รายงานผลการวิจัย

การวิเคราะห์ระบบอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทย : กรณีศึกษา การวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือ ในช่วงเวลาที่มีจำกัด

Analysis of Steel Industries in Thailand : Case Study of Production Planning and Control by Determination of Time Limited Free Back Orders

ผศ. วัชรินทร์ แสงมา

นายพิษณุ ทองขาว

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณ ปี พ.ศ. 2553

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความช่วยเหลือจากหลายท่าน คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ร.ศ. ดวงสุดา เตโชติรส อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผ.ศ. วัลลภ ภูผา คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้การสนับสนุนการทำงานวิจัยของอาจารย์ในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มาตั้งแต่เริ่มต้น ขอขอบคุณ รองกรรมการบริหาร ผู้จัดการ วิศวกร และพนักงานโรงงานผลิตเหล็กและเหล็กกล้า เขตจังหวัดสมุทรปราการ ที่ช่วยในเรื่องของข้อมูล เป็นอย่างดี

ท้ายนี้คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนครที่ได้ให้ทุนสนับสนุน จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

คณะผู้วิจัย

ชื่อเรื่อง : การวิเคราะห์ระบบอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทย : กรณีศึกษาการวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัด

ผู้วิจัย : วัชรินทร์ แสงมา และ พิษณุ ทองขาว

พ.ศ. : 2553

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อ หาปริมาณการสั่งซื้อวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิต ระยะเวลาในการผลิต ระยะเวลาสินค้าขาดมือที่ลูกค้าสามารถรอสินค้าโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย ในแต่ละรอบและเวลาเริ่มผลิตสินค้าในรอบถัดไป เพื่อทำให้เกิดต้นทุนการผลิตสินค้ารวมต่ำสุดในการวางแผนและควบคุมการผลิต ของผู้ผลิตเหล็กและเหล็กกล้าที่มีอัตราการผลิตใกล้เคียงกัน จำนวน 2 โรงงาน ในเขตจังหวัด สมุทรปราการ โดยทำการเลือกศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์เหล็กรีดร้อนที่มียอดสั่งสูงบางประเภทเท่านั้น ซึ่งได้แก่ เหล็กเอชบีม เหล็กแผ่นเรียบ เหล็กเส้นกลม เหล็กเพลาดำ ทุกขนาด เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการวิเคราะห์หา ค่าอัตราความต้องการสินค้าของลูกค้าต่อเดือน ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังต่อหน่วยต่อหน่วยเวลา ค่าใช้จ่ายในกรณีสินค้าขาดมือต่อหน่วยต่อหน่วยเวลา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในกรณีสูญเสียลูกค้าเมื่อไม่สามารถส่งของได้ทันตามกำหนดในเวลาที่ลูกค้าสามารถรอได้ซึ่งรวมถึงการสูญเสียกำไรจากการขายด้วย ค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิตต่อครั้ง ระยะเวลาที่ลูกค้าสามารถรอได้เมื่อเกิดกรณีสินค้าขาดมือโดยไม่คิดค่าปรับ และสัดส่วนลูกค้ากรณีสินค้าระยะเวลาของสินค้าขาดมือเกินกำหนดที่ลูกค้ารอได้ โดยนำค่าต่างๆที่หาได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยตัวแบบสินค้าคงคลังโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัด ของผลิตภัณฑ์แต่ละขนาด

คำสำคัญ: ทฤษฎีสินค้าคงคลัง,ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด , ค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือ , ค่าใช้จ่ายในการสูญเสียการขาย

Title : Analysis of Steel Industries in Thailand : Case Study of Production Planning and Control by determination of time-limited free back-orders

Researcher: Watcharin sangma and Pitsanu Tongkhow

Year : 2010

Abstract

The objectives of this research were to find the distribution of food demand for laying hens and to find the optimum amount of that food production which had minimum cost. The data consisted of customer purchase orders for the food of laying hens, price of food for laying hens, cost per unit for the food inventory, cost related to food of laying hens in which the food was out of stock, such as fine, overtime, urgent purchase for material. They were collected in 2008-2009 form a factory in Nakronrachasima province.

The collected data were analized in order to explore the distribution of the monthly food demand for the laying hens and to see the rate of inventory per unit. The results were used in the stochastic linear programming model for aggregate planning in which the optimum production, minimum cost, could be obtained. Programming algorithm in MATLAB and tools in Linprog software were used to get the solution. The distribution of the food demand for laying hens and the random numbers were used in the model.

The study found that the distribution of food demand for laying hens every month has normal distribution (January to December). The monthly average amount of production from January to December were 12913.74, 11898.12, 13096, 15443.26, 14916.33, 10322.64, 10818.21, 11393.11, 11700.72, 9706.05 and 11702.05 respectively. The minimum total cost average for 12months was Baht 62,422,386.98.

Keyword: Inventory theory, Economic Order Quantity , Back-orders Cost , Lost Sale Cost

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
ขอบเขตของการวิจัย	2
สมมุติฐานในการวิจัย	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทย	3
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการพยากรณ์	6
ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง	18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	27
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	30
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	30
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	31
วิธีการดำเนินการศึกษา	31
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	32
ตัวแบบที่ใช้ในการวิเคราะห์	33
ประเมินผลวิจัย	36
บทที่ 4 ผลการวิจัย	37
ผลพยากรณ์ปริมาณความต้องการ	37
ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ	47
ผลการวิเคราะห์การวางแผนและควบคุมการผลิต	50
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	56

สรุปผลการวิจัย 56
ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป 57
บรรณานุกรม 58
ประวัติคณะผู้วิจัย 59

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมเหล็กของไทยจัดเป็นอุตสาหกรรมพื้นฐานที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากเหล็กเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลายประเภท สำหรับผลิตภัณฑ์สำคัญที่มีความโดดเด่นในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า ได้แก่ กลุ่มเหล็กทรงยาว เช่น เหล็กเส้น ลวดเหล็ก และกลุ่มเหล็กทรงแบน เช่น เหล็กแผ่นรีดร้อนและรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบและเหล็กโครงสร้างรูปพรรณ ซึ่งความต้องการใช้เหล็กในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งความต้องการใช้ของอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่มีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่นๆ เป็นจำนวนมาก เช่น อุตสาหกรรมยานยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เฟอร์นิเจอร์ บรรจุภัณฑ์ของอาหารกระป๋อง เครื่องจักรกล และอุตสาหกรรมก่อสร้างในประเทศและการส่งออกที่เพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุทำให้อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้ามีการใช้งานที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างมากเช่นกัน

จากราคาเหล็กในตลาดโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และประกอบกับอุตสาหกรรมก่อสร้างที่มีการขยายตัวสูงขึ้นอย่างมาก ได้จากข้อมูลการเก็บรวบรวมของสถาบันเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทย และผลกระทบจากราคาเหล็กในตลาดโลกที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องนั้น ผู้ผลิตจึงได้ทำการเร่งการผลิตผลิตภัณฑ์เหล็กไว้เพื่อเก็บไว้เป็นสินค้าคงคลังกันมาก

จากข้อมูลดังที่ได้กล่าวมานั้น ในการที่ราคาเหล็กของตลาดโลก ปริมาณการใช้เหล็กและปริมาณการนำเข้าเหล็กที่มีแนวโน้มสูงขึ้น รวมถึงปริมาณการผลิตและปริมาณการส่งออกที่ลดลงนั้น ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาถึงการวางแผนการผลิตของระบบอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทย โดยพิจารณากรณีที่ไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาหนึ่งที่มีอยู่อย่างจำกัดแต่หลังจากช่วงเวลาดังกล่าวจึงจะคิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือ เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญอย่างหนึ่งในการวางแผนตัดสินใจเกี่ยวกับการวางแผนการผลิตของระบบอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทยในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพยากรณ์หาปริมาณความต้องการในอนาคตของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาวางแผนหาปริมาณการผลิตเหมาะที่สุดของการผลิตแต่ละครั้งและปริมาณ

สินค้าขาดมือที่ลูกค้าเต็มใจที่จะรอคอย รวมถึงช่วงระยะเวลาเหมาะที่สุดระหว่างการผลิตแต่ละครั้งโดยให้สอดคล้องกับความต้องการในอนาคตเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมในการผลิตโดยเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาต่ำที่สุดของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าในประเทศไทย

ขอบเขตของโครงการวิจัย

ประชากร/ตัวอย่าง

ผู้ผลิตเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทย โดยสุ่มตัวอย่างผู้ผลิตเหล็กและเหล็กกล้าจำนวน 2 โรงงานที่มีกำลังการผลิตสูง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า หาค่าเฉลี่ยต่างๆ เช่นค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิต แต่ละขนาดของแต่ละผลิตภัณฑ์ เป็นต้น จำนวน 3 ปี

สมมุติฐานในการวิจัย

มีสินค้าขาดมือโดยลูกค้าเต็มใจที่จะรอคอยสินค้าโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาหนึ่งที่มีอยู่อย่างจำกัดแต่หลังจากช่างเวลาดังกล่าวจึงจะคิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือ โดยสัดส่วนของความต้องการสินค้าบางส่วนจะถือเป็นการสูญเสียลูกค้า

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการในอนาคตของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทย
2. ทำให้ทราบค่าปริมาณการผลิตเหมาะที่สุดในแต่ละครั้ง และปริมาณสินค้าขาดมือที่ลูกค้าเต็มใจที่จะรอคอย รวมถึงช่วงระยะเวลาเหมาะที่สุดระหว่างการผลิตแต่ละครั้งโดยมีความสอดคล้องกับความต้องการในอนาคตเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายทั้งหมดโดยเฉลี่ยในการผลิตต่ำที่สุดของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าในประเทศไทย
3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลในวางแผนการตัดสินใจในอนาคตสำหรับผู้ผลิตเหล็กและเหล็กกล้าในประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
4. นำวิธีการที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้กับปัญหาในโรงงานอื่น ๆ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ระบบอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทย : กรณีศึกษาการวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัดในครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อดังต่อไปนี้

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทย

อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าแบ่งออกเป็น อุตสาหกรรมต้นน้ำ อุตสาหกรรมกลางน้ำ และ อุตสาหกรรมปลายน้ำ ได้ดังนี้

- **อุตสาหกรรมต้นน้ำ** คือ อุตสาหกรรมเหล็กถลุง (Pig Iron) และเหล็กพรุน (Sponge Iron) ซึ่งจัดได้ว่าเป็นกระบวนการเริ่มต้นของอุตสาหกรรมเหล็กที่มีความสำคัญอย่างมากต่อศักยภาพในการพัฒนาอุตสาหกรรมเหล็กและอุตสาหกรรมต่อเนื่อง สำหรับประเทศไทยในปัจจุบันยังไม่มีการจัดตั้งโรงงานผลิตเหล็กต้นน้ำ ซึ่งแต่เดิมนั้นแนวทางการพัฒนาถูกกำหนดโดยความต้องการของตลาดในประเทศมากกว่าจากนโยบายของภาครัฐ จึงทำให้อุตสาหกรรมเหล็กเริ่มต้นพัฒนาจากปลายน้ำเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศมากกว่าการเริ่มต้นพัฒนาจากอุตสาหกรรมต้นน้ำ

- **อุตสาหกรรมกลางน้ำ** เป็นขั้นที่นำผลิตภัณฑ์จากการผลิตเหล็กขั้นต้นทั้งที่เป็นของเหลวและของแข็งรวมถึงเศษเหล็ก (Scrap) มาหลอมปรับปรุงคุณสมบัติและส่วนผสมทางเคมีให้ได้เป็นเหล็กกล้า (Steelmaking) สำหรับประเทศไทยผู้ผลิตขั้นกลางทุกรายจะผลิตด้วยเตาอาร์ตไฟฟ้าโดยใช้เศษเหล็กเป็นวัตถุหลักในการผลิต นอกจากการผลิตเหล็กกล้าแล้วอุตสาหกรรมขั้นกลางยังรวมถึงการหล่อเหล็กกล้าให้เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปที่มีอยู่ 3 ประเภท ได้แก่ เหล็กแท่งยาว (Billet) เหล็กแท่งแบน (Slab) และเหล็กแท่งใหญ่ (Bloom)

- **อุตสาหกรรมปลายน้ำ** เป็นขั้นของการแปรรูปผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปด้วยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การรีดร้อน การรีดเย็น การเคลือบผิว การผลิตท่อเหล็ก การตีเหล็กขึ้นรูปรวมไปถึงการหล่อเหล็ก เช่น เหล็กเส้น เหล็กลวด เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบ เหล็กโครงสร้าง รูปพรรณรีดร้อน เป็นต้น ซึ่งจะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบทางการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ต่อเนื่อง เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้า อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ และอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ในประเทศไทย การผลิตเหล็กและเหล็กกล้าจะเริ่มจากขั้นกลาง คือ การหลอมและการหล่อ

2.1.1 กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า

การผลิตเหล็กและเหล็กกล้าประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1.การแต่งแร่และการถลุง

การแต่งแร่ คือ การแปรสภาพสินแร่ให้ได้ขนาดและคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการถลุง เช่น การบดแร่ให้ละเอียดเพื่อแยกเหล็กจากมลทินแล้ว อาจแยกโดยอาศัยความถ่วงเฉพาะที่ต่างกัน (Float) หรือใช้การแยกด้วยแม่เหล็ก (Magnetic separation) ซึ่งแร่ที่ได้จะละเอียดเกินไป ต้องทำให้เป็นก้อน (Agglomeration) ก่อนป้อนเข้าเตาถลุง

การถลุงเหล็ก คือ การแปรสภาพแร่เหล็กให้มีความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้น (%เหล็กเพิ่มขึ้น) โดยการขจัดสิ่งเจือปนต่างๆ ออกจากแร่เหล็ก

2. การหลอมและการปรุงส่วนผสม

การหลอมเหล็ก คือ การให้ความร้อนแก่ เหล็กถลุง (Pig iron) เหล็กพรุน หรือเศษเหล็ก ทำให้เหล็กหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูง (ประมาณ 1600 °C)

สำหรับการผลิตเหล็กกล้า ในขั้นตอนการหลอมนี้ จะมีการปรับปรุงส่วนผสมทางเคมีของเหล็กโดยการทำออกซิเดชั่นเพื่อลดปริมาณคาร์บอนและฟอสฟอรัส การเติมสารประกอบต่างๆ เพื่อลดปริมาณสารเจือปนและทำให้ผลิตภัณฑ์เหล็กมีคุณสมบัติตามที่ต้องการในขั้นตอน

นี้ สิ่งเจือปนซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารประกอบออกไซด์ ซิลิเกตของธาตุต่างๆ จะแยกตัวจากน้ำโลหะ ซึ่งเราเรียกสิ่งเจือปนที่แยกออกมานี้ว่า Slag

3. การหล่อ

การหล่อเหล็ก คือ การนำเหล็กหลอมเหลวที่ได้ปรุงแต่งส่วนผสมแล้วเทลงในแบบเพื่อให้เกิดการแข็งตัวตามรูปร่างที่ต้องการการหล่อสามารถแบ่งได้แบ่ง 2 แบบ

- Ingot casting คือ การหล่อแบบที่น้ำเหล็กกล้าถูกเทลงสู่แบบหล่อที่ไม่เคลื่อนไหว (Stationary mold) เพื่อหล่อเป็นแท่งโลหะ (Ingot)

- การหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous casting) คือ การที่น้ำเหล็กหลอมเหลวได้ไหลผ่านแบบหล่อ (Mold) อย่างต่อเนื่องและแข็งตัวเป็น “ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จ” คือ Billet, Bloom หรือ Slab ซึ่งสามารถตัดและนำไปผ่านขบวนการแปรรูปต่อไป

ปัจจุบัน การหล่อแบบต่อเนื่องเป็นที่นิยม เนื่องจากนำมาสู่การเพิ่มสัดส่วนผลผลิตที่ได้รับ (Yield), ปรับปรุงคุณภาพ, เพิ่มความสามารถในการผลิตและประสิทธิภาพของการลงทุน

4. การแปรรูป

คือ การแปรรูปเหล็กกล้าที่ได้หลอมเพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดที่ต้องการ นอกจากนี้ยังเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติเชิงของผลิตภัณฑ์เหล็กกล้าอีกด้วย การแปรรูปประกอบด้วยการแปรรูปร้อนและการแปรรูปเย็น

สำหรับเหล็กแผ่นเมื่อผ่านการรีดร้อนแล้วสามารถนำไปใช้งานบางอย่างได้โดยตรง แต่สำหรับเหล็กแผ่นบางจะถูกลดขนาดด้วยการรีดเย็นต่อ เพื่อให้ได้ความหนาตามที่ต้องการและด้วยเหตุผลอื่นๆ ดังนี้

-เพื่อปรับปรุงคุณภาพผิว

- เพื่อให้ได้คุณสมบัติเชิงกลที่ต้องการ

-เพื่อให้ได้ความหนาที่ต่ำกว่าเหล็กแผ่นรีดร้อน

-เพื่อควบคุมให้ความคลาดเคลื่อนของความหนาต่ำ

เนื่องจากการรีดร้อนจะประหยัดกว่าการรีดเย็น ดังนั้นในการผลิตเหล็กแผ่นบางจึงเริ่มจากการรีดร้อนให้ได้ขนาดค่าหนึ่งก่อน จากนั้นจึงทำการรีดเย็นต่อ

ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านขั้นตอนที่ 4 คือการแปรรูปแล้ว สามารถนำไปผ่านขบวนต่างๆ ของอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายตามประเภทของการใช้งาน เช่น วัสดุก่อสร้าง ท่อ คอนเทนเนอร์ ถังความดัน ชิ้นส่วนยานยนต์ ไฟฟ้าและเครื่องจักรกล เป็นต้น

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคการพยากรณ์

ก่อนที่จะทำการตัดสินใจเลือกวิธีการพยากรณ์ใดๆควรจะพิจารณาถึงลักษณะของสถานทีกำลังตัดสินใจว่ามีความสอดคล้องกับลักษณะของวิธีการพยากรณ์ต่างๆที่ต้องการจะเลือกใช้ สำหรับการพยากรณ์โดยทั่วไป มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณา ดังต่อไปนี้

2.2.1 วิธีการใช้วิจารณญาณ (Judgment Method)

เป็นวิธีการที่ใช้เมื่อไม่มีข้อมูลในอดีตเพียง พอที่จะใช้พยากรณ์ เช่น ต้องการ พยากรณ์ยอดขายของสิ้นค้าใหม่ หรือเมื่อมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีเกิดขึ้น การพยากรณ์แบบนี้มี 4 วิธี ด้วยกันคือ

- การประมาณการของพนักงานขาย (Sale Force Estimates) ใช้การประมาณการของพนักงานขายซึ่งเป็นผู้ที่ได้สัมผัสกับสภาพของตลาดมากที่สุด ใกล้ชิดกับลูกค้ามากที่สุด พนักงานขายจะพยากรณ์โดยรวบรวมยอดขายแต่ละเขตพื้นที่ซึ่งตนรับผิดชอบเท่านั้น แล้วส่งมายังสำนักงานใหญ่ แต่วิธีนี้ก็มีข้อผิดพลาดได้เนื่องจากพนักงานขายบางคนเป็นผู้มองโลกแง่ดีเกินไป หรือพนักงานขายมักจะรู้ดีว่ายอดขาย

ของการพยากรณ์จะถูกใช้ในการกำหนดโควตาการขายจึงประมารการไว้ต่ำเพื่อเอายอดขายเกินเป้าได้

- ความคิดเห็นของผู้บริหาร (Executive Opinion) ใช้พยากรณ์ผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ยังไม่ออกสู่ท้องตลาดมาก่อน จึงใช้ความคิดเห็นของผู้บริหารที่มีประสบการณ์คนหนึ่งหรือหลายคนมาช่วยพยากรณ์และกำหนดกลยุทธ์ให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม เช่น การนำผลิตภัณฑ์สู่ตลาดต่างประเทศ ข้อจำกัดของวิธีนี้ คือ มักใช้เวลาของกลุ่มผู้บริหารในการประชุมสรุปการพยากรณ์มากจึงเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูงและไม่ควรใช้ผู้บริหารฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งพยากรณ์ตามลำพังโดยไม่ได้สรุปร่วมกับผู้บริหารฝ่ายอื่น เพราะผลของการพยากรณ์กระทบทุกฝ่ายขององค์การ

- การวิจัยตลาด (Market Research) เป็นวิธีที่ต้องกระทำอย่างมีระบบโดยสร้างสมมติฐานแล้วเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้ใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อทำการพยากรณ์ การวิจัยตลาดต้องประกอบด้วยการออกแบบสอบถาม กำหนดวิธีการเก็บข้อมูล สุ่มตัวอย่างมาสัมภาษณ์ รวบรวมข้อมูลมาประมวลผลและเคราะห์ตามลำดับ วิธีนี้ใช้กับการพยากรณ์ในระยะสั้น ระยะปานกลางและระยะยาวได้ แต่เป็นวิธีที่เสียค่าใช้จ่ายสูงและต้องพิถีพิถันในการปฏิบัติหลายขั้นตอน

- วิธีเดลฟาย (Delphi Method) เป็นวิธีที่ประชุมกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางที่มีความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นั้น วิธีนี้จะใช้ได้ดีเมื่อมีมีข้อมูลใดจะใช้พยากรณ์ได้และผู้บริหารขององค์การไม่มีประสบการณ์ในผลิตภัณฑ์นั้นเพียงพอ วิธีนี้จะเริ่มจากการส่งคำถามเวียนไปยังผู้เชี่ยวชาญหลายคนให้ตอบกลับมาแล้วทำเป็นรายงานส่งให้ผู้เชี่ยวชาญทุกคนได้อ่านข้อคิดเห็นของทุกคน เพื่อให้ทุกคนปรับปรุงแนวความคิดใหม่ แล้วส่งกลับมาอีกทำซ้ำๆหลายรอบจนได้ข้อสรุปยุติจากทุกคน ข้อเสียของวิธีนี้คือเสียเวลานานมาก (อาจเป็นปี) ผู้เชี่ยวชาญบางคนอาจยึดมั่นในความคิดของตนจนไม่สรุปกับข้อคิดเห็นของคนอื่น คำถามหรือแบบสอบถามที่มีดีทำให้สรุปยาก จึงใช้วิธีนี้กับผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ไม่สามารถใช้วิธีอื่นได้

2.2.2 วิธีการพยากรณ์สาเหตุ (Causal Method)

เป็นวิธีการที่ใช้เมื่อข้อมูลมีความสัมพันธ์ของตัวแปรหนึ่งกับยอดขาย ซึ่งตัวแปรนั้นจะเป็นปัจจัยภายในองค์การ เช่น ต้นทุนขาย หรือปัจจัยภายนอกองค์การ เช่น ค่าโฆษณาของคู่แข่งก็ได้ ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะมีลักษณะเป็นสมการเส้นตรง (Linear Regression) โดยมีตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรตาม (Dependent Variable) กับอีกตัวแปรหนึ่งเป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable) สัมพันธ์กันในลักษณะที่เมื่อตัวแปรอิสระเปลี่ยนแปลงแล้ว จะส่งผลให้ตัวแปรตามเปลี่ยนด้วย

$$Yc = a + bx$$

$$a = \overline{Y} - b\overline{x} \quad \text{or} \quad \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

$$b = \frac{\sum xy - n\overline{xy}}{\sum x^2 - n\overline{x}^2}$$

เมื่อ a = ค่าที่แกน Y ซึ่งสมการเส้นตรงตัด

b = ความลาดชันของเส้นตรง

n = จำนวนข้อมูลที่ใช้หาสมการ

Y = ยอดขายพยากรณ์

x = ตัวแปรอิสระ

การวัดค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปร

อนึ่ง สมการเส้นตรง Yc = a+bx ควรถูกตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y ให้มั่นใจแน่นอนว่าตัวแปรทั้งสองนี้มีความสัมพันธ์กันอย่างแท้จริง เหมาะสมที่จะใช้พยากรณ์ได้ โดยใช้

-สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of Correlation) ใช้วัดทิศทางและระดับของความสัมพันธ์ระหว่าง x และ y

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\left[n\sum X^2 - \left(\sum X^2\right)\right]\left[n\sum Y^2 - \left(\sum Y\right)^2\right]}}$$

ค่าของ r จะอยู่ระหว่าง –1.00 ถึง +1.00 ถ้าค่าของ r เป็นบวกแสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์แปรตามกัน ถ้าค่าของ r เป็นลบ แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์แบบผกผัน คือ ถ้า x เพิ่มขึ้น y จะลดลง และถ้า x ลดลง y จะเพิ่มขึ้น ถ้าค่าของ r น้อยมากหรือเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่า x และ y ไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน

สัมประสิทธิ์การกำหนด (Coefficient of Determination)

ใช้วัดอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อยอดขายพยากรณ์ โดยนำค่า r มายกกำลังสอง

หรือ $$r^2 = \frac{a\sum Y + b\sum XY - n\overline{Y}^2}{\sum Y^2 - b\overline{Y}^2}$$

ค่าของ r^2 อยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 สมการความสัมพันธ์ที่คำนวณค่า r^2 ได้ใกล้เคียง 1.0 จะแสดงว่าตัวแปรอิสระ (x) ที่ใช้มีอิทธิพลต่อยอดขายที่พยากรณ์ได้มาก

2.2.3 วิธีการพยากรณ์แบบอนุกรมเวลา (Time Series Method)

เป็นวิธีการที่ใช้พยากรณ์ยอดขายในอนาคต โดยคาดว่าจะมีลักษณะเช่นเดียวกับยอดขายในปัจจุบันหรืออนาคต ยอดขายหรืออุปสงค์ในความเป็นจริงได้รับอิทธิพลจากแนวโน้น (Trend) ฤดูกาล (Seasonal) วัฏจักร (Cycle) และเหตุการณ์ผิดปรกติ (Irregular Variation)

- การพยากรณ์อย่างง่าย (Naïve Forecast)

เป็นการพยากรณ์ว่ายอดขายในอนาคตจะเท่ากับยอดขายปัจจุบัน เช่น เดือนมกราคมขายได้ 100 หีบ เดือนกุมภาพันธ์จะควรขายได้ 100 หีบเช่นกัน ถ้าเดือนกุมภาพันธ์ขายได้จริง 150 หีบ ก็จะพยากรณ์เดือนมีนาคมว่าขายได้ 150 หีบเช่นกัน การพยากรณ์อย่างง่ายอาจแสดงเป็นแนวโน้มของอุปสงค์ ดังนี้ ถ้าเดือนมกราคมขายได้ 100 หีบ เดือนกุมภาพันธ์ขายได้ 130 หีบ จะพยากรณ์เดือนมีนาคมว่าขายได้ 130 + (130-100) เท่ากับ 160 หีบ ถ้าเดือนมีนาคมขายได้จริง 150 หีบ เดือนเมษายนจะมียอดขายพยากรณ์ 150+ (150-130) เท่ากับ 170 หีบ และใช้พยากรณ์ฤดูกาลว่าถ้าปีที่แล้วในช่วงเวลานี้ขายได้เท่าไร ปีนี้ก็น่าจะขายได้เท่านั้น วิธีนี้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายต่ำ แต่ใช้ได้ในกรณีที่อิทธิพลต่างๆที่มีต่อยอดขายส่งผลอย่างสม่ำเสมอเท่านั้น แต่ถ้ามีเหตุการณ์ผิดปรกติเกิดขึ้นจะเกิดความคลาดเคลื่อน

- การหาค่าเฉลี่ย (Moving Average)

เป็นการหาค่าเฉลี่ยของยอดขายโดยใช้จำนวนข้อมูล 3 ช่วงเวลาขึ้นไปในการคำนวณ เมื่อเวลาผ่านไป 1 ช่วงก็ใช้ข้อมูลใหม่มาเฉลี่ยแทนข้อมูลในช่วงเวลาไกลที่สุดซึ่งจะถูกตัดทิ้งไป

$$\text{ค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่} = \frac{\sum \text{อุปสงค์หรือยอดขายในช่วงเวลา } n \text{ ครั้ง}}{n}$$

การพยากรณ์แบบค่าเคลื่อนที่ต้องรอเก็บข้อมูลอย่างน้อย 3 ช่วงเวลา ดังนั้นค่าพยากรณ์ที่ได้แรกคือของช่วงที่ 4 เช่น ถ้าเริ่มเก็บข้อมูลยอดเดือนมกราคม ในเดือนกุมภาพันธ์และมีนาคมก็ยังพยากรณ์ไม่ได้ จะเริ่มพยากรณ์ได้เมื่อสิ้นเดือนมีนาคมโดยคำนวณค่าพยากรณ์ของเดือนเมษายนและค่านี้ทำการพยากรณ์เดือนพฤษภาคม โดยตัดยอดขายจริงของเดือนมกราคมที่อยู่ไกลสดออกไป เอายอดขายจริงของเดือนเมษายนเข้าแทนที่แล้วคำนวณหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ซึ่งเป็นค่าพยากรณ์ของเดือนพฤษภาคมต่อไป

จำนวนข้อมูลที่ใช้อาจเป็นจำนวนคี่หรือคู่ก็ได้ ถ้ายอดขายมีลักษณะค่อนข้างคงที่ (Stability) ก็ควรใช้ขอมูลจำนวนมากหาค่าเฉลี่ยจึงจะได้ค่าพยากรณ์ที่ใกล้เคียงค่าจริงมากกว่า แต่ถ้ายอดขายมีความเปลี่ยนแปลงในช่วงสั้นๆ (Responsiveness) จะควรใช้ข้อมูลจำนวนน้อยหาค่าเฉลี่ยจึงจะให้ค่าพยากรณ์ที่ใกล้เคียงค่าจริงมากกว่า และถ้าหาค่าเฉลี่ย 12 เดือนจะขจัดอิทธิพลของฤดูกาลออกไปได้

- การปรับเรียบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential Smoothing)

เป็นการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบถ่วงน้ำหนักที่จัดค่าพยากรณ์ออกมาในรูปการใช้สมการคำนวณ ซึ่งจะใช้ข้อมูลเริ่มต้นค่าเดียวและถ่วงน้ำหนักโดยใช้สัมประสิทธิ์เชิงเรียบ () ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1.00

ค่าเฉลี่ยเอ็กซ์โปเนนเชียล (Ft) = $F_{t-1} + a(A_{t-1} - F_{t-1})$

หรือ = $a + A_{t-1} (1 - a) F_{t-1}$

โดยที่ F_{t-1} เป็นค่าพยากรณ์ในช่วงเวลาก่อนการพยากรณ์ 1 ช่วง

A_{t-1} เป็นค่าจริงในช่วงเวลาก่อนการพยากรณ์ 1 ช่วง

ในการคำนวณค่าเอ็กซ์โปเนนเชียล จะกำหนดให้ค่าพยากรณ์ค่าแรกเท่ากับค่าจริงของช่วงเวลาก่อนหน้านั้น 1 ช่วง (ซึ่งก็คือการใช้หลักการเดียวกับการพยากรณ์อย่างง่ายนั่นเอง) จะเห็นได้ว่าการหาค่าเฉลี่ยเอ็กซ์โปเนนเชียลใช้ข้อมูลน้อยกว่าและได้ค่าพยากรณ์เร็วกว่าการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ แต่ได้ค่าพยากรณ์ที่แม่นยำเท่ากับค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนัก

- แบบจำลอง Autoregressive integrated moving average model (ARIMA)

แบบจำลอง ARIMA เป็นแบบจำลองที่ได้รับความนิยม และเป็นวิธีที่ให้ค่าพยากรณ์ในระยะสั้นที่ดี เนื่องจากวิธีนี้มีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error : MSE) ของการพยากรณ์ที่ได้จะต่ำกว่าวิธีอื่นๆ เช่น การวิเคราะห์แนวโน้ม วิธีการปรับเรียบแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล และวิธีถดถอยเชิงพหุ เป็นต้น อีกทั้งในการจัดทำสมการและการพยากรณ์ยังมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก และซับซ้อนน้อยกว่าแบบมหภาคที่อยู่ในลักษณะระบบสมการหลายชั้น

สำหรับแบบจำลอง ARIMA เป็นแบบจำลองที่พัฒนาโดย George E.P.Box และ Gwilym M. Jenkins ในปี ค.ศ. 19702 โดยพื้นฐานแล้วแบบจำลอง ARIMA เป็นวิธีที่ให้ค่าพยากรณ์ในระยะสั้นที่ดี3 หรือเหมาะกับการพยากรณ์ไปข้างหน้าในช่วงเวลาสั้นๆ และต้องมีช่วงของข้อมูลที่ยาวพอสมควร แบบจำลอง ARIMA(p,d,q) ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ ได้แก่ แบบจำลอง Auto Regressive (AR(p)) กระบวนการIntegrated (I(d)) และแบบจำลอง Moving Average (MA(q)) โดยรายละเอียดของแต่ละส่วนมีดังนี้

1. แบบจำลอง Auto Regressive (AR(p))

แบบจำลอง Auto Regressive เป็นรูปแบบที่แสดงว่าค่าสังเกต y_t ถูกกำหนดจากค่าของ $y_t,...,y_{t-p}$ หรือ ค่าสังเกตที่เกิดขึ้นก่อนหน้า p โดยกระบวนการหรือระบบ AR(p) คือกระบวนการหรือระบบ Auto Regressive ที่มีอันดับที่ p ซึ่งเขียนอยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

AR(p) คือ $$x_t = \mu + \phi_1 x_{t-1} + \phi_2 x_{t-1} + ... + \phi_p x_{t-p} + \varepsilon_t$$

โดยที่

μ คือ ค่าคงที่ (Constant Term)

ϕ_j คือ พารามิเตอร์ตัวที่ j

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

ในกรณี ของ AR(1) สามารถเขียนรูปแบบสมการได้ดังนี้

$$x_t = \mu + \phi_1 x_{t-1} + \varepsilon_t$$

หรือ

$$x_t - \phi_1 x_{t-1} = \mu + \varepsilon_t$$

หรือ

$$(1 - \phi_1 \beta) x_t = \mu + \varepsilon_t$$

เมื่อ B คือ Backward shift operation5

และในกรณี ของ AR(2) สามารถเขียนรูปแบบสมการได้ดังนี้

$$x_t = \mu + \phi_1 x_{t-1} + \varepsilon_t$$

หรือ

$$x_t - \phi_1 x_{t-1} - \phi_2 x_{t-2} = \mu + \varepsilon_t$$

หรือ

$$(1 - \phi_1 \beta - \phi_2 \beta^2) x_t = \mu + \varepsilon_t$$

2. แบบจำลอง Moving Average (MA(q))

แบบจำลอง Moving Average (MA) เป็นรูปแบบที่แสดงว่าค่าสังเกต y_t ถูกกำหนดจากค่าความคลาดเคลื่อน $\varepsilon_{t-1},...,\varepsilon_{t-p}$ หรือค่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ก่อนหน้า โดยกระบวนการหรือระบบ MA(q) คือกระบวนการหรือระบบ Moving Average ที่มีอันดับ q ซึ่งเขียนในรูปของ MA (q) ได้ดังนี้

MA (q) คือ $x_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \theta_2 \varepsilon_{t-2} - ... - \theta_q \varepsilon_{t-q}$

โดยที่

μ คือ ค่าคงที่ (Constant Term)

θ_j คือ พารามิเตอร์ตัวที่ j

ε_t คือ ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

ในกรณี MA(1) สามารถเขียนรูปแบบสมการได้ดังนี้

$$x_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 x_{t-1}$$

หรือ

$$x_t = \mu + (1 - \theta_1 \beta) \varepsilon_t$$

และในกรณี MA(2) สามารถเขียนรูปแบบสมการได้ดังนี้

$$x_t = \mu + \varepsilon_t - \theta_1 x_{t-1} - \theta_2 x_{t-2}$$

หรือ

$$x_t = \mu + (1 - \theta_1 \beta - \theta_2 \beta^2) \varepsilon_t$$

3. แบบจำลอง Auto Regressive Moving Average (ARMA(p,q))

แบบจำลอง Auto Regressive Moving Average (ARMA) เป็นแบบจำลองที่นำเอากระบวนการ Auto Regressive และ Moving Average มาใช้รวมกัน โดยกระบวนการหรือระบบ ARMA(p,q) คือกระบวนการหรือระบบ Auto Regressive ที่มีอันดับที่ p และ Moving Average ที่มีอันดับ q ซึ่งเขียนอยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

แบบจำลอง ARMA (p,q)

$$\Delta_t y_t = \delta + \phi y_{t-1} + \phi y_{t-2} + ... + \phi y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - ... - \theta_q \varepsilon_{t-q}$$

โดยที่

y_t คือ ค่าสังเกตในอนุกรมเวลา ณ เวลา t

p คือ อันดับของ Autoregressive

q คือ อันดับของ Moving Average

δ คือ ค่าคงที่ (Constant Term)

t คือ เวลา

ϕ คือ พารามิเตอร์ของ Auto Regressive

θ คือ พารามิเตอร์ของ Moving Average

ε_t คือ กระบวนการ white noise ซึ่งก็คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

4. กระบวนการ Integrated (I(d))

กระบวนการ Integrated (I(d)) เป็นการหาผลต่างของอนุกรมเวลาระหว่างข้อมูล ณ ปัจจุบันกับข้อมูลถอยหลังไป d คาบเวลา โดยสาเหตุที่ต้องทำการหาผลต่างของอนุกรมเวลา เนื่องจากแบบจำลอง ARIMA ต้องใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีคุณสมบัติคงที่ (Stationary) เท่านั้น โดยในกรณีข้อมูลอนุกรรมเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์มีคุณสมบัติไม่คงที่ (Nonstationary) จะต้องทำการแปลงข้อมูลดังกล่าวให้เป็นข้อมูลที่มีคุณสมบัติคงที่ก่อน โดยการ

หาผลต่างของข้อมูลอนุกรมเวลาก่อนที่นำไปสร้างแบบจำลอง ARIMA ซึ่งโดยทั่วไปแล้วถ้าต้องหาผลต่างอันดับที่ d สามารถเขียนในรูปของ I(d) ได้ดังนี้

I(d) คือ $\Delta_d x_t = \Delta_{d-1}(x_t - x_{t-1})$ หรือ $(1-\beta)^d x_t$

ในกรณี I(1) สามารถเขียนรูปแบบได้ดังนี้

I(1) คือ $\Delta x_t = (x_t - x_{t-1})$ หรือ $(1-\beta)x_t$

ในกรณี I(2) สามารถเขียนรูปแบบได้ดังนี้

I(2) คือ $\Delta_2 x_t = \Delta(x_t - x_{t-1})$ หรือ $(1-\beta)^2 x_t$

โดยที่

ε_t คือ พจน์ความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t

$(1-\beta)^d x_t$ คือ ผลต่างอันดับที่ d

β คือ Backward shift operation6

5. แบบจำลอง Autoregressive integrated moving average model (ARIMA)

จากรายละเอียดต่างๆ ที่กล่าวในข้างต้นถ้านำแบบจำลอง Auto Regressive แบบจำลอง Moving Average และ กระบวนการ Integrated มาพิจารณารวมกัน สามารถนำมากำหนดเป็นรูปแบบทั่วไปของแบบจำลอง ARIMA ที่ใช้ในการประมาณการคือ

แบบจำลอง Autoregressive integrated moving average model (ARIMA)

$$\Delta_t y_t = \delta + \phi\Delta_d y_{t-1} + \phi\Delta_d y_{t-2} + \ldots + \phi\Delta_d y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - \ldots - \theta_q\varepsilon_{t-q}$$

โดยที่

y_t คือ ค่าสังเกตในอนุกรมเวลา ณ เวลา t

d คือ จำนวนครั้งของการหาผลต่างเพื่อให้อนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่ (Stationary)

p คือ อันดับของ Autoregressive

q คือ อันดับของ Moving Average

δ คือ ค่าคงที่ (Constant Term)

t คือ เวลา

Δ^d คือ ผลต่างอันดับที่ d

$\phi_1,...,\phi_p$ คือ พารามิเตอร์ของ Auto Regressive

$\theta_1,...,\theta_q$ คือ พารามิเตอร์ของ Moving Average

ε_t คือ กระบวนการ white noise ซึ่งก็คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t ภายใต้ข้อ สมมติที่ว่าความคลาดเคลื่อนที่คนละเวลาเป็นตัวแปรสุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน โดยมี การแจง แจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และความแปรปรวนคงที่

นอกจากส่วนประกอบต่างๆ ของแบบจำลอง ARIMA ที่กล่าวในข้างต้นนั้น ก่อนที่จะสร้างแบบจำลองจำเป็นต้องเข้าใจในเรื่องของ Autocorrelation Function และ Partial Autocorrelation Function ซึ่งรายละเอียดของฟังก์ชันทั้ง 2 แสดงในหัวข้อต่อไป

6. Autocorrelation Function (ACF)

Autocorrelation Function เป็นฟังก์ชันของการวัดสหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ณ เวลา t (x_t) และ ข้อมูล ณ เวลา $t-k(x_{t-k})$ ของช่วงเวลาห่างกัน kหน่วย ซึ่งแทนด้วยสัญลักษณ์ ρ_k หรือ r_k ในกรณีสหสัมพันธ์ในตัวเองของตัวอย่าง ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\rho_k \text{ หรือ } r_k \frac{\sum_{t=k+1}^{n}(x_t-\overline{x})(x_{t-k}-\overline{x})}{\sum_{t=1}^{n}(x_t-\overline{x})^2}$$

เมื่อ $\overline{x}=\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}x_t$ และ k = 0,1,2,3,.....

โดยความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ r_k (Standard error of r_k) ซึ่งมีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$se_{r_k} = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

สหสัมพันธ์ในตัวเองของข้อมูลสุ่ม (random data) มีการแจกแจงเชิงตัวอย่างที่สามารถประมาณได้ โดยการแจกแจงปกติด้วยค่าเฉลี่ย (mean) เท่ากับศูนย์ และความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเท่ากับ $\frac{1}{\sqrt{n}}$

ในการศึกษาจะใช้สหสัมพันธ์ในตัวเองเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับสืบค้นคุณสมบัติของข้อมูลอนุกรมเวลาเชิงประจักษ์ โดยมี 2 วิธีสำหรับทดสอบว่าค่า r_k มีค่าแตกต่างไปจากศูนย์หรือไม่โดย ใช้การแจกแจงปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution) หรือ ใช้ค่าสถิติ Box-Pierce Q statistic ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

การแจกแจงปกติมาตรฐาน (Standard Normal Distribution)

$$r_k \sim N(0, \frac{1}{\sqrt{n}})$$

ค่าสถิติ Box-Pierce Q statistic

$$Q = n\sum_{k=1}^{m} r^2 \sim \chi^2(m-p-q)$$

โดยที่ m คือค่าล่าหรือค่าล้าหลังสูงสุด (Maximum Lag) ที่พิจารณา

7. Partial Autocorrelation Function (PACF)

การพิจารณาสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร x_t กับ x_{t-k} อาจเป็นไปได้ว่าสหสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นผลเนื่องมาจากสหสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปรนี้กับตัวแปร $x_{t-1},...,x_{t-k+1}$ ดังนั้นเพื่อที่จะได้สหสัมพันธ์ระหว่าง x_t กับ x_{t-k} ที่ได้ขจัดความเกี่ยวข้องระหว่างตัวแปรทั้งสองตัวนี้กับตัวแปร $x_{t-1},...,x_{t-k+1}$ ดังกล่าว จึงต้องทำการวัดสหสัมพันธ์ของทั้งสองตัวแปรในรูปแบบของการสหสัมพันธ์แบบมีเงื่อนไข $Corr(x_t, x_{t-k} | x_{t-1},...,x_{t-k+1})$ ซึ่งเรียกว่า Partial Autocorrelation โดยแทนด้วยสัญลักษณ์ ϕ_{kk} แต่ถ้านำสหสัมพันธ์ในตัวเองบางส่วนมาพิจารณาในรูปแบบฟังก์ชันจะเรียกว่า Partial Autocorrelation Function (PACF) ซึ่ง ϕ_{kk} สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\phi_{kk} = \frac{Cov\left[\left(x_t - \hat{x}_t\right), \left(x_{t-k} - \hat{x}_{t-k}\right)\right]}{\sqrt{Var\left(x_t - \hat{x}_t\right)}\sqrt{Var\left(x_{t-k} - \hat{x}_{t-k}\right)}}$$

โดยที่ $\hat{x}_t = \beta_1 x_{t-1} + \beta_2 x_{t-2} + ... + \beta_k x_{t-k+1}$

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง

สินค้าคงคลัง หมายถึง สินค้าหรือวัตถุดิบที่ถูกจัดเก็บไว้ในคลังเพื่อนำไปใช้ในการผลิตหรือการขาย

2.3.1 การตัดสินใจขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับสินค้าคงคลัง

การตัดสินใจขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับสินค้าคงคลัง (Basic Inventory Decisions) นั้นเป็นการแก้ปัญหาสินค้าคงคลัง มิใช่อยู่ที่ความพยายามทำให้มีสินค้าคงคลังเหลือน้อยที่สุด หากแต่จะต้องพยายามหาระดับที่เหมาะสมที่สุดที่ควรจะเก็บรักษาไว้ เพื่อให้ต้นทุนในการดำเนินงานให้มีสินค้าคงคลังทั้งสิ้นน้อยที่สุดและมีกำไรสูงที่สุด ดังนั้น ในการตัดสินใจขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับสินค้าคงคลังจึงมีอยู่ด้วยกัน 2 ประการ คือ

1. จะสั่งซื้อครั้งละเท่าไร
2. จะสั่งซื้อจำนวนนี้เมื่อใด

ในการตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาทั้งสองนี้ ฝ่ายจัดการมักจะเกิดความรู้สึกที่ขัดแย้งกัน ถ้าจะให้ต้นทุนในการสั่งซื้อต่ำจะต้องสั่งซื้อแต่ละครั้งเป็นจำนวนมาก ๆ แต่ถ้าจะให้ต้นทุนในการจัดให้มีสินค้าคงคลังอยู่ในระดับต่ำ จำนวนสั่งซื้อแต่ละครั้งจะต้องมีจำนวนน้อย ถ้าเน้นทางใดทางหนึ่งมากจนเกินไปย่อมก่อให้เกิดผลในทางที่ไม่ดีต่อต้นทุนที่เกิดขึ้น ดังนั้น ผู้บริหารกิจการจึงต้องหาความสมดุลระหว่างความต้องการทั้งสอง โดยอาศัยเครื่องมือขั้นมูลฐานบางอย่างที่ได้มาจากการวิจัยการปฏิบัติงาน เราก็จะได้มาซึ่งตัวแบบที่ใช้ในการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุด (Economic Order Quantity)

2.3.2 ตัวแบบสินค้าคงคลัง (Inventory Model)

ตัวแบบสินค้าคงคลังเป็นแบบเชิงคณิตศาสตร์ซึ่งใช้สำหรับวิเคราะห์หาขนาดที่ประหยัดของการสั่งผลิตหรือสั่งซื้อแต่ละครั้ง ในการออกใบสั่งซื้อแต่ละครั้ง จะต้องกำหนดลงไปว่าต้องการสินค้าคงคลังแต่ละชนิดครั้งละกี่หน่วย ถ้าในแต่ละครั้งซื้อเป็นจำนวนมาก ค่าเก็บรักษาสินค้าคงคลังก็จะมาก แต่ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการออกใบสั่งก็จะน้อย ในทางตรงกันข้าม ถ้าสั่งซื้อผลิตภัณฑ์แต่ละครั้งเป็นจำนวนน้อย ต้นทุนในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังก็จะน้อยตาม แต่ต้นทุนในการสั่งซื้อจะมากขึ้น ในบางครั้งการสั่งซื้อครั้งละมาก ๆ อาจได้ส่วนลด

เพราะฉะนั้นความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของต้นทุนที่เกิดขึ้นนี้ย่อมจะมีผลต่อการตัดสินใจเป็นอย่างมาก ดังนั้น การคำนวณหาขนาดของการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตที่เหมาะสมควรเป็นปริมาณสินค้าคงคลังที่ทำให้ต้นทุนทั้งหมดที่เกี่ยวข้องมีค่าน้อยที่สุด

ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลังที่สั่งซื้อหรือสั่งผลิตแต่ละครั้ง เป็นดังนี้

- ต้นทุนในการออกใบสั่งซื้อหรือสั่งผลิตจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับขนาดของที่สั่งซื้อ
- ต้นทุนในการจัดให้มีสินค้าคงคลัง จะเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับปริมาณของที่สั่งซื้อหรือสั่งผลิตเข้ามาเก็บไว้ในคลัง
- ผลรวมของต้นทุนในการออกใบสั่งซื้อ หรือสั่งผลิตกับต้นทุนในการจัดให้มีสินค้าคงคลัง จะมีค่าน้อยที่สุดที่จุดที่ทำให้ต้นทุนในการจัดให้มีสินค้าคงคลังกับต้นทุนในการสั่งซื้อหรือสั่งผลิตเท่ากัน

ในการคำนวณหาจุดหรือขนาดของสินค้าคงคลัง ที่ทำให้ต้นทุนสินค้าคงคลังทั้งสิ้นอยู่ในระดับต่ำสุดตามที่กล่าวมานี้ เราจะต้องตั้งข้อสมมติว่า ตัวแบบสินค้าคงคลังอยู่ภายให้สภาพการณ์ที่แน่นอน กล่าวคือ

- เราต้องทราบปริมาณความต้องการของลูกค้าต่อปีที่แน่นอน และเป็นความต้องการที่เกิดขึ้นในลักษณะที่คงที่ตลอดเวลา (Deterministic Demand)
- ช่วงเวลาที่รอคอยสินค้าคงคลังนับตั้งแต่ออกใบสั่งซื้อหรือสั่งผลิตจนกระทั่งสินค้าคงคลังนั้นเข้ามาอยู่ในคลังเรียบร้อยมีค่าเป็นศูนย์ ข้อสมมตินี้ก็คือ เมื่อออกใบสั่งซื้อหรือสั่งผลิตไม่ว่าจะเป็นจำนวนเท่าใดก็ตาม ก็จะได้จำนวนสินค้าคงคลังชนิดนั้นเข้ามาทันที
- จากผลของข้อสมมติตามข้อ 1 และข้อ 2 จึงทำให้ไม่จำเป็นต้องมีสินค้าคงคลังเผื่อ

เก็บไว้ (Safety Stock)

การคิดคำนวณต้นทุนของสินค้าคงคลังนั้น อาจจะแบ่งออกได้ 4 ประเภท คือ

1. ต้นทุนสินค้า คือการคำนวณต้นทุนสินค้าต่อหน่วย ซึ่งหมายถึงมูลค่าที่จะใช้ไปเพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้า 1 หน่วย ซึ่งแบ่งออกเป็นต้นทุนทางตรง ได้แก่ค่า วัตถุดิบ ค่าแรงงาน ค่าจ้างเหมา เป็นต้น และต้นทุนทางอ้อม

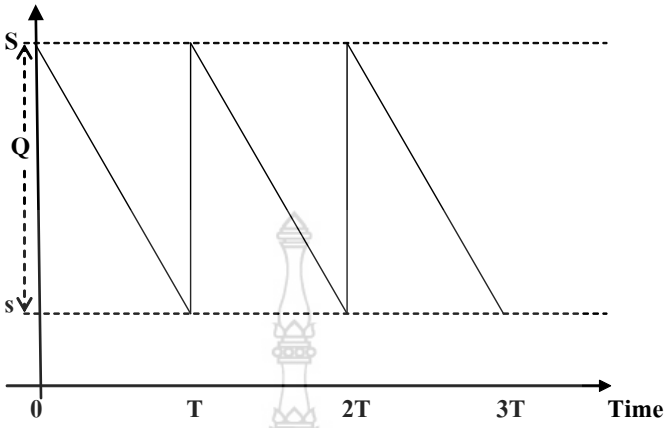
ได้แก่ ต้นทุนทางอ้อมด้านวัสดุที่ใช้ร่วมกัน เช่น ค่าหีบห่อ ค่าสี เป็นต้น ต้นทุนทางอ้อมด้านแรงงาน เช่น ค่าใช้จ่ายด้านวางแผนและควบคุมการผลิต ค่าใช้จ่ายด้านบริหาร เป็นต้น ค่าใช้จ่ายทางอ้อมอื่นๆเช่น ค่าน้ำ ค่าไฟ ค่าเสื่อมราคา ค่าประกันอัคคีภัยโรงงาน ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม เป็นต้น

2. ต้นทุนจากค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา (Carrying Cost) คือค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการมีสินค้าคงคลัง และการรักษาสภาพให้สินค้า คงคลังนั้นอยู่ในรูปที่ใช้งานได้ ซึ่งจะแปรตามปริมาณสินค้าคงคลังที่ถือไว้ และระยะเวลาที่เก็บสินค้าคงคลังนั้นไว้ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา ได้แก่ ต้นทุนเงินทุนที่จมอยู่กับสินค้าคงคลัง นั่นก็คือค่าดอกเบี้ยจ่าย หากเงินทุนนั้นมาจากการกู้ยืม หรืออาจเป็นค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ถ้าเงินทุนนั้นเป็นส่วนของเจ้าของ ค่าคลังสินค้า ค่าไฟฟ้าเพื่อการรักษาอุณหภูมิ ค่าใช้จ่ายของสินค้าที่ชุดเสีย หาย หรือหมดอายุเสื่อมสภาพจากการเก็บสินค้าไว้นานเกินไป ค่าภาษีและการประกันภัย ค่าจ้างยามและพนักงานประจำคลังสินค้า เป็นต้น
3. ต้นทุนจากค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลน (Shortage Cost หรือ Stock Cost) คือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการมีสินค้าคงคลังไม่เพียงพอต่อการผลิตหรือการขาย เป็นเหตุให้ลูกค้ายกเลิกคำสั่งซื้อ ขาดรายได้ที่ควรได้ กิจการเสียชื่อเสียง กระบวนการผลิตต้องหยุดชะงัก เกิดการว่างงานของเครื่องจักร และคนงาน ฯลฯ ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะ แปรผกผันกับปริมาณสินค้าคงคลังที่ถือไว้ นั่นคือถ้าถือสินค้าไว้มากจะไม่เกิดการขาดแคลน แต่ถ้าถือสินค้าคงคลังไว้น้อย ก็อาจเกิดโอกาสที่ทำให้เกิดการขาดแคลนได้มากกว่า และมีค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลนนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณการขาดแคลน รวมทั้งระยะเวลาที่เกิดการขาดแคลนขึ้นด้วยค่าใช้จ่ายเนื่องจากสินค้าขาดแคลนนี้ ได้แก่ คำสั่งซื้อของล็อตพิเศษทางอากาศ เพื่อนำมาใช้แบบฉุกเฉิน ค่าปรับเนื่องจากการส่งสินค้าให้ลูกค้าล่าช้าค่าเสียโอกาสในการขาย ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเสียค่านิยม เป็นต้น
4. ต้นทุนจากค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิต (Setup Cost)

คือคือค่าใช้จ่ายที่ต้องจ่าย เพื่อให้ได้มาซึ่งสินค้าคงคลังที่ต้องการ ซึ่งจะแปร ตามจำนวนครั้งของการสั่งซื้อ แต่ไม่แปรตามปริมาณสินค้าคงคลัง เพราะสั่งซื้อของมากเท่าใดก็ตามในแต่ละครั้ง ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ ก็ยังคงที่ แต่ถ้ายิ่งสั่งซื้อบ่อยครั้ง ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อก็จะยิ่งสูงขึ้น ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อเหล่านี้แบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนที่หนึ่ง เป็นส่วนเกี่ยวกับการจัดเตรียมเอกสาร ได้แก่ ค่ากระดาษ(เอกสารใบสั่งซื้อ) ค่าจ้างพนักงานจัดซื้อ ค่าโทรศัพท์ ค่าขนส่งสินค้า ค่าใช้จ่ายในการตรวจรับของและเอกสาร ค่าธรรมเนียมในการนำของออกจาก ศุลกากร ค่าใช้จ่ายในการชำระเงิน เป็นต้น ส่วนที่สอง เป็นส่วนของภาคการผลิต ได้แก่ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการที่เครื่องจักรจะต้องเปลี่ยนการทำงานหนึ่ง ไปทำงานอีกอย่างหนึ่ง ซึ่งจะเกิดการว่างงานชั่วคราว สินค้าคงคลังจะถูกทิ้งให้รอกระบวนการผลิตที่จะตั้งใหม่ ค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องจักรใหม่นี้จะมีลักษณะเป็นต้นทุนคงที่ต่อครั้ง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับขนาดของล็อตการผลิต ถ้าผลิตเป็นล็อตใหญ่มีการตั้งเครื่องใหม่นานๆ ครั้ง ค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องใหม่ก็จะต่ำ แต่ยอดสะสมของสินค้าคงคลังจะสูง แต่ถ้าผลิตเป็นล็อตเล็ก มีการตั้งเครื่องใหม่ บ่อยครั้ง ค่าใช้จ่ายในการตั้งเครื่องใหม่ก็จะสูง แต่สินค้าคงคลังจะมีระดับต่ำลง และสามารถส่งมอบงานให้แก่ลูกค้าได้เร็วขึ้น

ตัวแบบสินค้าคงคลังพื้นฐาน EOQ

Economic Order Quantity (EOQ) คือ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด โดยการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละครั้งจะสั่งในปริมาณหรือจำนวนที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ซึ่งค่าใช้จ่ายรวมนั้นเกิดจากค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อ (Ordering Cost) และค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้า (Carrying Cost) (ค่าใช้จ่ายสองตัวนี้จะแปรผกผันกัน)



ภาพที่ 1 ตัวแบบพื้นฐานของ EOQ

วัตถุประสงค์ของการบริหารคงคลัง เพื่อกำหนดระดับสินค้าคงคลังให้เหมาะสม เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานมีค่าต่ำที่สุด ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ขึ้นอยู่ว่าเมื่อไรจะจัดหาสินค้า และปริมาณสินค้าที่จัดหาจะมีจำนวนเท่าไร ดังนั้นนโยบายสินค้าจึงเป็นตัวกำหนดว่า เมื่อไรจะจัดหาสินค้าและปริมาณสินค้าที่จัดหาจะมีจำนวนเท่าไร ในทางปฏิบัตินโยบายสินค้าคงคลังอาจกำหนดขึ้นมาได้หลายรูปแบบมากมาย เพื่อความสะดวกในการกำหนดนโยบายสินค้าคงคลัง จึงนิยมที่นิยามสัญลักษณ์ดังนี้ S = ระดับสินค้าคงคลังสูงสุด

s = ระดับสินค้าคงคลังที่จะต้องทำการจัดหาสินค้า

Q = ปริมาณสินค้าคงคลังที่จัดหาสินค้าครั้งหนึ่งๆ

T = ระยะเวลาระหว่างการจัดหาสินค้า 2 ครั้งติดกัน

ซึ่งนโยบายสินค้าคงคลังที่รู้จักกันแพร่หลายจะอยู่ในรูปแบบ (s , S) โดย s แสดงถึงจุดที่มีการจัดหาสินค้าคงคลัง และ S แสดงถึงจำนวนที่เกี่ยวข้องกับสินค้าที่จัดหา สำหรับการหาค่าต่างๆจากข้างบนนั้นต้องกำหนดและทราบค่าต่างๆก่อน ดังนี้

k แทน ค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิตต่อครั้ง

c แทน ต้นทุนต่อหน่วย

D แทน ปริมาณความต้องการสินค้าต่อหน่วยเวลา

h แทนค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าต่อหน่วยต่อหน่วยเวลา

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการสั่งสินค้าเพื่อให้ระดับสินค้าคงคลัง s หน่วยเพิ่มขึ้นเป็น S หน่วยจะเท่ากับ

$$k + c(S - s)$$

ถ้า h เป็นค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง/หน่วย/หน่วยเวลา ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง 1 คาบ จะเท่ากับ

$$h\int_0^T (S - D\theta)d\theta$$

$$= h\left[ST - \frac{DT^2}{2} \right]$$

ดังนั้นค่าใช้จ่ายทั้งหมดรวมในหนึ่งคาบสำหรับระบบสินค้าคงคลังเท่ากับ

$$k + c(S - s) + h\left[ST - \frac{DT^2}{2} \right]$$

และค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาอาจเขียนได้เป็น

$$AC = \frac{k + c(S - s)}{T} + hs - \frac{hDT}{2}$$

$$= \frac{kD}{S - s} + cD + hS - \frac{h(S - s)}{2}$$

เมื่อ

$$Q = S - s = DT$$

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาคือ

$$AC = \frac{kD}{Q} + cD + h(Q + s) - \frac{hQ}{2}$$

ถ้ากำหนดให้ s=0

ดังนั้น $$AC = \frac{kD}{Q} + cD + \frac{hQ}{2}$$

ซึ่งจะมีค่าต่ำสุดเมื่อ

$$\frac{dAC}{dQ} = -\frac{kD}{Q^{*2}} + \frac{h}{2} = 0$$

แก้สมการได้ Q^* ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาต่ำสุดคือ

$$Q^* = \sqrt{\frac{2kD}{h}}$$

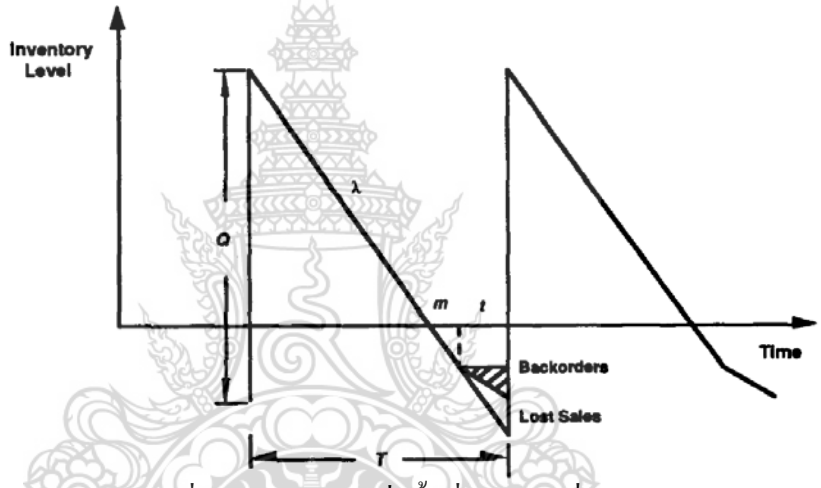
นำค่า Q^* กลับเข้าไปแทนค่าในสมการ $AC = \frac{kD}{Q} + cD + \frac{hQ}{2}$

ได้

$$AC^* = cD + \sqrt{2kDh}$$

จากตัวแบบพื้นฐาน EOQ ข้างต้นสามารถนำมาขยายต่อกับปัญหาการควบคุมสินค้าคงคลังต่างๆได้อีกมากมาย เช่น

ตัวแบบสินค้าคงคลังเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัด



ภาพที่ 2 ตัวแบบสินค้าคงคลังเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัด

K แทนค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ย ต่อหน่วยเวลา

Q แทน ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า

λ แทน ความต้องการสินค้าต่อหน่วยเวลา

T แทน ความยาวของ คาบ ของการสั่งแต่ละครั้ง

k แทน ค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิตต่อครั้ง

h แทน ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ต่อหน่วย ต่อหน่วยเวลา

b แทน ค่าใช้จ่ายในกรณีสินค้าขาดมือ ต่อหน่วย ต่อหน่วยเวลา

l แทน ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในกรณีสูญเสียลูกค้าเมื่อไม่สามารถส่งของได้ทันตามกำหนดในเวลาที่ลูกค้าสามารถรอได้รวมถึงการสูญเสียกำไรจากการขาย

m แทน ช่วงเวลามากที่สุดที่ลูกค้าสามารถรอได้เมื่อเกิดกรณีสินค้าขาดมือโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

β แทน สัดส่วนของปริมาณความต้องการสินค้าขาดมือ ถ้าช่วงเวลามากกว่า m

t แทน ช่วงเวลาที่มากกว่า m จนทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือ หรือ ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในกรณี สูญเสียลูกค้า

จุดประสงค์หลักของปัญหานี้ก็เพื่อที่จะหาค่าที่เหมาะที่สุด ของ Q และ t เพื่อทำให้ค่า K ต่ำที่สุด สามารถเขียนฟังก์ชั่นของ K ได้ดังนี้

$$K(Q,t)=\frac{k\lambda+\frac{1}{2}h(Q-\lambda\beta-\lambda m)^2+l\lambda^2t(1-\beta)+\frac{1}{2}b\lambda^2t^2\beta}{Q+\lambda t(1-\beta)}$$

สามารถหาค่าต่างๆได้ดังต่อไปนี้

- ค่าความยาวของ คาบ ของการสั่งแต่ละครั้ง

$$T=\frac{Q+\lambda t(1-\beta)}{\lambda}$$

- ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการตระเตรียมการผลิตต่อหน่วยเวลา

$$OC=\frac{k}{T}\approx\frac{k\lambda}{Q+\lambda t(1-\beta)}$$

- ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการเก็บรักษาสินค้าคงคลังต่อหน่วยเวลา

$$IC=\frac{(\frac{h}{2})(Q-\lambda t\beta-\lambda m)^2}{Q+\lambda t(1-\beta)}$$

- ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการสูญเสียการขาย

$$LC = \frac{l\lambda t(1-\beta)}{T} = \frac{l\lambda^2 t(1-\beta)}{Q+\lambda t(1-\beta)}$$

- ค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือต่อหน่วยเวลา

$$BC = \frac{\frac{1}{2}b\lambda^2 t^2 \beta}{Q+\lambda t(1-\beta)}$$

ซึ่งฟังก์ชั่นของ $K(Q,t)$ เกิดจากการรวมค่าของ OC, IC, LC และ BC เข้าด้วยกัน

จากนั้นจึงหาค่าที่เหมาะที่สุด ของ Q และ t เพื่อทำให้ได้ ฟังก์ชั่นของ $K(Q,t)$ ต่ำที่สุด โดยทำการหาอนุพันธ์อันดับที่ 1 ของ $\frac{\partial K(Q,t)}{\partial Q}$ และ $\frac{\partial K(Q,t)}{\partial t}$ หลังจากนั้นนำค่าอนุพันธ์อันดับ 1 ที่หาได้ในแต่ละสมการ มาทำการแก้สมการโดยให้มีค่าทางขวามือ เท่ากับค่า 0 เพื่อทำให้ค่าของ Q และ t ทำให้ ฟังก์ชั่นของ $K(Q,t)$ มีค่าต่ำสุด

- ค่า Q ที่ทำให้ ฟังก์ชั่นของ $K(Q,t)$ มีค่าต่ำสุด

$$Q^* = \frac{\lambda\beta(h+b)}{h}t + \frac{l\lambda(1-\beta)}{h} + \lambda m$$

และ

- ค่า t ที่ทำให้ ฟังก์ชั่นของ $K(Q,t)$ มีค่าต่ำสุด

$$At^2 + Bt + C = 0$$

โดยที่

$$A = \lambda^2\beta b(\beta b + h)$$
$$B = 2\lambda^2\beta b\left[l(1-\beta) + mh\right]$$
$$C = l^2\lambda^2(1-\beta)^2 + 2l\lambda^2(1-\beta)mh - 2k\lambda h$$

หลังจากนั้นแก้สมการกำลังสองเพื่อหาค่าของ t^*

แต่ถ้า $h < b, l$ และ $t^* = 0$ สามารถหา Q^* ได้จากสูตร

$$Q^* = \sqrt{\frac{2k\lambda}{h} + \lambda^2 m^2}$$

โดยมีข้อสมมุติ

1) สินค้าที่ผลิตมี 1 รายการ
2) อัตราความต้องการสินค้าเป็นค่าคงตัวและต่อเนื่อง
3) ปริมาณสินค้าที่ผลิตในแต่ละครั้งเป็นตัวแปรต่อเนื่อง
4) มีอัตราการผลิตเป็นค่าคงตัวและต่อเนื่อง
5) ค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิต ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และค่าใช้จ่ายต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตแต่ละหน่วยเป็นค่าคงตัวที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์และไม่ขึ้นกับปริมาณที่ผลิตในแต่ละครั้ง
6) ช่วงเวลานำส่งสินค้าเป็นค่าคงตัว
7) มีสินค้าขาดมือโดยลูกค้าเต็มใจที่จะรอคอยสินค้าโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาหนึ่งที่มีอยู่อย่างจำกัดแต่หลังจากช่างเวลาดังกล่าวจึงจะคิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือ โดยสัดส่วนของความต้องการสินค้าบางส่วนจะถือเป็นการสูญเสียลูกค้า
8) ระยะเวลาการวางแผนการดำเนินงานของระบบเป็นแบบอนันต์
9) มีพื้นที่ในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง กำลังการผลิตและเงินทุนเพียงพอ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hadley & Whitin (1915) ได้ประยุกต์ใช้ตัวแบบสินค้าคงคลังพื้นฐานหรือตัวแบบ EOQ โดยสมมุติให้ความต้องการสินค้าทั้งหมดในช่วงเวลาที่เกิดสินค้าขาดมือนั้นลูกค้าเต็มใจที่จะรอคอยหรืออาจเรียกว่า สินค้าย้อนหลัง (backorders) หรืออาจเป็นความต้องการสินค้าที่สูญเสียไป(lost sales) เพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

Banks & Fabrycky (1987) ได้ศึกษาถึงความต้องการสินค้าในช่วงเวลาที่เกิดสินค้าขาดมือที่สามารถคิดแยกออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ นั่นคือคิดเป็นสัดส่วนของการสูญเสียอุปสงค์ไปบางส่วนและสัดส่วนของอุปสงค์ที่เหลือทั้งหมดจะคิดเป็นสินค้าย้อนหลัง โดยสร้างเป็นตัวแบบที่มีการสูญเสียลูกค้าไปบางส่วนและมีสินค้าย้อนหลังผสมอยู่ในตัวแบบเดียวกัน

Kim & Park (1985) ได้นำเสนอถึงวิธีการฮิวริสติค (heuristic) ที่ใช้ในการพิจารณาหาจุดสั่งซื้อใหม่ (reorder point) ของตัวแบบที่มีความต้องการสินค้าแบบต่อเนื่อง โดยมีผลกระทบของการสูญเสียอุปสงค์ไปบางส่วนและมีสินค้าย้อนหลังผสมอยู่

Akinniyi & Silver และ Nahmias (1981) ได้มีการกำหนดระดับการให้บริการเป็นเงื่อนไขบังคับในปัญหาสินค้าคงคลัง ซึ่งจากการที่ได้กำหนดข้อจำกัดของช่วงระยะเวลาที่คาดว่าจะเกิดสินค้าขาดมือทำให้ปริมาณความต้องการสินค้าในช่วงเวลาที่มีจำกัดนั้น สามารถคิดเป็นปริมาณสินค้าย้อนหลังหรือปริมาณความต้องการสินค้าที่สูญเสียไปโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

Aucamp and Fogarty (1984) ได้นำเสนอเกี่ยวกับปัญหาสินค้าคงคลังที่มีความต้องการสินค้าในช่วงเวลาหนึ่งที่จำกัดเป็นสินค้าย้อนหลังที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย โดยลูกค้ามีความเต็มใจที่จะรอคอยสินค้านั้นตราบเท่าที่ช่วงเวลานั้นจะต้องเป็นช่วงเวลาสั้น ๆ ที่เหมาะสม ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับระบบสินค้าคงคลังใด ๆ ก็ได้ โดยที่สินค้านั้นต้องไม่ใช่สินค้าที่มีความจำเป็นต้องมีอยู่ตลอดเวลาหรือสินค้านั้นต้องไม่ใช่สินค้าที่จำเป็นต่อชีวิตประจำวัน ซึ่งจุดประสงค์ในการศึกษาของงานวิจัยนี้ก็คือ การสร้างตัวแบบที่ยอมให้มีความเป็นไปได้ที่รอบเวลาของการสั่งซื้อสินค้าคงคลังในแต่ละครั้ง สามารถถูกขยายเวลาออกไปเพื่อให้ครอบคลุมเวลาที่มีความล่าช้าในการรอคอยสินค้าโดยไม่เสียค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่เกิดสินค้าขาดมือนั่นเอง และตัวแบบดังกล่าวยังยอมให้มีความเป็นไปได้ที่ความต้องการสินค้านั้นสามารถเป็นปริมาณความต้องการที่สูญเสียไปหรือเป็นปริมาณสินค้าย้อนหลังเพียงอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้นโดยจะคิดค่าใช้จ่ายถ้าช่วงเวลาที่รอคอยนั้นนานเกินไป

Nadim E. Abboud and Robert G. Sfairy (1997) ได้นำเสนอถึง ตัวแบบสินค้าคงคลังในการสั่งซื้อด้วยปริมาณสินค้าที่ประหยัดที่สุด (the classical economic order quantity ,EOQ) ภายใต้ผลกระทบของการเกิดสินค้าย้อนหลังโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือ เนื่องจากในช่วงเวลาที่เกิดสินค้าขาดมือนั้น ลูกค้าเต็มใจที่จะรอคอยสินค้าในช่วงเวลาหนึ่งซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีอยู่อย่างจำกัด แต่ถ้าเวลาที่รอคอยสินค้านั้นยาวนานเกินไปอาจทำให้ระบบสินค้าคงคลังนั้นต้องสูญเสียลูกค้าหรือรายได้ไปบางส่วน ซึ่งจะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่คิดเป็นค่าใช้จ่ายแบบถ่วงน้ำหนักด้วยเวลาที่ลูกค้าต้องรอคอยสินค้าย้อนหลังนั้น จุดประสงค์ในการศึกษาของงานวิจัยนี้ก็คือ ต้องการคำนวณหาปริมาณสินค้าเหมาะที่สุดในการสั่งซื้อแต่ละครั้งและปริมาณสินค้ายอนหลังที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาที่ต่ำสุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาการวิเคราะห์ระบบอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทย : กรณีศึกษาการวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัดผู้ศึกษาได้กำหนดวิธีการศึกษาไว้ตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.3 วิธีดำเนินการศึกษา

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 ตัวแบบที่ใช้วิเคราะห์

3.6 ประเมินผลและข้อเสนอแนะ

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากร

ประชากรคือ ผู้ผลิตเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทย

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

สุ่มตัวอย่างผู้ผลิตเหล็กและเหล็กกล้าที่มีกำลังการผลิตสูงที่ใกล้เคียงกัน จำนวน 2 โรงงาน ในเขตจังหวัด สมุทรปราการ โดยจะทำการเลือกศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์เหล็กรีดร้อนที่มียอดสั่งสูงบางประเภทเท่านั้น ซึ่งได้แก่ เหล็กเอชบีม เหล็กแผ่นเรียบ เหล็กเส้นกลม เหล็กเพลาดำ ทุกขนาด เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการวิเคราะห์หาค่าอัตราความต้องการสินค้าของลูกค้า ค่าเฉลี่ยต่างๆของเหล็กชนิดต่างๆของแต่ละขนาด ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง (holding cost หรือ inventory carrying cost) ค่าใช้จ่ายในกรณีสินค้าขาดมือ (shortage cost) ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในกรณีสูญเสียลูกค้าเมื่อไม่สามารถส่งของได้ทันตามกำหนดในเวลาที่ลูกค้าสามารถรอได้ซึ่งรวมถึงการสูญเสียกำไรจากการขาย (lost sale cost, including lost profit) ค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิต (setup cost) ระยะเวลาที่ลูกค้าสามารถรอได้เมื่อเกิดกรณีสินค้าขาดมือและไม่คิดค่าปรับ (maximum amount of time during a stockout period that customers are willing to wait at no penalty cost) สัดส่วนของลูกค้ากรณีเกินกำหนดระยะเวลาที่ลูกค้ารอได้ของสินค้าขาดมือ

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

3.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ Notebook

3.2.2 โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS สำหรับวิเคราะห์ข้อมูล

3.2.3 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ MATLAB สำหรับวิเคราะห์ตัวแบบในงานวิจัยนี้

3.3 วิธีการดำเนินการศึกษา

3.3.1 เก็บรวบรวมข้อมูลของสินค้าแต่ละผลิตภัณฑ์จำนวน 3 ปี ของปีพ.ศ. 2550-2552

3.3.1.1 เก็บรวบรวมข้อมูลการสั่งซื้อของลูกค้า เพื่อนำมาพยากรณ์อัตราความต้องการสินค้าแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละเดือนของปีถัดไปหลังจากนั้นจึงนำมาวิเคราะห์หาอัตราความต้องการสินค้าเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา

3.3.1.2 เก็บรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังต่อหน่วยต่อหน่วยเวลา

3.3.1.3 เก็บรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายในกรณีสินค้าขาดมือ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในกรณีสินค้าขาดมือ ต่อหน่วย ต่อหน่วยเวลา

3.3.1.4 เก็บรวบรวมข้อมูลค่าใช้จ่ายในกรณีสูญเสียลูกค้าเมื่อไม่สามารถส่งของได้ทันตามกำหนดในเวลาที่ลูกค้าสามารถรอได้รวมถึงการสูญเสียกำไรจากการขาย เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในกรณีสูญเสียลูกค้า ต่อหน่วย ต่อหน่วยเวลา

3.3.1.5 เก็บรวบรวมข้อมูลระยะเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้ารอได้เมื่อเกิดกรณีสินค้าขาดมือ

3.3.1.6 เก็บรวบรวมข้อมูลสัดส่วนของลูกค้าที่เสียไปเมื่อเกิดกรณีสินค้าขาดมือโดย เกินกำหนดระยะเวลาที่ลูกค้าบางส่วนสามารถรอได้

3.3.2 พยากรณ์ความต้องการของสินค้าแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละเดือน

นำข้อมูลการสั่งซื้อเฉลี่ยของลูกค้าแต่ละเดือน ของปี พ.ศ. 2550-2552 มาวิเคราะห์หาค่าพยากรณ์อัตราความต้องการสินค้าแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละเดือนในปีถัดไป

3.3.3 ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 3.3.1 และ 3.3.2 ไปวิเคราะห์ต่อในตัวแบบของปัญหาการวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัด

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ Time Serial ARIMA Model ในโปรแกรม SPSS for Windows เพื่อพยากรณ์อัตราความต้องการสินค้าแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละเดือนของในปีถัดไป

ฟังก์ชั่นของ แบบจำลอง Autoregressive integrated moving average model (ARIMA)

$$\Delta_t y_t = \delta + \phi\Delta_d y_{t-1} + \phi\Delta_d y_{t-2} + ... + \phi\Delta_d y_{t-p} + \varepsilon_t - \theta_1\varepsilon_{t-1} - ... - \theta_q\varepsilon_{t-q}$$

โดยที่

y_t คือ ค่าสังเกตในอนุกรมเวลา ณ เวลา t

d คือ จำนวนครั้งของการหาผลต่างเพื่อให้อนุกรมเวลามีคุณสมบัติคงที่ (Stationary)

p คือ อันดับของ Autoregressive

q คือ อันดับของ Moving Average

δ คือ ค่าคงที่ (Constant Term)

t คือ เวลา

Δ^d คือ ผลต่างอันดับที่ d

$\phi_1,...,\phi_p$ คือ พารามิเตอร์ของ Auto Regressive

$\theta_1,...,\theta_q$ คือ พารามิเตอร์ของ Moving Average

ε_t คือ กระบวนการ white noise ซึ่งก็คือ ค่าความคลาดเคลื่อน ณ เวลา t ภายใต้ข้อ สมมติที่ว่าความคลาดเคลื่อนที่คนละเวลาเป็นตัวแปรสุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน โดยมี การแจกแจงปกติที่มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ และความแปรปรวนคงที่

3.5 ตัวแบบที่ใช้วิเคราะห์การวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัด

สำหรับในงานวิจัยนี้เราจะใช้ตัวแบบการควบคุมสินค้าคงคลังเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัดที่สุดโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัด กับปัญหาการวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัดโดยมีรายละเอียดดังนี้

สัญลักษณ์

พารามิเตอร์ (parameters)

K แทนค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ย ต่อหน่วยเวลา

Q แทน ปริมาณการสั่งซื้อสินค้า

λ แทน ความต้องการสินค้าต่อหน่วยเวลา

T แทน ความยาวของ คาบ ของการสั่งแต่ละครั้ง

k แทน ค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิตต่อครั้ง

h แทน ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ต่อหน่วย ต่อหน่วยเวลา

b แทน ค่าใช้จ่ายในกรณีสินค้าขาดมือ ต่อหน่วย ต่อหน่วยเวลา

l แทน ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในกรณีสูญเสียลูกค้าเมื่อไม่สามารถส่งของได้ทันตามกำหนดในเวลาที่ลูกค้าสามารถรอได้รวมถึงการสูญเสียกำไรจากการขาย

m แทน ช่วงเวลามากที่สุดที่ลูกค้าสามารถรอได้เมื่อเกิดกรณีสินค้าขาดมือโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย

β แทน สัดส่วนของปริมาณความต้องการสินค้าขาดมือ ถ้าช่วงเวลามากกว่า m

t แทน ช่วงเวลาที่มากกว่า m จนทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือ หรือ ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในกรณีสูญเสียลูกค้า

ตัวแบบของปัญหา

จุดประสงค์หลักของปัญหานี้ก็เพื่อที่จะหาค่าที่เหมาะที่สุด ของ Q และ t เพื่อทำให้ค่า K ต่ำที่สุด สามารถเขียนฟังก์ชั่นของ K ได้ดังนี้

$$K(Q,t)=\frac{k\lambda+\frac{1}{2}h(Q-\lambda\beta-\lambda m)^2+l\lambda^2t(1-\beta)+\frac{1}{2}b\lambda^2t^2\beta}{Q+\lambda t(1-\beta)}$$

สามารถหาค่าต่างๆได้ดังต่อไปนี้

- ค่าความยาวของ คาบ ของการสั่งแต่ละครั้ง

$$T = \frac{Q + \lambda t(1-\beta)}{\lambda}$$

- ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการตระเตรียมการผลิตต่อหน่วยเวลา

$$OC = \frac{k}{T} \approx \frac{k\lambda}{Q + \lambda t(1-\beta)}$$

- ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการเก็บรักษาสินค้าคงคลังต่อหน่วยเวลา

$$IC = \frac{(\frac{h}{2})(Q - \lambda t\beta - \lambda m)^2}{Q + \lambda t(1-\beta)}$$

- ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการสูญเสียการขาย

$$LC = \frac{l\lambda t(1-\beta)}{T} = \frac{l\lambda^2 t(1-\beta)}{Q + \lambda t(1-\beta)}$$

- ค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือต่อหน่วยเวลา

$$BC = \frac{\frac{1}{2}b\lambda^2 t^2 \beta}{Q + \lambda t(1-\beta)}$$

ซึ่งฟังก์ชั่นของ $K(Q,t)$ เกิดจากการรวมค่าของ OC, IC, LC และ BC เข้าด้วยกัน

จากนั้นจึงหาค่าที่เหมาะที่สุด ของ Q และ t เพื่อทำให้ได้ ฟังก์ชั่นของ $K(Q,t)$ ต่ำที่สุด โดยทำการหาอนุพันธ์อันดับที่ 1 ของ $\frac{\partial K(Q,t)}{\partial Q}$ และ $\frac{\partial K(Q,t)}{\partial t}$ หลังจากนั้นนำค่า

อนุพันธ์อันดับ 1 ที่หาได้ในแต่ละสมการ มาทำการแก้สมการโดยให้มีค่าทางขวามือ เท่ากับค่า 0 เพื่อทำให้ค่าของ Q และ t ทำให้ ฟังก์ชั่นของ $K(Q,t)$ มีค่าต่ำสุด

- ค่า Q ที่ทำให้ ฟังก์ชั่นของ $K(Q,t)$ มีค่าต่ำสุด

$$Q^* = \frac{\lambda\beta(h+b)}{h}t + \frac{l\lambda(1-\beta)}{h} + \lambda m$$

และ

- ค่า t ที่ทำให้ ฟังก์ชั่นของ $K(Q,t)$ มีค่าต่ำสุด

$$At^2 + Bt + C = 0$$

โดยที่

$$A = \lambda^2\beta b(\beta b + h)$$
$$B = 2\lambda^2\beta b\left[l(1-\beta) + mh\right]$$
$$C = l^2\lambda^2(1-\beta)^2 + 2l\lambda^2(1-\beta)mh - 2k\lambda h$$

หลังจากนั้นแก้สมการกำลังสองเพื่อหาค่าของ t^*

แต่ถ้า $h < b,l$ และ $t^* = 0$ สามารถหา Q^* ได้จากสูตร

$$Q^* = \sqrt{\frac{2k\lambda}{h} + \lambda^2 m^2}$$

โดยมีข้อสมมุติ

1) สินค้าที่ผลิตมี 1 รายการ
2) อัตราความต้องการสินค้าเป็นค่าคงตัวและต่อเนื่อง
3) ปริมาณสินค้าที่ผลิตในแต่ละครั้งเป็นตัวแปรต่อเนื่อง
4) มีอัตราการผลิตเป็นค่าคงตัวและต่อเนื่อง
5) ค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิต ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และค่าใช้จ่ายต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตแต่ละหน่วยเป็นค่าคงตัวที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์และไม่ขึ้นกับปริมาณที่ผลิตในแต่ละครั้ง
6) ช่วงเวลานำส่งสินค้าเป็นค่าคงตัว
7) มีสินค้าขาดมือโดยลูกค้าเต็มใจที่จะรอคอยสินค้าโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาหนึ่งที่มีอยู่อย่างจำกัดแต่หลังจากช่างเวลาดังกล่าวจึงจะ

คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือ โดยสัดส่วนของความต้องการสินค้าบางส่วนจะถือเป็นการสูญเสียลูกค้า

8) ระยะเวลาการวางแผนการดำเนินงานของระบบเป็นแบบอนันต์
9) มีพื้นที่ในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง กำลังการผลิตและเงินทุนเพียงพอ

3.6 ประเมินผลการวิจัย

นำผลการวิเคราะห์มาพิจารณาเพื่อหาข้อสรุป และเสนอแนะ

สถานที่เก็บรวบรวมข้อมูล

โรงงานผลิตเหล็กและเหล็กกล้า 3 โรงงาน ในเขตจังหวัดสมุทรปราการ

สถานที่ใช้ในการทำวิจัย

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งตั้งอยู่ที่วิทยาเขตพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ระยะเวลาในการวิจัย

เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2552 สิ้นสุดการวิจัย 30 กันยายน 2553

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาการวิเคราะห์ระบบอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทย : กรณีศึกษาการวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัดมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็ก

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์เหล็กรีดร้อนที่มียอดสั่งสูงบางประเภทเท่านั้น ซึ่งได้แก่ เหล็กเอชบีม เหล็กแผ่นเรียบ เหล็กเส้นกลม เหล็กเพลาดำ ทุกขนาด ถ้าเหล็กชนิดไหนมีหลายขนาดมาก งานวิจัยนี้ได้จัดกลุ่มของเหล็กแต่ละชนิดที่มีขนาดใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน สำหรับในการพยากรณ์เหล็ก เราพยากรณ์โดยแยก แต่ละขนาดของเหล็กแต่ละชนิด โดยใช้ตัวแบบ ARIMA (1,1,2) ซึ่งให้ค่า MSE ต่ำที่สุด จากข้อมูลความต้องการเหล็กรายเดือน แต่ละขนาดของเหล็กแต่ละชนิด จำนวน 3 ปี (36 ข้อมูลต่อ 1 โรงงาน) และหาค่าเฉลี่ยรายเดือนของความต้องการเหล็กของทั้งสองโรงงาน ดังตารางที่ 1 แล้วนำข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนทั้ง 3 ปี มาทำการพยากรณ์ปีถัดไป อีก 12 เดือน หลังจากนั้นจึงนำค่าพยากรณ์มาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นค่าอัตราความต้องการต่อเดือนของเหล็กชนิดต่างๆของแต่ละขนาด

4.1.1 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม

ตารางที่ 1 ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม ขนาด 100 x 100 (หน่วย:เมตริกตัน)

เดือน-ปี	โรงงาน 1	โรงงาน 2	เฉลี่ย
ม.ค.-50	2052	2235	2143.5
ก.พ.-50	2158	2353	2255.5
มี.ค.-50	1676	1814	1745
เม.ย.-50	1749	1896	1822.5
พ.ค.-50	1692	1832	1762
มิ.ย.-50	2309	2522	2415.5
ก.ค.-50	1750	1898	1824
ส.ค.-50	3086	3391	3238.5
ก.ย.-50	2748	3012	2880
ต.ค.-50	2141	2334	2237.5
พ.ย.-50	2495	2730	2612.5

ตารางที่ 1 ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม ขนาด 100 x 100 (ต่อ)

เดือน-ปี	โรงงาน 1	โรงงาน 2	เฉลี่ย
ธ.ค.-50	2811	3082	2946.5
ม.ค.-51	1598	1727	1662.5
ก.พ.-51	3219	3539	3379
มิ.ย.-51	2591	2837	2714
ก.ค.-51	2140	2333	2236.5
ส.ค.-51	1957	2129	2043
ก.ย.-51	2014	2192	2103
ต.ค.-51	2124	2315	2219.5
พ.ย.-51	1140	1215	1177.5
ธ.ค.-51	1578	1705	1641.5
ม.ค.-52	1325	1422	1373.5
ก.พ.-52	1831	1988	1909.5
มี.ค.-52	2259	2466	2362.5
เม.ย.-52	3150	3462	3306
พ.ค.-52	1715	1858	1786.5
มิ.ย.-52	1047	1111	1079
ก.ค.-52	855	897	876
ส.ค.-52	3209	3528	3368.5
ก.ย.-52	1040	1103	1071.5
ต.ค.-52	2920	3205	3062.5
พ.ย.-52	2224	2426	2325
ธ.ค.-52	2636	2887	2761.5

ตารางที่ 2 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม ขนาด 100 x 100 (หน่วย:เมตริกตัน)

เดือน	ค่าพยากรณ์
1	1975.54
2	2610.73
3	1984.62
4	2616.71
5	1993.70
6	2622.70
7	2002.77
8	2628.70
9	2011.83
10	2634.71
11	2020.88
12	2640.72
เฉลี่ย	**2311.97**

สำหรับข้อมูลปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีมขนาดอื่น และเหล็กชนิดอื่น ในงานวิจัยนี้ไม่ขอแสดงเพราะข้อมูลมีจำนวนมาก และจะแสดงเฉพาะสรุปผลของการพยากรณ์ปริมาณความต้องการ

ตารางที่ 3 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม ขนาด 125 x 125 (หน่วย:เมตริกตัน)

เดือน	ค่าพยากรณ์
1	1687.30
2	1767.98
3	1399.61
4	1455.20
5	1412.03
6	1883.58
7	1456.63
8	2478.26
9	2219.36
10	1755.29
11	2026.10
12	2267.26
เฉลี่ย	**1817.38**

ตารางที่ 4 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม ขนาด 150 x 150 (หน่วย:เมตริกตัน)

เดือน	ค่าพยากรณ์
1	1867.3
2	1947.98
3	1579.61
4	1635.2
5	1592.03
6	2063.58
7	1636.63
8	2658.26
9	2399.36
10	1935.29
11	2206.1
12	2447.26
เฉลี่ย	**1997.38**

ตารางที่ 5 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม ขนาด 175 x 175 (หน่วย:เมตริกตัน)

เดือน	ค่าพยากรณ์
1	1749.96
2	1843.05
3	1418.01
4	1482.16
5	1432.34
6	1976.43
7	1483.81
8	2662.61
9	2363.88
10	1828.42
11	2140.89
12	2419.15
เฉลี่ย	**1900.06**

ตารางที่ 6 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม ขนาด 200 x 200 (หน่วย:เมตริกตัน)

เดือน	ค่าพยากรณ์
1	2049.96
2	2143.05
3	1718.01
4	1782.16
5	1732.34
6	2276.43
7	1783.81
8	2962.61
9	2663.88
10	2128.42
11	2440.89
12	2719.15
เฉลี่ย	**2200.06**

ตารางที่ 7 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม ขนาด 250 x 250 (หน่วย:เมตริกตัน)

เดือน	ค่าพยากรณ์
1	1932.62
2	2038.13
3	1556.41
4	1629.11
5	1572.65
6	2189.29
7	1630.98
8	2966.95
9	2628.4
10	2021.54
11	2375.67
12	2691.04
เฉลี่ย	**2102.73**

ตารางที่ 8 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม ขนาด 300 x 300 (หน่วย:เมตริกตัน)

เดือน	ค่าพยากรณ์
1	1915.28
2	2033.2
3	1494.81
4	1576.07
5	1512.97
6	2202.15
7	1578.16
8	3071.3
9	2692.91
10	2014.66
11	2410.46
12	2762.92
เฉลี่ย	**2105.41**

ตารางที่ 9 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม ขนาด 350 x 350 (หน่วย:เมตริกตัน)

เดือน	ค่าพยากรณ์
1	2015.28
2	2133.2
3	1594.81
4	1676.07
5	1612.97
6	2302.15
7	1678.16
8	3171.3
9	2792.91
10	2114.66
11	2510.46
12	2862.92
เฉลี่ย	**2205.41**

ตารางที่ 10 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม ขนาด 400 x 400 (หน่วย:เมตริกตัน)

เดือน	ค่าพยากรณ์
1	2167.3
2	2247.98
3	1879.61
4	1935.2
5	1892.03
6	2363.58
7	1936.63
8	2958.26
9	2699.36
10	2235.29
11	2506.1
12	2747.26
เฉลี่ย	**2297.38**

จากตารางข้างบนสามารถสรุปผลการพยากรณ์ของเหล็กเอชบีม ทุกขนาดต่อเดือน ดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 11 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเอชบีม (หน่วย:เมตริกตัน)

ขนาด มม.	น้ำหนัก/เมตร กก.	ค่าพยากรณ์ปริมาณ ความต้องการเฉลี่ยต่อเดือน
100 x 100	17.2	2311.97
125 x 125	23.8	1817.38
150 x 150	31.5	1997.38
175 x 175	40.2	1900.06
200 x 200	49.9	2200.06
250 x 250	72.4	2102.73
300 x 300	94	2105.41
350 x 350	137	2205.41
400 x 400	172	2297.38

4.1.2 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเส้นกลม

ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเส้นกลม ได้แสดงข้อมูลเฉลี่ยต่อเดือนของเหล็กเส้นกลมแต่ละขนาด ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเหล็กเส้นกลมเฉลี่ยต่อเดือนของแต่ละขนาด (หน่วย:เมตริกตัน)

ขนาด มม.	ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการเฉลี่ยต่อเดือน
RB 6	2367.30
RB 9	2447.98
RB 12	2079.61
RB 15	2135.20
RB 19	2092.03
RB 25	2563.58
RB 28	2136.63

4.1.3 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กแผ่นเรียบ

ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กแผ่นเรียบ ได้แสดงข้อมูลเฉลี่ยต่อเดือนของเหล็กแผ่นเรียบแต่ละขนาด (หน่วย:เมตริกตัน) ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กแผ่นเรียบเฉลี่ยต่อเดือนของแต่ละขนาด

ขนาด (ฟุต)	ขนาด (มม.)	ความหนา (มม.)	ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการเฉลี่ยต่อเดือน
3 x 6	**914 x 1829**	1.2 - 10	1310.08
		11.0 - 50	1431.72
		60 - 100	876.33
4 x 8	**1219 x 2438**	1.2 - 10	960.15
		11.0 - 50	895.06
		60 - 100	1606.01

ตารางที่ 13 (ต่อ) (หน่วย:เมตริกตัน)

ขนาด(ฟุต)	ขนาด (มม.)	ความหนา (มม.)	ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการเฉลี่ยต่อเดือน
4 x 10	**1219 x 3048**	1.2 - 10	962.31
		11 - 50	2502.61
		60 - 100	2112.27
4 x 16	**1219 x 4877**	1.2 - 10	1412.60
		11 - 50	1820.89
		60 - 100	2184.49
4 x 20	**1219 x 6096**	1.2 - 10	786.19
		11 - 50	2655.24
		60 - 100	1556.50
5 x 10	**1524 x 3048**	1.2 - 10	2903.78
		11 - 50	1097.18
		60 - 100	1930.91
5 x 20	**1524 x 6096**	1.2 - 10	1411.72
		11 - 50	1200.9
		60 - 100	1265.61
5 x 30	**1524 x 9144**	1.2 - 10	1392.91
		11 - 50	858.52
		60 - 100	763.07
5 x 40	**1524 x 12192**	1.2 - 10	971.50
		11 - 50	1055.65
		60 - 100	1548.42
6 x 20	**1829 x 6096**	1.2 - 10	2575.89
		11 - 50	921.11
		60 - 100	1151

ตารางที่ 13 (ต่อ) (หน่วย:เมตริกตัน)

ขนาด (ฟุต)	ขนาด (มม.)	ความหนา (มม.)	ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการเฉลี่ยต่อเดือน
6 x 30	**1829 x 9144**	1.2 - 10	970.44
		11 - 50	2643.70
		60 - 100	742.80
6 x 40	**1829 x 12192**	1.2 - 10	2310.68
		11 - 50	1507.70
		60 - 100	983.29

4.1.4 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเพลาดำ

ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเพลาดำได้แสดงข้อมูลเฉลี่ยต่อเดือนของเพลาดำเรียบแต่ละขนาด (หน่วย:เมตริกตัน) ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็กเพลาดำเฉลี่ยต่อเดือนของแต่ละขนาด

ขนาด (มม.)	ขนาด (นิ้ว)	ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการเฉลี่ยต่อเดือน
19.05	3/4	2344.76
22.23	7/8	2441.58
25.4	1	1999.53
28.58	1 1/8	2066.24
31.75	1 1/4	2014.44
34.93	1 3/8	2580.29
38.1	1 1/2	2067.96
41.28	1 5/8	3293.91
44.45	1 3/4	2983.23
47.63	1 7/8	2426.35
50.8	2	2751.32

ตารางที่ 14 (ต่อ) (หน่วย:เมตริกตัน)

ขนาด (มม.)	ขนาด (นิ้ว)	ค่าพยากรณ์ปริมาณความต้องการเฉลี่ยต่อเดือน
53.98	2 1/8	3040.72
57.15	2 1/4	1927.79
60.33	2 3/8	3415.40
63.5	2 1/2	2540.88
66.68	2 5/8	3613.21
69.85	2 3/4	2175.30
73.03	2 7/8	2838.89
76.2	3	2425.65

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์

ในการวิเคราะห์หาเฉลี่ยต่างๆของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ต่อหน่วย ต่อหน่วยเวลา (h) ค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิตต่อครั้ง (k) ค่าใช้จ่ายในกรณีสินค้าขาดมือ ต่อหน่วย ต่อหน่วยเวลา (b) ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในกรณีสูญเสียลูกค้าเมื่อไม่สามารถส่งของได้ทันตามกำหนดในเวลาที่ลูกค้าสามารถรอได้รวมถึงการสูญเสียกำไรจากการขาย (l) ช่วงเวลามากที่สุดที่ลูกค้าสามารถรอได้เมื่อเกิดกรณีสินค้าขาดมือโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย (m) สัดส่วนของปริมาณความต้องการสินค้าขาดมือ ถ้าช่วงเวลามากกว่า m (β) และ ปริมาณความต้องการสินค้าต่อหน่วยเวลา (λ) ดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยต่างๆของค่าใช้จ่ายต่างๆ สัดส่วนลูกค้า ระยะเวลาที่ลูกค้ารอสินค้าขาดมือโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย และปริมาณความต้องการของเหล็กเอชบีม

ขนาด	น้ำหนัก/เมตร	ค่าพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ได้						
(มม.)	(กก.)	h	k	b	l	m	β	λ
100 x 100	17.2	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2311.97
125 x 125	23.8	2300	1300000	1300	700	3	0.8	1817.38
150 x 150	31.5	2300	1300000	1300	700	3	0.8	1997.38
175 x 175	40.2	2300	1300000	1300	700	3	0.8	1900.06
200 x 200	49.9	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2200.06
250 x 250	72.4	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2102.73
300 x 300	94	2300	1330000	1300	700	3	0.8	2105.41
350 x 350	137	2300	1350000	1300	700	3	0.8	2205.41
400 x 400	172	2300	1380000	1300	700	3	0.8	2297.38

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยต่างๆของค่าใช้จ่ายต่างๆ สัดส่วนลูกค้า ระยะเวลาที่ลูกค้ารอสินค้าขาดมือโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย และปริมาณความต้องการของเหล็กเส้นกลม

ขนาด	น้ำหนัก/เมตร	ค่าพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ได้						
มม.	กก.	h	k	b	l	m	β	λ
RB 6	0.22	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2367.3
RB 9	0.49	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2447.98
RB 12	0.88	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2079.61
RB 15	1.38	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2135.2
RB 19	2.22	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2092.03
RB 25	3.85	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2563.58
RB 28	4.83	2300	130000	1300	700	3	0.8	2136.63

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยต่างๆของค่าใช้จ่ายต่างๆ สัดส่วนลูกค้า ระยะเวลาที่ลูกค้ารอสินค้าขาดมือโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย และปริมาณความต้องการของเหล็กแผ่นเรียบ

ลำดับที่	ขนาด (ฟุต)	ขนาด (มม.)	ความหนา	น้ำหนัก (กก.)	ค่าพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ได้						
					h	k	b	l	m	β	λ
1	3 x 6	914 x 1829	1.2 - 10	16 - 131	2300	1300000	1300	700	3	0.8	1310.08
2			11.0 - 50	144 - 656	2300	1300000	1300	700	3	0.8	1431.72
3			60 - 100	788 - 1314	2300	1300000	1300	700	3	0.8	876.33
4	4 x 8	1219 x 2438	1.2 - 10	28-233	2300	1300000	1300	700	3	0.8	960.15
5			11.0 - 50	257-1168	2300	1300000	1300	700	3	0.8	895.06
6			60 - 100	1401-2336	2300	1300000	1300	700	3	0.8	1606.01
7	4 x 10	1219 x 3048	1.2 - 10	35-292	2300	130000	1300	700	3	0.8	962.31
8			11.0 - 50	321-1460	2300	130000	1300	700	3	0.8	2502.61
9			60 - 100	1752-2920	2300	130000	1300	700	3	0.8	2112.27
10	4 x 16	1219 x 4877	1.2 - 10	56-467	2300	130000	1300	700	3	0.8	1412.6
11			11.0 - 50	513-2336	2300	130000	1300	700	3	0.8	1820.89
12			60 - 100	2803-4672	2300	130000	1300	700	3	0.8	2184.49
13	4 x 20	1219 x 6096	1.2 - 10	70-583	2300	130000	1300	700	3	0.8	786.19
14			11.0 - 50	642-2920	2300	130000	1300	700	3	0.8	2655.24
15			60 - 100	3504-5840	2300	130000	1300	700	3	0.8	1556.5
16	5 x 10	1524 x 3048	1.2 - 10	44-365	2300	130000	1300	700	3	0.8	2903.78
17			11.0 - 50	401-1825	2300	130000	1300	700	3	0.8	1097.18
18			60 - 100	2190-3650	2300	130000	1300	700	3	0.8	1930.91
19	5 x 20	1524 x 6096	1.2 - 10	88-729	2300	130000	1300	700	3	0.8	1411.72
20			11.0 - 50	802-3650	2300	130000	1300	700	3	0.8	1200.9
21			60 - 100	4380-7300	2300	130000	1300	700	3	0.8	1265.61
22	5 x 30	1524 x 9144	1.2 - 10	131-1094	2300	130000	1300	700	3	0.8	1392.91
23			11.0 - 50	1204-5475	2300	130000	1300	700	3	0.8	858.52
24			60 - 100	6570-10950	2300	130000	1300	700	3	0.8	763.07
25	5 x 40	1524 x 12192	1.2 - 10	175-1460	2300	130000	1300	700	3	0.8	971.5
26			11.0 - 50	1606-7300	2300	130000	1300	700	3	0.8	1055.65
27			60 - 100	8760-14600	2300	130000	1300	700	3	0.8	1548.42
28	6 x 20	1829 x 6096	1.2 - 10	105-876	2300	130000	1300	700	3	0.8	2575.89
29			11.0 - 50	964-4380	2300	130000	1300	700	3	0.8	921.11
30			60 - 100	5256-8760	2300	130000	1300	700	3	0.8	1151
31	6 x 30	1829 x 9144	1.2 - 10	158-1313	2300	130000	1300	700	3	0.8	970.44
32			11.0 - 50	14444-6570	2300	130000	1300	700	3	0.8	2643.7
33			60 - 100	7884-13140	2300	130000	1300	700	3	0.8	742.8
34	6 x 40	1829 x 12192	1.2 - 10	210-1752	2300	130000	1300	700	3	0.8	2310.68
35			11.0 - 50	1927-8760	2300	130000	1300	700	3	0.8	1507.7
36			60 - 100	10512-17520	2300	130000	1300	700	3	0.8	983.29

ตารางที่ 18 ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยต่างๆของค่าใช้จ่ายต่างๆ สัดส่วนลูกค้า ระยะเวลาที่ลูกค้ารอสินค้าขาดมือโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย และปริมาณความต้องการของเหล็กเพลาดำ

ขนาด	ขนาด	น้ำหนัก	น้ำหนัก	ค่าพารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ได้						
(มม.)	(นิ้ว)	กก./ม.	กก./6 ม.	h	k	b	l	m	β	λ
19.05	3/4	2.24	13.44	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2344.76
22.23	7/8	3.05	18.3	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2441.58
25.4	1	3.98	23.9	2300	1300000	1300	700	3	0.8	1999.53
28.58	1 1/8	5.03	30.2	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2066.24
31.75	1 1/4	6.21	37.26	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2014.44
34.93	1 3/8	7.52	45.12	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2580.29
38.1	1 1/2	8.95	53.7	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2067.96
41.28	1 5/8	10.5	63	2300	1300000	1300	700	3	0.8	3293.91
44.45	1 3/4	12.2	73.2	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2983.23
47.63	1 7/8	14	84	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2426.35
50.8	2	15.9	95.4	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2751.32
53.98	2 1/8	17.9	107.4	2300	1300000	1300	700	3	0.8	3040.72
57.15	2 1/4	20	120	2300	1300000	1300	700	3	0.8	1927.79
60.33	2 3/8	22.4	134.4	2300	1300000	1300	700	3	0.8	3415.4
63.5	2 1/2	24.9	149.4	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2540.88
66.68	2 5/8	27.4	164.4	2300	1300000	1300	700	3	0.8	3613.21
69.85	2 3/4	30.1	180.6	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2175.3
73.03	2 7/8	32.9	197.4	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2838.89
76.2	3	35.8	214.8	2300	1300000	1300	700	3	0.8	2425.65

4.3 ผลการวิเคราะห์การวางแผนและควบคุมการผลิต

ผลการวิเคราะห์การวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัด ซึ่งได้ค่าเวลาที่เกินกำหนดการรอของลูกค้าบางคนที่ไม่สามารถรอสินค้าได้อีกถึงจุดเวลาที่เริ่มสั่งซื้อเพื่อวางแผนผลิตในคาบต่อไป (t) และปริมาณการสั่งซื้อสินค้าในแต่ละรอบ

(Q) และนำค่าที่ได้มาหารอบของระยะเวลาในการผลิตแต่ละครั้ง (T) ต่อ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนและควบคุมการผลิต เพื่อทำให้เกิดต้นทุนของค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด ของเหล็กแต่ละขนาดในแต่ละชนิด แสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ค่า t และ Q เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการผลิตและควบการผลิตของเหล็กเอชบีม

ขนาด มม.	ค่า t (เดือน)	ค่า Q (เมตริกตัน)	ค่า T (เดือน)
100 x 100	0.68	2563.61	1.24
125 x 125	0.76	2214.19	1.37
150 x 150	0.72	2317.60	1.30
175 x 175	0.74	2262.38	1.34
200 x 200	0.67	2427.81	1.24
250 x 250	0.69	2375.66	1.27
300 x 300	0.70	2405.43	1.28
350 x 350	0.69	2478.83	1.26
400 x 400	0.68	2556.99	1.25

ตารางที่ 20 ผลการวิเคราะห์ค่า t และ Q เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการผลิตและควบการผลิตของเหล็กเส้นกลม

ขนาด (มม.)	ค่า t (เดือน)	ค่า Q (เมตริกตัน)	ค่า T (เดือน)
RB 6	0.67	2594.68	1.23
RB 9	0.65	2639.35	1.21
RB 12	0.72	2428.99	1.31
RB 15	0.71	2461.84	1.30
RB 19	0.72	2436.37	1.31
RB 25	0.63	2702.12	1.18
RB 28	0.71	2462.68	1.30

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ค่า t และ Q เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการผลิตและควบการผลิตของเหล็กแผ่นเรียบ

ขนาด (ฟุต)	ขนาด (มม.)	ความหนา (มม.)	ค่า t (เดือน)	ค่า Q (เมตริกตัน)	ค่า T (เดือน)
3 x 6	914 x 1829	1.2 - 10	0.171	1920.08	1.50
		11.0 - 50	0.147	2008.75	1.43
		60 - 100	0.310	1565.40	1.85
4 x 8	1219 x 2438	1.2 - 10	0.274	1639.68	1.76
		11.0 - 50	0.301	1582.29	1.83
		60 - 100	0.118	2129.62	1.35
4 x 10	1219 x 3048	1.2 - 10	0.273	1641.55	1.76
		11.0 - 50	0.030	2669.19	1.07
		60 - 100	0.059	2448.34	1.17
4 x 16	1219 x 4877	1.2 - 10	0.150	1995.06	1.44
		11.0 - 50	0.089	2270.14	1.26
		60 - 100	0.053	2490.62	1.15
4 x 20	1219 x 6096	1.2 - 10	0.356	1481.53	1.96
		11.0 - 50	0.020	2750.91	1.04
		60 - 100	0.125	2095.96	1.37
5 x 10	1524 x 3048	1.2 - 10	0.007	2879.21	0.99
		11.0 - 50	0.227	1754.61	1.64
		60 - 100	0.077	2338.96	1.23
5 x 20	1524 x 6096	1.2 - 10	0.151	1994.43	1.44
		11.0 - 50	0.198	1837.01	1.57
		60 - 100	0.182	1886.67	1.53

ตารางที่ 21 (ต่อ)

ขนาด (ฟุต)	ขนาด (มม.)	ความหนา (มม.)	ค่า t (เดือน)	ค่า Q (เมตริกตัน)	ค่า T (เดือน)
5 x 30	1524 x 9144	1.2 - 10	0.154	1980.87	1.45
		11.0 - 50	0.318	1549.17	1.87
		60 - 100	0.370	1459.27	1.99
5 x 40	1524 x 12192	1.2 - 10	0.270	1649.49	1.75
		11.0 - 50	0.240	1720.56	1.68
		60 - 100	0.127	2090.42	1.38
6 x 20	1829 x 6096	1.2 - 10	0.025	2708.72	1.06
		11.0 - 50	0.290	1605.50	1.80
		60 - 100	0.211	1797.82	1.60
6 x 30	1829 x 9144	1.2 - 10	0.270	1648.58	1.75
		11.0 - 50	0.021	2744.81	1.04
		60 - 100	0.382	1439.48	2.01
6 x 40	1829 x 12192	1.2 - 10	0.043	2562.88	1.12
		11.0 - 50	0.133	2062.27	1.39
		60 - 100	0.265	1659.63	1.74

ตารางที่ 22 ผลการวิเคราะห์ค่า t , Q และ T เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการผลิตและควบการผลิตของเหล็กเพลาดำ

ขนาด (มม.)	ขนาด (นิ้ว)	น้ำหนัก กก./ม.	ค่า t (เดือน)	ค่า Q (เมตริกตัน)	ค่า T (เดือน)
19.05	3/4	2.24	0.67	2582.06	1.24
22.23	7/8	3.05	0.65	2635.83	1.21
25.4	1	3.98	0.74	2380.91	1.34
28.58	1 1/8	5.03	0.73	2421.03	1.32
31.75	1 1/4	6.21	0.74	2389.93	1.33
34.93	1 3/8	7.52	0.63	2711.08	1.18
38.1	1 1/2	8.95	0.73	2422.05	1.32
41.28	1 5/8	10.5	0.68	2553.39	0.91
44.45	1 3/4	12.2	0.57	2919.08	1.09
47.63	1 7/8	14	0.66	2627.44	1.21
50.8	2	15.9	0.60	2801.18	1.14
53.98	2 1/8	17.9	0.57	2947.61	1.08
57.15	2 1/4	20	0.76	2337.03	1.36
60.33	2 3/8	22.4	0.66	2621.40	0.90
63.5	2 1/2	24.9	0.64	2689.90	1.19
66.68	2 5/8	27.4	0.63	2728.64	0.88
69.85	2 3/4	30.1	0.70	2485.28	1.28
73.03	2 7/8	32.9	0.59	2846.25	1.12
76.2	3	35.8	0.66	2627.06	1.21

จากผลการวิเคราะห์ค่า t , Q และ T ของเหล็กแต่ละขนาดในแต่ละชนิด จากตารางข้างบนทำให้เราสามารถทราบจำนวนการสั่งซื้อวัตถุดิบ (Q) เพื่อใช้ในการผลิตแต่ละรอบ และทราบระยะเวลาในการผลิตแต่ละรอบ (T) จากจำนวนวัตถุดิบที่สั่งซื้อมา ทราบระยะเวลาสินค้าขาดมือที่ลูกค้าสามารถรอสินค้าโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายได้ (m) และทราบเวลาในการสั่งซื้อหรือผลิตสินค้าในรอบถัดไป (T+m+t) เพื่อทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดในการวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัด

หลังจากนั้นถ้าต้องการทราบค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่างๆ ก็ให้นำ ค่า t ,Q และค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเหล็กแต่ละขนาดในแต่ละชนิด จากตารางผลการวิเคราะห์ที่ได้ มาหาค่าต่างๆ ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการสั่งสินค้าต่อหน่วยเวลา (OC) ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการเก็บรักษาสินค้าคงคลังต่อหน่วยเวลา (IC) ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการสูญเสียการขาย (LC) ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการสั่งซื้อสินค้าย้อนหลังต่อหน่วยเวลา (BC) ค่าใช้จ่ายรวมเฉลี่ยต่อหน่วยเวลา K(Q,t) ของตัวแบบการวิเคราะห์ระบบสินค้าคงคลังโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัด จากสูตรในบทที่ 3

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการวิเคราะห์ระบบอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทย : กรณีศึกษาการวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัด ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

5.1 ลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างคือผู้ผลิตเหล็กและเหล็กกล้าที่มีอัตราการผลิตใกล้เคียงกัน จำนวน 2 โรงงาน ในเขตจังหวัด สมุทรปราการ โดยจะทำการเลือกศึกษาเฉพาะผลิตภัณฑ์เหล็กรีดร้อนที่มียอดสั่งสูงบางประเภทเท่านั้น ซึ่งได้แก่ เหล็กเอชบีม เหล็กแผ่นเรียบ เหล็กเส้นกลม เหล็กเพลาดำ ทุกขนาด เพื่อใช้เป็นต้นแบบในการวิเคราะห์หาค่าอัตราความต้องการสินค้าของลูกค้า ค่าเฉลี่ยต่างๆของเหล็กชนิดต่างๆของแต่ละขนาด ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ค่าใช้จ่ายในกรณีสินค้าขาดมือ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในกรณีสูญเสียลูกค้าเมื่อไม่สามารถส่งของได้ทันตามกำหนดในเวลาที่ลูกค้าสามารถรอได้ซึ่งรวมถึงการสูญเสียกำไรจากการขาย ค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิต ระยะเวลาที่ลูกค้าสามารถรอได้เมื่อเกิดกรณีสินค้าขาดมือและไม่คิดค่าปรับ และสัดส่วนลูกค้ากรณีระยะเวลาของสินค้าขาดมือเกินกำหนดที่ลูกค้ารอได้

5.2 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการเหล็ก

งานวิจัยนี้ได้จัดกลุ่มของเหล็กแต่ละชนิดที่มีขนาดใกล้เคียงกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน สำหรับในการพยากรณ์เหล็ก เราพยากรณ์โดยแยกแต่ละขนาดของเหล็กแต่ละชนิด โดยใช้ตัวแบบ ARIMA (1,1,2) ซึ่งให้ค่า MSE ต่ำที่สุด จากข้อมูลความต้องการเหล็กรายเดือน แต่ละขนาดของเหล็กแต่ละชนิด จำนวน 3 ปี (36 ข้อมูลต่อ 1 โรงงาน) หลังจากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยรายเดือนของความต้องการเหล็กของทั้งสองโรงงาน ดังตารางที่ 1 แล้วนำข้อมูลค่าเฉลี่ยรายเดือนทั้ง 3 ปี มาทำการพยากรณ์ปีถัดไป อีก 12 เดือน หลังจากนั้นจึงนำค่าพยากรณ์มาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้ง เพื่อใช้เป็นค่าอัตราความต้องการต่อเดือนของเหล็กชนิดต่างๆของแต่ละขนาด ซึ่งค่าพยากรณ์สามารถดูได้จากตารางที่ 11-14 ในบทที่4

5.3 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์

ในการวิเคราะห์หาเฉลี่ยต่างๆในแต่ละขนาดของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง ต่อหน่วย ต่อหน่วยเวลา (h) ค่าใช้จ่ายในการตระเตรียมการผลิตต่อครั้ง (k)ค่าใช้จ่ายในกรณีสินค้าขาดมือ ต่อหน่วย ต่อหน่วยเวลา (b) ค่าใช้จ่ายต่อหน่วยในกรณีสูญเสียลูกค้าเมื่อไม่สามารถส่งของได้ทันตามกำหนดในเวลาที่ลูกค้าสามารถรอได้รวมถึงการสูญเสียกำไรจากการขาย (l) ช่วงเวลามากที่สุดที่ลูกค้าสามารถรอได้เมื่อเกิดกรณีสินค้าขาดมือโดยไม่คิดค่าใช้จ่าย (m) สัดส่วนของปริมาณความต้องการสินค้าขาดมือ ถ้าช่วงเวลามากกว่า m (β) และปริมาณความต้องการสินค้าต่อหน่วยเวลา (λ) ผลการวิเคราะห์สามารถดูได้จากตารางที่ 15-18 ในบทที่4

5.4 การวิเคราะห์การวางแผนและควบคุมการผลิต

ผลการวิเคราะห์การวางแผนและควบคุมการผลิตโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายสินค้าขาดมือในช่วงเวลาที่มีจำกัดในแต่ละขนาดของแต่ละผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้เราสามารถทราบจำนวนการสั่งซื้อวัตถุดิบ (Q) เพื่อใช้ในการผลิตแต่ละรอบ และทราบระยะเวลาในการผลิตแต่ละรอบ (T) จากจำนวนวัตถุดิบที่สั่งซื้อมา ทราบระยะเวลาสินค้าขาดมือที่ลูกค้าสามารถรอสินค้าโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายได้ (m) และทราบเวลาในการสั่งซื้อหรือผลิตสินค้าในรอบถัดไป (T+m+t) เพื่อทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุดในการวางแผนและควบคุมการผลิต ซึ่งผลการวิเคราะห์สามารถดูได้จากตารางที่ 19-22 ในบทที่ 4

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการวิจัยครั้งต่อๆไป ควรกำหนดให้ปริมาณความต้องการสินค้าเป็นตัวแปรสุ่ม เพื่อให้วิเคราะห์การวางแผนและควบคุมการผลิตมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น
2. นำวิธีการวิเคราะห์ไปประยุกต์ใช้งานอุตสาหกรรมทางด้านอื่นๆ และงานทางด้านอื่นๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บรรณานุกรม

วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล. ทฤษฎีสินค้าคงคลัง พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ , 2536.

Akinniyi, F. A. and Silver, E. A. Inventory control using a service constraint on the expected duration of stockouts. AIIE Trans.1981, 13, 343-348.

Aucamp, D. C. and Fogarty, D. W. EOQ with limited backorder delays. Comput. Ops. Res. 1984, 11, 333-335.

Banks, J. and Fabrycky, W. J. Procurement and Inventory Systems Analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1987, pp. 104-107.

Bragg M. Inventory Best Practices. Wiley, John & Sons, 2004.

Hadley,G.and Whitin, T.M. Analysis of Inventory Systems. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1963, pp. 42-50.

Kim, D. H. and Park, K. S. (Q,r) inventory model with a mixture of lost sales and time-weighted backorders. J.Opt. Res. Soc. 1985, 36, 231-238.

Nadim E. Abboud and Robert G. Sfairy , Time-limited free back-orders EOQ model 1997, Appl. Math Modeling, 21, 21-25.

Nahmias, S. Production and Operations Analysis. Irwin, Homewood,IL, 1989, pp.201-206

Plossl, G.W. Production and Inventory Control: Principles and Techniques. 2nd Edition. Prentice Hall Published, 1985.

Waters, D. Inventory Control and Management. Second edition. Wiley , 1992.

http://www2.isit.or.th/Index.asp

http://www.docstoc.com/docs/Autoregressive-integrated-moving-average-model-(ARIMA)

http://e-learning.mfu.ac.th/mflu/1301312/IM/c4_5.htm

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล: นางสาววัชรินทร์ แสงมา
(Miss Watcharin Sangma)
ตำแหน่ง: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระดับ 8 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
การศึกษา: อส.บ. เทคโนโลยีขนถ่ายวัสดุ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
วศ.ม.วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชื่อ-สกุล: นายพิษณุ ทองขาว
(Mr. Pitsanu Tongkhow)
ตำแหน่ง: อาจารย์ระดับ 5 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
การศึกษา: ค.อ.บ. วิศวกรรมอุตสาหการ-ออกแบบการผลิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
ว.ศ.ม. วิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ