	644.6569	3 2	2490.6863
		4 1	2400.0000
		4 2	2189.3137
VARIABLE If[i,t,l] :		VARIABLE TR[i,l] :	
i t l	Activity	t l	Activity
1 1 1	50.0000	1 1	10560.0000
1 3 1	50.0000	1 2	10560.0000
2 1 1	18.6765	2 1	9120.0000
3 1 1	57.3529	2 2	9120.0000
3 3 1	66.0294	3 1	10080.0000
		3 2	10080.0000
VARIABLE S[i,t] :		4 1	9600.0000
i l	Activity	4 2	9600.0000
1 2	63.9706		
1 4	3.9706		

รูปที่ 1 แสดงค่าตัวแปรตัดสินใจแต่ละตัวจากการใช้โปรแกรม CPLEX/MPL

จากรูปที่ 1 สามารถสรุปการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์ ปริมาณของสินค้าที่ขาดสต็อกของแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละคาบเวลา และเวลาที่ใช้ในการผลิตของแต่ละสายการผลิต ได้ดังตารางที่ 6 ตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 สรุปการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์

สายการผลิต	ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต	เดือนที่ผลิต	ปริมาณสินค้า ที่ผลิต ในกะปกติ (หน่วย)	ปริมาณสินค้าที่ผลิต ในกะล่วงเวลา (หน่วย)	ปริมาณสินค้าคงคลัง (หน่วย)
1	1	1	1010.00	0.00	50.00
		2	608.03	228.00	0.00
		3	741.97	252.00	50.00
		4	861.75	4.27	0.00
	2	1	57.50	330.00	18.68
		2	321.32	0.00	0.00
		3	235.34	0.00	0.00
		4	0.00	294.66	0.00
	3	1	0.00	0.00	57.35
		2	510.00	0.00	0.00
		3	70.69	0.00	66.03
		4	89.31	0.00	0.00
2	2	1	231.18	0.00	0.00
		2	300.00	0.00	0.00
		3	314.66	0.00	0.00
		4	186.41	0.00	0.00
	3	1	687.35	220.00	0.00
		2	510.00	190.00	0.00
		3	577.79	207.56	0.00
		4	644.66	0.00	0.00

ตารางที่ 7: สรุปปริมาณของสินค้าที่ขาดสต็อกของแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละคาบเวลา

ผลิตภัณฑ์	เดือนที่	ปริมาณของสินค้าที่ขาดสต็อก (หน่วย)
1	2	63.97
1	4	3.97

ตารางที่ 8 สรุปเวลาที่ใช้ในการผลิตของแต่ละสายการผลิต

สายการผลิต	เดือนที่ผลิต	เวลาที่ใช้ในการผลิตในแต่ละเดือนที่ผลิต ในกะปกติ (นาท)	เวลาที่ใช้ในการผลิตในแต่ละเดือนที่ผลิต ในกะล่วงเวลา (นาท)
1	1	10560.00	2640.00
	2	9120.00	2280.00
	3	10080.00	2520.00
	4	9600.00	2400.00
2	1	10560.00	2640.00
	2	9120.00	2280.00
	3	10080.00	2490.69
	4	9600.00	2189.31

สรุป

ถึงแม้จะมีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นจำนวนมากที่จะหาความเหมาะสมระหว่างการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ (เช่น กำลังคน กำลังการผลิต ปริมาณสินค้าคงคลัง และเงินทุน) ให้สอดคล้องกับปริมาณความต้องการที่ได้จากการพยากรณ์โดยเสียค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม รูปแบบการวางแผนการผลิตรวมเหล่านั้น ได้มีการพิจารณาการวางแผนการผลิตสำหรับองค์กรที่มีสายการผลิตเพียง 1 สาย และไม่มีมีการพิจารณาการจัดส่งสินค้าที่ขาดสต็อคืนให้ในภายหลัง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อที่จะใช้แก้ปัญหาสำหรับการวางแผนการผลิตสำหรับปัญหาดังกล่าว โดยรูปแบบการวางแผนการผลิตรวมยังได้ถูกสร้างขึ้น

สำหรับอุตสาหกรรมจริงในปัจจุบันที่มีสายการผลิตมากกว่า 1 สาย และมีการพิจารณาการจัดส่งสินค้าที่ขาดสต็อกคืนให้ในภายหลัง (Backorder)

เอกสารอ้างอิง

- Jaaskelainen, V. A (1969), **Goal Programming Model for Aggregate Production Planning**. Swedish Journal of Economics, 2, 14-29.
- Lee, S. M. & Moore, L. J. (1974), **A Practical Approach to Production Scheduling**. Production and Inventory Management, 15(1), 79-92.
- Lewis, H. S., Sweigart J. R., & Markland R. E. (1992), **Master Scheduling in Assemble To-Order Environments: A Capacitated Multiobjective Cost-Sizing Model**. Decision Science, 23, 21-43.
- Lockett, A. G. & Muhlemann, A. P. (1978), **A Problem of Aggregate Scheduling: An Application of Goal Programming**. International Journal of Production Research, 16, 127-135.
- Masud, A. S. & Hwang, C. L. (1981), **Interactive Sequential Goal Programming**. Journal of Operational Research Society, 32, 391-400.
- Qui, M. M. & Burch E. E. (1997), **An HPP and Scheduling Model: A Real World Application**. International Journal of Production Research, 35(11), 3023-3042.