

การพยากรณ์เพื่อการวางแผนการผลิต กรณีศึกษา โรงงานผลิตวงจรรวม

ธนากร เมียงอารมณ์*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี 172 ถนนอิสรภาพ แขวงวัดกัลยาณ์ เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

*E-mail: thanakorn.m@dru.ac.th

ประสิทธิ์ ไกรลมสม*

แขนงวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี 321 ถนนนารายณ์มหาราช ตำบลทะเลชุบศร อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี 15000

*E-mail: bileys2000@yahoo.com

และ วรวิทย์ ลีลาวรรณ***

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี 172 ถนนอิสรภาพ แขวงวัดกัลยาณ์ เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600

***E-mail: walawit_leelawan@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพยากรณ์การผลิตของผลิตภัณฑ์วงจรรวมในอุตสาหกรรมผลิตวงจรรวม โดยพิจารณาการผลิตของ 3 ผลิตภัณฑ์หลัก ซึ่งประกอบด้วย TM-001 TG-001 และ RM-012 ด้วยการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Analysis) ซึ่งจะใช้ทั้ง 4 วิธีดังนี้ คือ การพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) การพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบแก้ไขแนวโน้มของโฮลต์ (Holt's Trend-Corrected Exponential Smoothing) การพยากรณ์ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) การพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบธรรมดา (Single Exponential Smoothing) โดยพบว่าผลการคำนวณค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Minitab 18.0 ทำให้ตัดสินใจได้ว่าวิธีการพยากรณ์แบบวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) มีผลการพยากรณ์ที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จึงมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลการผลิตที่ใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงเป็นวิธีการพยากรณ์ที่ดีที่สุดสำหรับผลิตภัณฑ์ TM-001 TG-001 และ RM-012

คำสำคัญ: การพยากรณ์การผลิต, อนุกรมเวลา, อุตสาหกรรมการผลิตวงจรรวม

* อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

** อาจารย์ แขนงวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

*** อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Forecasting for Production Planning: Integrated Circuit Factory Case Study

Thanakorn Miengarom^{*}

Program of Industrial Management, Technology Faculty of Science and Technology
Dhonburi Rajabhat University 172 Freedom Road, Wat Kalaya Subdistrict, Thonburi District, Bangkok Province 10600

^{*}E-mail: thanakorn.m@dru.ac.th

Prasit Krailomsom^{}**

Industrial Management, Faculty of Industrial Technology
Thepsatri Rajabhat University, 321 Naraimaharat Road, Muang District, Lopburi, Thailand, 15000

^{*}E-mail: bileys2000@yahoo.com

and Wolawit Leelawan^{*}**

Program of Industrial Management, Technology Faculty of Science and Technology
Dhonburi Rajabhat University 172 Freedom Road, Wat Kalaya Subdistrict, Thonburi District, Bangkok Province 10600

^{***}E-mail: walawit_leelawan@hotmail.com

Abstract

This study aims to develop the forecasting production product for Integrated Circuit Industry by considering the production of three products; TM-001 TG-001 and RM-012 with Time Series Analysis that use 4 methods as follows; Trend Analysis Holt's Trend-Corrected Exponential Smoothing Moving Average and Single Exponential Smoothing. The result form forecasting production data with Minitab 18.0. We found that Trend Analysis method was the best error measurement for product TM-001 TG-001 and RM-012.

Keywords: Forecasting Production, Time Series Analysis, Integrated Circuit Industry

^{*} Lecturer, Program of Industrial Management, Technology Faculty of Science and Technology

^{**} Lecturer, Industrial Management, Faculty of Industrial Technology

^{***} Lecturer, Program of Industrial Management, Technology Faculty of Science and Technology

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การผลิตวงจรรวม (Integrated Circuit: IC) เป็นอุตสาหกรรมที่ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์หลายประเภทที่มีความต่อเนื่องกันในส่วนของการกระบวนการผลิต โดยเป็นอุตสาหกรรมที่มีความเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ ซึ่งสามารถแบ่งประเภทได้เป็น 3 กลุ่มตามความเชื่อมโยงของการผลิต คือ อุตสาหกรรมขั้นต้น (Upstream) เป็นขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบ อุตสาหกรรมขั้นกลาง (Midstream) เป็นขั้นตอนการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ประเภทวงจรรวม และอุตสาหกรรมขั้นปลาย (Downstream) กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้าสำเร็จรูป อุตสาหกรรมแต่ละกลุ่มดังที่กล่าวมา มีความต้องการในการใช้วงจรรวมหรือไอซี (Integrated Circuit: IC) เป็นองค์ประกอบสำคัญในกระบวนการผลิต ซึ่งในปัจจุบันพบว่าความต้องการเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ปัญหาที่พบ คือ ผู้ผลิตไม่สามารถผลิตชิ้นส่วนได้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้าซึ่งลักษณะชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ลูกค้าต้องการนั้นมีหลายประเภทและแต่ละประเภทมีปริมาณและช่วงเวลาของลูกค้าต้องการแตกต่างกัน การพยากรณ์การผลิตจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ผลิตจะต้องดำเนินการให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า

ในภาวะการแข่งขันทางเศรษฐกิจสูงขึ้นในทุกวันนี้แต่ละอุตสาหกรรมจึงมีใช้แค่การผลิตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ยังต้องหากยุทธ์ต่างๆ เพื่อให้องค์กรของตนเองสามารถอยู่รอด และนำหน้าคู่แข่งในตลาดอุตสาหกรรมเดียวกัน จากปัญหาที่กล่าวมาจึงมีความจำเป็นต้องหาวิธีการเพื่อให้เกิดการวางแผนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยใช้การพยากรณ์การผลิต [1] ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกในกระบวนการวางแผนและควบคุมการผลิต ซึ่งจะเป็นการคาดการณ์ล่วงหน้าเพื่อให้ทราบถึงสิ่งต่างๆ วิธีการคำนวณหาค่าพยากรณ์นั้นจะมีขั้นตอนการคำนวณหลายขั้นตอน มีลักษณะการเลือกประเภทที่ใช้ในการคำนวณ

แตกต่างกันออกไป และมีความซับซ้อนยุ่งยากในการคำนวณ ดังนั้นเพื่อช่วยให้เข้าใจถึงความสามารถและข้อจำกัดของเทคนิคต่างๆ ที่เหมาะสำหรับการพยากรณ์ และช่วยให้เพื่อเป็นข้อมูลในการตัดสินใจ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการวางแผนการผลิตสินค้า ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยฉบับนี้เพื่อพยากรณ์การผลิตของผลิตภัณฑ์ในโรงงานผลิตวงจรรวมตัวอย่าง

โดยพบว่ามิงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนการผลิต รวมถึงในงานวิจัยการพยากรณ์การผลิต กรณีศึกษาของการพยากรณ์การสั่งซื้อวัตถุดิบสำหรับกระบวนการผลิตยางผสมเสร็จ [2] การสั่งซื้ออะไหล่สิ้นเปลืองของเครื่องสูบน้ำ [3] การสั่งซื้อที่ประหยัดในอุตสาหกรรมยานยนต์ [4] ซึ่งนำการพยากรณ์โดยใช้การพยากรณ์อนุกรมเวลา (Time Series Forecasting) [5], [6]

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาหาวิธีการที่เหมาะสมในการพยากรณ์การผลิตของผลิตภัณฑ์วงจรรวมหรือไอซี

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ไอซีจำนวน 3 ผลิตภัณฑ์ คือ TM-001 TG-001 1 และ RM-012 โดยเก็บข้อมูลการสั่งซื้อย้อนหลังในปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2561

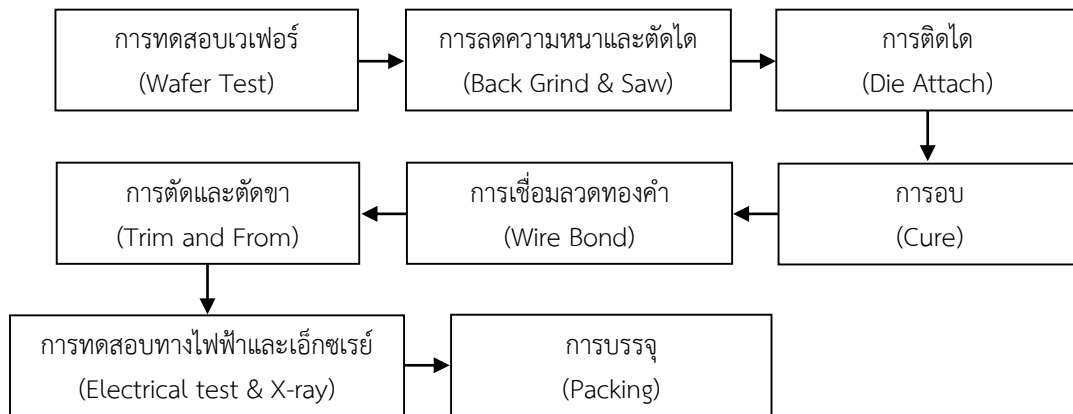
3.2 ในการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้าในปี พ.ศ. 2562 ใช้วิธีการพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) การพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบแก้ไขแนวโน้มของโฮลต์ (Holt's Trend-Corrected Exponential Smoothing) การพยากรณ์ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) การพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบธรรมดา (Simply Exponential Smoothing) โดยวิเคราะห์ผลการพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Minitab 18.0 [7]

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาสภาพการณ์ทั่วไปของบริษัทที่เป็นกรณีศึกษา

โรงงานผลิตวงจรรวม (IC: Integrated Circuit) กรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตและทดสอบไอซีประเภทไมโครคอนโทรเลอร์ การผลิตและทดสอบวงจรรวมจะ

ประกอบด้วยหลายแผนก โดยเริ่มต้นจากแผนกตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบและทดสอบคุณสมบัติการทำงานของไอซี แต่ละตัวมีคุณสมบัติการทำงานตรงตามคุณสมบัติที่กำหนด โดยการใช้เข็มหรือที่เรียกว่า Probe card แตะไปที่ Bond pad ก่อนที่จะส่งไปยังกระบวนการประกอบตัวไอซีเข้ากับบรรจุภัณฑ์ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 กระบวนการผลิตแผงวงจรไฟฟ้ารวม (IC)

4.2 เก็บข้อมูลการผลิตในอดีตเพื่อหารูปแบบการพยากรณ์ที่เหมาะสม

ทำการเก็บข้อมูลย้อนหลังของการสั่งซื้อสินค้า 2 ปี พ.ศ. 2560 และพ.ศ. 2561 ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 1 ข้อมูลการสั่งซื้อไอซีย้อนหลังในปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2561 เพื่อทำการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้า 1 ปี พ.ศ. 2562

ตารางที่ 1 ปริมาณการสั่งซื้อไอซีในปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2561

เดือน	ผลิตภัณฑ์					
	TM-001		TG-001		RM-012	
	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2560	พ.ศ. 2561
ม.ค.	5,300,165	5,365,336	2,474,701	1,763,000	1,954,751	2,660,156
ก.พ.	6,931,895	3,299,885	2,437,315	3,811,859	1,949,524	2,398,094
มี.ค.	7,093,543	4,174,236	2,800,911	6,635,262	1,265,670	2,907,534
เม.ย.	603,058	5,287,979	2,628,475	874,814	1,892,431	1,930,378
พ.ค.	1,492,508	581,461	5,203,284	780,978	2,823,818	2,706,363
มิ.ย.	3,142,048	5,537,004	5,039,881	3,125,334	1,950,989	2,468,970
ก.ค.	2,781,290	6,097,094	9,563,846	1,754,015	1,936,441	2,280,414
ส.ค.	4,675,798	3,660,196	5,056,954	175,000	1,877,755	2,594,291
ก.ย.	4,643,265	2,632,775	1,764,671	2,968,631	2,777,278	2,364,930
ต.ค.	5,890,277	6,344,938	2,110,381	2,096,548	1,949,979	2,105,225
พ.ย.	6,036,271	5,879,492	1,587,629	4,278,039	2,659,153	2,432,082
ธ.ค.	1,527,059	4,463,859	2,744,687	3,415,209	1,383,981	2,790,969

4.3 การพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time Series Analysis)

ทำการนำข้อมูลการสั่งซื้อย้อนหลังของแต่ละผลิตภัณฑ์ในปี พ.ศ. 2560 และพ.ศ. 2561 มาทำการแยกวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทำนายค่าองค์ประกอบของระบบภายใต้สมมุติฐานตัวแบบพยากรณ์ที่กำหนดขึ้น ซึ่งประกอบไปด้วยการพยากรณ์ข้อมูลอนุกรมเวลา (Time series analysis) ซึ่งจะใช้ทั้ง 4 วิธีดังนี้ การพยากรณ์ด้วยวิธีการวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) การพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบแก้ไขแนวโน้มของโฮลต์ (Holt's Trend-Corrected Exponential Smoothing) การพยากรณ์ด้วยวิธีการหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ (Moving Average) การพยากรณ์ด้วยวิธีการปรับเรียบเอ็กซ์โพเนนเชียลแบบธรรมดา (Single Exponential Smoothing)

4.4 การวัดความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์เพื่อเลือกวิธีการพยากรณ์ที่เหมาะสม (Errors Measurement)

การวัดความคลาดเคลื่อนของค่าพยากรณ์ โดยวิธีค่ากลางของความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Deviation ; MAD หรือ Mean Absolute Error ; MAE)

ค่ากลางของความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error ; MSE หรือ Mean Square Deviation ; MSD) และค่ากลางของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Mean Absolute Percentage Error ; MAPE) [8]

5. ผลการวิจัยและสรุปผล

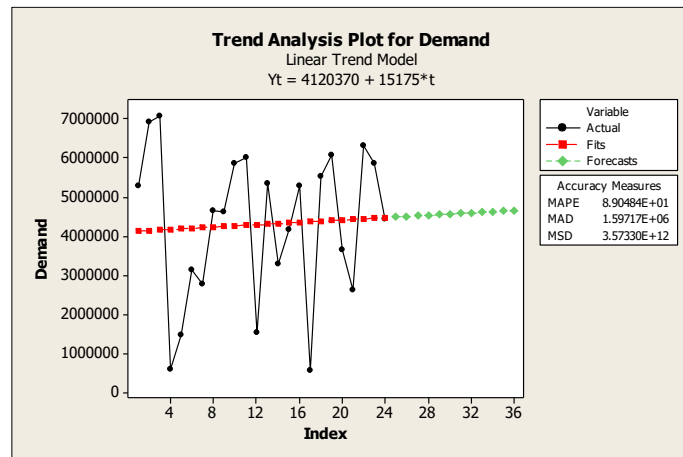
เนื้อหาส่วนนี้เป็นกล่าวถึงผลการวิจัยที่ได้จากการการพยากรณ์ผลิตภัณฑ์ TM-001 TG-001 และ RM-012 โดยการนำข้อมูลย้อนหลังการสั่งซื้อของผลิตภัณฑ์ในปี พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2561 ตามส่วนแบ่งของกระบวนการผลิตวงจรรวมในแต่ละผลิตภัณฑ์โดยทำการพยากรณ์ข้อมูลการสั่งซื้อล่วงหน้า 1 ปี พ.ศ. 2562 ผลการคำนวณค่าคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ด้วยโปรแกรม Minitab 18.0 ของทำให้ตัดสินใจได้ว่าวิธีการพยากรณ์แบบวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) ซึ่งให้ผลการพยากรณ์ที่คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดจึงมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับลักษณะของข้อมูลยอดขายที่ใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนเพื่อเลือกวิธีการพยากรณ์ที่ดีที่สุดสำหรับผลิตภัณฑ์ TM-001 TG-001 และ RM-012 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ของแต่ละผลิตภัณฑ์ TM-001 TG-001 และ RM-012

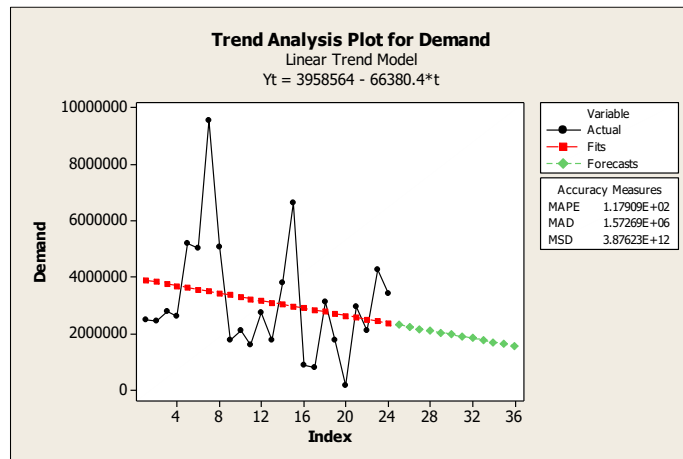
วิธีการพยากรณ์	ค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์ของแต่ละผลิตภัณฑ์								
	TM-001			TG-001			RM-012		
	MAD	MSD	MAPE	MAD	MSD	MAPE	MAD	MSD	MAPE
1. Moving Average	1.70E+06	4.10E+12	8.23E+01	2.04E+06	6.49E+12	1.29E+02	3.56E+05	2.04E+11	1.57E+01
2. Simple Exponential Smoothing	1.64E+06	3.63E+12	8.62E+01	1.60E+06	4.18E+12	1.43E+02	4.16E+05	2.73E+11	1.80E+01
3. Trend-Analysis	1.60E+06	3.57E+12	8.90E+01	1.57E+06	3.88E+12	1.18E+02	3.07E+05	1.54E+11	1.49E+01
4. Holt's Trend-Corrected	1.84E+06	4.61E+12	9.82E+01	1.73E+06	5.14E+12	1.10E+02	3.54E+05	1.95E+11	1.79E+01

ดังนั้นจึงนำค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปี (พ.ศ. 2562) จากวิธีการดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์ทางเทคนิคเกี่ยวกับความสามารถทางการผลิตต่อไป ผลการคำนวณค่าการพยากรณ์ยอดขายและค่าความผิดพลาดจากการพยากรณ์

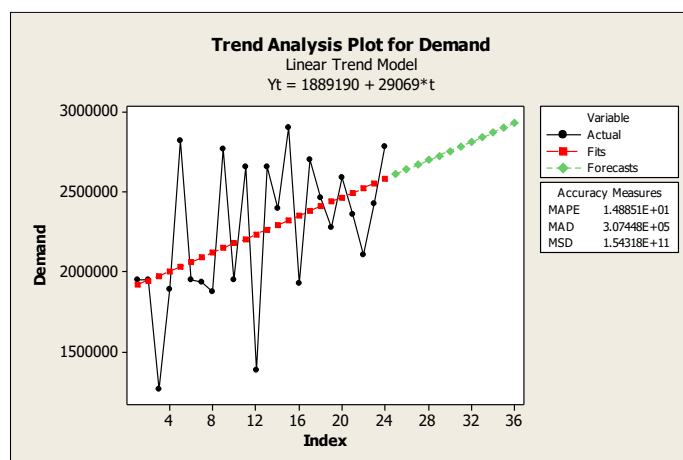
ด้วยโปรแกรม Minitab 18 ผลิตภัณฑ์ TM-001 TG-001 และ RM-012 แสดงดังรูป 2-4 และค่าการพยากรณ์ยอดขายรายเดือน 1 ปี (พ.ศ. 2562) จากวิธีการพยากรณ์แบบวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) จะแสดงดังตารางที่ 4



รูปที่ 2 ผลการคำนวณค่าการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้าและค่าความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์ TM-001



รูปที่ 3 ผลการคำนวณค่าการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้าและค่าความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์ TG-001



รูปที่ 4 ผลการคำนวณค่าการพยากรณ์ยอดขายล่วงหน้าและค่าความผิดพลาดของผลิตภัณฑ์ RM-012

ตารางที่ 4 ค่าพยากรณ์การผลิตล่วงหน้า 1 ปี (พ.ศ. 2562) ด้วยวิธีการพยากรณ์แบบวิเคราะห์แนวโน้ม (Trend Analysis) ของผลิตภัณฑ์ TM-001 TG-001 และ RM-012

เดือน	ปริมาณการผลิตจากการพยากรณ์ (ชิ้น) ของแต่ละผลิตภัณฑ์		
	TM-001	TG-001	RM-012
ม.ค.	4,499,749	2,299,055	2,615,908
ก.พ.	4,514,924	2,232,674	2,644,977
มี.ค.	4,530,099	2,166,294	2,674,046
เม.ย.	4,545,274	2,099,913	2,703,115
พ.ค.	4,560,450	2,033,533	2,732,184
มิ.ย.	4,575,625	1,967,153	2,761,252
ก.ค.	4,590,800	1,900,772	2,790,321
ส.ค.	4,605,975	1,834,392	2,819,390
ก.ย.	4,621,150	1,768,011	2,848,459
ต.ค.	4,636,325	1,701,631	2,877,527
พ.ย.	4,651,501	1,635,251	2,906,596
ธ.ค.	4,666,676	1,568,870	2,935,665

6. ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยการพยากรณ์การผลิต ยังมีข้อเสนอแนะที่เป็นการเสนอข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์แก่ผู้ที่ทำการศึกษา งานวิจัยต่อไป ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

6.1 ตัวแบบที่เลือกใช้ในการพยากรณ์แต่ละตัวแบบ สำหรับข้อมูลที่มีการพิสูจน์ว่ามีความแม่นยำและเหมาะสม ไม่สามารถที่จะให้ความเหมาะสมกับข้อมูลอีกชุดหนึ่งได้ ดังนั้นความแม่นยำในการพยากรณ์ต้องมีการพิจารณาตัวแบบใหม่ทุกครั้งเนื่องจากชุดของข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลง

6.2 ส่วนของการพยากรณ์เชิงปริมาณวิธีอนุกรมเวลา จะใช้เพียงข้อมูลในอดีตซึ่งบางครั้งอาจจะเลยในส่วนของ แนวโน้มทางเศรษฐกิจ ประเภทของสินค้า และรูปแบบการส่งเสริมการขายหรือปัจจัยอื่นๆ เข้ามาประกอบกับการพยากรณ์ ดังนั้นในการพยากรณ์ต้องคำนึงถึงปัจจัยร่วมด้วย

7. เอกสารอ้างอิง

1. วิชัย สุรเชิดเกียรติ. 2542. การพยากรณ์ทางธุรกิจ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
2. ไพศาล แก้วทันคำ. 2552. การศึกษาการใช้เทคนิคการพยากรณ์และการสั่งซื้ออย่างประหยัดสำหรับวัตถุดิบในคันเก้าที่อุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
3. ทวีพงษ์ กิตติกุล. 2551. การพยากรณ์และการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมเพื่อเป็นแนวทางในการจัดเก็บอะไหล่สิ้นเปลืองหลักของเครื่องสูบน้ำประเภทแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

4. ไพศาล แก้วทันคำ. 2552. การศึกษาการใช้เทคนิคการพยากรณ์และการสั่งซื้ออย่างประหยัดสำหรับวัตถุดิบในคันเกาที่อุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

5. Long, J., Sun, Z., Pardalos, P. M., Bai, Y., Zhang, S. and Li, C., 2020., A robust dynamic scheduling approach based on release time series forecasting for the steelmaking-continuous casting production, Applied Soft Computing, Vol.92, pp. 1-15.

6. Widiarata H., Viswanathan S. and Piplani R., 2009., Forecasting aggregate demand: an analytical evaluation of top- down versus bottom- up forecasting in a production planning framework, Int J Product Econom, Vol.118, pp. 87-94.

7. Minitab Pty Ltd., Minitab Version 18.0, PA, USA.

8. พิชิต สุขเจริญพงษ์. 2547. การจัดการวิศวกรรมการผลิต. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.