NUEJ
Naresuan University
Engineering Journal

การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลเพื่อการจัดการอะไหล่สำหรับการบำรุงรักษาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม

An Application of Monte Carlo Simulation Techniques to Spare Parts managing Maintenance in Petroleum Industry

สุวรรณา พลภักดี*, นิภาส ลีนะธรรม
Suwanna Ponpakdee*, Nipas Leenatham

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
Industrial management technology, Faculty of Science and Technology, Suratthani Rajabhat University

*Corresponding author e-mail: suwanna.pon@sru.ac.th

(Received: 30 January 2020, Revised: 26 March 2020, Accepted: 19 May 2020)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการสั่งซื้ออะไหล่ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานบำรุงรักษาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษาประสบปัญหาการมีต้นทุนการจัดการอะไหล่ที่สูง เนื่องจากการจัดซื้ออะไหล่ยังไม่มีระบบการจัดการสั่งซื้อที่ดี ยังใช้การคาดการณ์เป็นเกณฑ์ในการสั่งซื้อ ซึ่งส่งผลให้อะไหล่บางชนิดมีการจัดเก็บที่มากเกินไป ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้เสนอนโยบายเพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมภายใต้ความต้องการที่ไม่แน่นอนที่ส่งผลให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ขั้นตอนการวิจัยเริ่มจากการวิเคราะห์หาระดับความสำคัญของอะไหล่ด้วยการจัดกลุ่มอะไหล่แบบ ABC และเลือกศึกษาเฉพาะอะไหล่ที่อยู่ในกลุ่ม A โดยคิดเป็นร้อยละ 80.34 ของมูลค่าอะไหล่ทั้งหมด งานวิจัยนี้กำหนดนโยบายสินค้าคงคลังเป็น 2 แบบ คือ (s,Q) และ (s,S) เนื่องจากลักษณะการตรวจสอบอะไหล่ของโรงงานกรณีศึกษาเป็นแบบต่อเนื่อง โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล พบว่านโยบายที่ทำให้ปริมาณการสั่งซื้ออะไหล่ที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดคือ นโยบายแบบ (s,S) จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับแผนการสั่งซื้อเดิมของโรงงานกรณีศึกษา พบว่าโนบาย แบบ (s,S) มีต้นทุนรวมเท่ากับ 75,394,160 บาทต่อปี และเดิมโรงงานมีต้นทุนรวมเท่ากับ 96,357,062 บาทต่อปี ดังนั้นผลที่ได้จากการใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลสามารถลดต้นทุนรวมของการจัดการอะไหล่ได้เท่ากับ 20,962,902 บาทต่อปี หรือลดลงร้อยละ 21.76 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ : การจัดการอะไหล่, เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล, อุตสาหกรรมปิโตรเลียม

Abstract

The objective of this research was to analyze the optimum spare parts order quantities for maintenance activities in petroleum industry by applying the Monte Carlo Simulation Techniques. Recently, the factory of interest is facing costly spare parts management issues due to the incomprehensive spare parts inventory system and rather than establishing a strategic method, the perception has been used to manage the movement and storage of the inventory. The lack of knowledge on how to implement an inventory system leads to a large stock of various parts. To address this problem, the researcher team attempted to propose practical spare parts management to cope with the unstable demand in order to achieve the lowest total cost. The research procedure began with defining and categorizing the spare parts into A, B and C groups. Group A, accounting for 80.34 percent of the net value, was selected for the analysis. The inventory policies were defined as (s,Q) and (s,S). The data obtained from a continuous survey of the inventory system were processed by applying the Monte Carlo Simulation Model. It was found that (s,S) was the most effective policy for the inventory control that enabled

the lowest total cost. According to the comparison between the (s,S) and the former purchasing plan the factory has carried out, the (s, S) strategy cost 75,394,160 baht per year while originally the factory had a total cost of 96,357,062 baht per year. Therefore, the Monte Carlo Simulation approach can reduce the total cost of inventory management of the spare parts for 20,962,902 baht per year. This 21.76 percent cost reduction has statistical significance with a corresponding 95 percent confidence level.

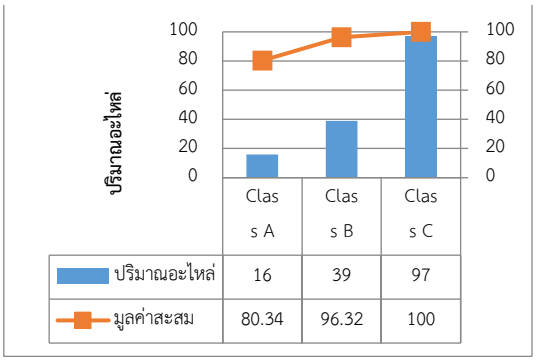
Keywords: Spare Parts Management, Monte Carlo Simulation Techniques, Petroleum Industry

1. บทนำ

ในสภาวะปัจจุบันอุตสาหกรรมปิโตรเลียม (Sorkhabi, 2017) มีการแข่งขันกันมากขึ้น ดังนั้นการลดต้นทุนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นและต้องดำเนินการในสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน และต้นทุนด้านสินค้าคงคลังนับเป็นต้นทุนสำคัญที่มักถูกมองข้ามและส่งผลอย่างยิ่งต่อการดำเนินของอุตสาหกรรม ซึ่งการจัดการสินค้าคงคลังเป็นส่วนหนึ่งของการใช้กลยุทธ์การบริหารทางด้านต้นทุน และระบบงานบำรุงรักษาก็เป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมที่มีความจำเป็นต่อการจัดการบริหารสินค้าคงคลัง โดยปกติสินค้าคงคลังในอุตสาหกรรมมีอยู่ด้วยกัน 4 ประเภท (Ivanov et al., 2017) คือ สินค้าคงคลังประเภทวัตถุดิบ (Raw Material) สินค้าคงคลังประเภทงานระหว่างกระบวนการ (Work in Process) สินค้าคงคลังประเภทอะไหล่สำหรับการบำรุงรักษา (Spare Parts) และสินค้าคงคลังประเภทผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (Finished Goods) แต่ละอุตสาหกรรมต้องมีการจัดการสินค้าคงคลังที่เหมาะสมภายใต้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด

สำหรับงานวิจัยนี้อุตสาหกรรมปิโตรเลียมที่เป็นกรณีศึกษาประสบปัญหาด้านต้นทุนการจัดการอะไหล่ เนื่องจากอะไหล่ที่ใช้ในการบำรุงรักษาของอุตสาหกรรมปิโตรเลียมราคาค่อนข้างสูงกว่าอุตสาหกรรมอื่น มีปริมาณอะไหล่ที่มากเกินพอดีและบางช่วงเวลาก็ไม่มีอะไหล่เพียงพอสำหรับกิจกรรมบำรุงรักษาทั้งงานบนฝั่งและงานบำรุงรักษาในทะเลหรือแท่นขุดเจาะ ทำให้ต้องสูญเสียโอกาส สูญเสียเวลา และที่สำคัญทำให้ต้องสูญเสียต้นทุน โดยต้นทุนสำหรับการจัดการบริหารสินค้าคงคลัง ประกอบด้วยต้นทุนหลัก 3 อย่าง คือ ต้นทุนการสั่งซื้อ (Ordering Cost) ต้นทุนการจัดเก็บ (Holding Cost) และต้นทุนสินค้าขาดแคลน (Shortage Cost) (Malindzakova & Zimon, 2019) และจากข้อมูลเบื้องต้นของอุตสาหกรรมปิโตรเลียมพบว่า สภาพการสั่งซื้ออะไหล่ในปัจจุบันของอุตสาหกรรมปิโตรเลียมไม่มีการจัดอะไหล่เป็นกลุ่มตามหลักการ ABC Analysis (Kampf et al., 2016) ในการควบคุมปริมาณตามลักษณะและความสำคัญของอะไหล่ในการใช้งาน ปัจจุบันอุตสาหกรรมปิโตรเลียมมีความต้องการใช้อะไหล่ประมาณ 152 ชนิด มียอดการใช้ทั้งปีทั้งสิ้น 181,965 ชิ้น คิดเป็นมูลค่าประมาณ 102,814,570 บาทต่อปี เวลานำในการสั่งซื้อ (Lead Time) ประมาณ 15 วัน จากการจัดกลุ่มอะไหล่ตามหลักการ ABC Analysis แสดงดังรูปที่ 1 โดยแบ่งตามเปอร์เซ็นต์สะสมของมูลค่าอะไหล่ ซึ่งมาจากอัตราการใช้งานทั้งปีของอะไหล่แต่ละชนิดคูณกับราคาของอะไหล่ พบว่าจำนวนอะไหล่ในกลุ่ม A มีทั้งหมด 16 ชนิด โดยคิดเป็นร้อยละ 80.34 ของมูลค่าอะไหล่ทั้งหมด ซึ่งงานวิจัยนี้จะพิจารณาเฉพาะอะไหล่ประเภทกลุ่ม A เท่านั้น เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาอะไหล่ประเภทกลุ่ม B และ C ต่อไป

จากปัญหาดังกล่าวที่เกิดขึ้นกับอุตสาหกรรมปิโตรเลียม คณะผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้เทคนิคแบบจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล (Monte Carlo Simulation Techniques) (Resteanu et al., 2008) ซึ่งก็คือ วิธีหนึ่งทางคณิตศาสตร์ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจำลองสถานการณ์ (Simulation) โดยอาศัยตัวเลขสุ่ม (Random Number) มาสร้างตัวแปรให้เหมือนกับสถานการณ์จริง และมีการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่แน่นอนที่ใช้เป็นข้อสรุป หรือช่วยหาคำตอบในเรื่องราวต่างๆ ที่ยังไม่แน่ใจในผลที่จะเกิดขึ้น และเนื่องจากปัจจุบันทางโรงงานกรณีศึกษาต้องการหานโยบายเพื่อลดต้นทุนในการจัดการอะไหล่ จึงได้ประยุกต์ใช้นโยบายสินค้าคงคลังแบบ (s, Q) และ (s, S) เพราะมีการตรวจสอบอะไหล่แบบต่อเนื่องด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์คือ หานโยบายการสั่งซื้ออะไหล่ที่เหมาะสมภายใต้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการอะไหล่สำหรับการบำรุงรักษาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมต่อไป



รูปที่ 1 การแบ่งอะไหล่ด้วยระบบ ABC Analysis

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการสินค้าคงคลัง

2.1.1 การจัดการสินค้าคงคลังที่นิยมใช้ในงานบำรุงรักษา (Jintaketkarm, 2012) (Maintenance/ Repair/ Operating Supply: MROs) คือชิ้นส่วนหรืออะไหล่ที่ใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องจักรที่สำรองไว้เผื่อเปลี่ยน เมื่อชิ้นส่วนเดิมเสียหายเกิดผลเสียรุนแรงและสามารถทำผ่านบริษัทบำรุงรักษาทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดภาวะอะไหล่ขาดแคลนหรือหาซื้อไม่ได้ในยามที่อุปกรณ์ชำรุดเสียหายหรือหมดอายุการใช้งาน และอะไหล่สิ้นเปลือง คือ อะไหล่ทั่วไปที่ใช้ในการปฏิบัติการเป็นประจำ อาจกล่าวได้ว่าอะไหล่ประเภท MRO คืออะไหล่ทั่วไปที่ไม่มีส่วนผสมอยู่ในสินค้าสำเร็จรูปเลย โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องจักรเป็นฐานผลิต จะมีอะไหล่ประเภทงานบำรุงรักษาและอะไหล่สิ้นเปลืองที่มีมูลค่าสูง และจำเป็นต้องเก็บเป็นสินค้าคงคลัง เพราะส่วนมากอะไหล่จะต้องสั่งล่วงหน้าเสมอ

ซึ่งประเภทของอะไหล่บำรุงรักษาและอะไหล่สิ้นเปลืองได้แก่ อะไหล่พิเศษเฉพาะเครื่อง อะไหล่ประเภทเตรียมพร้อม อะไหล่ที่ใช้กับหลายเครื่อง อะไหล่ที่สามารถจัดซื้อเมื่อต้องการได้ อะไหล่อุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นสินทรัพย์ถาวร อะไหล่ที่ลักษณะเป็นวัสดุทั่วไป เคมีและก๊าซ เครื่องมือ และอะไหล่สำรองในการเดินเครื่องครั้งแรก

2.1.2 นโยบายสินค้าคงคลัง (Inventory Policy) (Van Horenbeek & Pintelon, 2015) นโยบายสินค้าคงคลังเป็นการกำหนดว่าเมื่อใดจะจัดหาสินค้าและจำนวนเท่าไร ในทางปฏิบัตินโยบายสินค้าคงคลังอาจกำหนดขึ้นมาได้หลายรูปแบบ

นโยบายสินค้าคงคลังที่รู้จักกันแพร่หลายจะอยู่ในรูปแบบ (*, **) โดยที่ * หมายถึงจุดที่มีการจัดหาสินค้า และ ** แสดงถึงจำนวนที่เกี่ยวข้องกับสินค้าที่จัดหา ซึ่งอาจจะเป็นการระบุจำนวนสินค้าโดยตรง หรือระบุระดับสินค้าคงคลังที่ต้องการให้กลับขึ้นไปอยู่เมื่อมีการจัดหาสินค้าก็ได้ ตัวอย่างนโยบายสินค้าคงคลังเช่น

นโยบายสินค้าคงคลัง (R, Q) ตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลังที่มีการตรวจสอบคงคลังแบบเป็นช่วงเวลา โดยกำหนดให้มีการจัดหาสินค้า ทุกๆ R หน่วยเวลา โดยปริมาณสินค้าที่จะจัดหาในแต่ละครั้งจะเท่ากับ Q หน่วย

นโยบายสินค้าคงคลัง (R, S) ตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลังที่มีการตรวจสอบคงคลังแบบเป็นช่วงเวลา โดยกำหนดให้มีการจัดหาสินค้าทุกๆ R หน่วยเวลา เพื่อให้ระดับสินค้ากลับขึ้นไปอยู่ที่ S หน่วย

นโยบายสินค้าคงคลัง (s, Q) ตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลังที่มีการตรวจสอบคงคลังอย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้มีการจัดหาสินค้ามาเติมเต็มในคลังสินค้าเป็นจำนวน Q หน่วย ค่าเท่ากับปริมาณการสั่งซื้ออย่างประหยัด (EOQ) และจะสั่งซื้อเมื่อระดับสินค้าคงคลังลดลงต่ำกว่าจุดสั่งซื้อเพิ่ม (s)

นโยบายสินค้าคงคลัง (s, S) ตัวแบบการจัดการสินค้าคงคลังที่มีการตรวจสอบคงคลังอย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้มีการจัดหาสินค้ามาเติมเต็มในคลังสินค้านั้นคือสินค้าที่เหลือรวมกับสินค้าที่สั่งมาเพิ่มจะเท่ากับระดับสินค้าคงคลังสูงสุด (S)

นโยบายสินค้าคงคลัง (R, s, S) เป็นนโยบายสินค้าคงคลังที่รวมนโยบายแบบ (s, S) และ (R, S) เข้าด้วยกัน โดยที่จะมีการจัดหาสินค้าทุกๆ R หน่วยเวลาจะกำหนดให้มีการจัดหาสินค้าเมื่อระดับสินค้าลดมาถึงระดับ s หน่วย หรือต่ำกว่า และปริมาณสินค้าที่จะจัดหาจะมีจำนวนเพื่อดึงระดับสินค้ากลับขึ้นไปอยู่ที่ระดับ S หน่วย

งานวิจัยนี้ได้ใช้นโยบายสินค้าคงคลัง (s, Q) และ (s, S) เนื่องจากในการทำงานปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาใช้ ระบบตรวจสอบสินค้าคงคลังแบบต่อเนื่อง (Continuous Inventory System) เป็นระบบสินค้าคงคลังที่มีวิธีการลงบัญชีทุกครั้งที่มีการรับและจ่ายอะไหล่ คือ การเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบจำนวนอะไหล่ที่เข้าและออก งานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการสินค้าคงคลัง เช่น

Penpakkol and Intarakumthorncha (2018) ได้ศึกษาการจัดการอะไหล่ภายใต้ความต้องการที่ไม่แน่นอนของโรงงานผลิตไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด โดยการเปรียบเทียบเชิงปริมาณระหว่าง 3 นโบบายการสั่งซื้อ ผ่านการจำลองสถานการณ์ ผลพบว่านโยบายสั่งซื้อด้วยผลจากการคำนวณด้วยโปรแกรม Microsoft Excel Solver มีค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด

Porras and Dekker (2008) ได้ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับระบบควบคุมสินค้าคงคลังสำหรับชิ้นส่วนอะไหล่ของโรงกลั่น: การเปรียบเทียบเชิงประจักษ์ด้วยวิธีการสั่งซื้อเพิ่ม ด้วยเทคนิคการสร้างแบบจำลองความต้องการที่แตกต่างกันและนโยบายสินค้าคงคลังจะถูกประเมินโดยใช้ข้อมูลจริง

Gutierrez et al., (2014) ได้เสนอตัวแบบทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการสั่งซื้อแบบพลวัตโดยมีข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่ในการจัดเก็บวัสดุคือปริมาณของระดับคงคลังช่วงก่อนหน้ารวมกับปริมาณที่สั่งซื้อเข้ามาจะต้องไม่เกินพื้นที่จัดเก็บวัสดุ พบว่าวิธีการที่เสนอสามารถรับประกันได้ว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุดในการสั่งซื้อโดยการกำหนดปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละช่วงเวลาให้เท่ากับศูนย์หรือผลรวมของอุปสงค์ลบด้วยระดับของคงคลังสำรองเมื่อสิ้นสุดช่วงเวลาก่อนหน้าซึ่งเป็นข้อจำกัดที่จะลดทางเลือกในการตัดสินใจให้น้อยลงทำให้สามารถแก้ปัญหาได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับเทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล การสร้างแบบจำลองสถานการณ์ รวมถึงการสร้างแบบจำลองของระบบขึ้นมาจริงและทำการสร้างแล้วทดลองซ้ำ

หลายๆ ครั้ง ซึ่งแบบจำลองสถานการณ์ความน่าจะเป็น จะมีการกำหนดความน่าจะเป็นให้กับตัวแปรอิสระ เช่น ตัวแปรความต้องการ (Demand) จะจัดว่าเป็นตัวแปรอิสระที่ต้องกำหนดความน่าจะเป็นในปัญหาที่เกิดขึ้นกับการจัดการสินค้าคงคลัง เป็นต้น เมื่อกำหนดความน่าจะเป็นได้แล้วจะทำการแจงความน่าจะเป็นดังกล่าวออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Distribution) จะใช้กับสถานการณ์ที่มีจำนวนเหตุการณ์ (หรือจำนวนตัวแปร) ที่เกิดขึ้นอย่างจำกัด หรือกล่าวคือ สามารถกำหนดค่าของตัวแปรได้นั่นเอง ซึ่งการจำลองสถานการณ์ที่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง โดยส่วนใหญ่แล้วจะอาศัยการสุ่มค่าของตัวแปรความน่าจะเป็น ด้วยเทคนิคที่เรียกว่า Monte Carlo Simulation ซึ่งมีวัตถุประสงค์ คือ การสร้างตัวแปรสุ่ม งานวิจัยนี้มีตัวแปรอิสระ คือปริมาณความต้องการใช้อะไหล่ที่เป็นการแจกแจงแบบไม่ต่อเนื่อง ส่วนการแจกแจงแบบต่อเนื่อง (Continuous Distribution) จะใช้กับสถานการณ์ที่มีเหตุการณ์ที่เป็นไปได้เกิดขึ้นอย่างไม่จำกัด

เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลอาจจะไม่จำเป็นต้องสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ขึ้นมา แต่อาจใช้วิธีจำลองพฤติกรรมของระบบขึ้นมาโดยตรง ซึ่งเป็นกระบวนการแบบสุ่ม (Stochastic Process) เหมือนอย่างเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในโลกความเป็นจริง การจำลองสถานการณ์สามารถทำซ้ำได้หลายๆ ครั้ง หลังจากนั้นจะทำการหาความแปรปรวนของคำตอบ และเพิ่มจำนวนการจำลองสถานการณ์เพื่อทำให้คำตอบมีความแปรปรวนลดลง อยู่ในขอบเขตตามที่ต้องการ การสร้างตัวแปรสุ่ม (Random Variable) ตัวแปรสุ่มที่สร้างขึ้นจะเปรียบเสมือนข้อมูลที่เก็บได้จากโลกความจริง การสร้างตัวเลขสุ่มในทางปฏิบัติเดิม จะใช้ตารางตัวเลขสุ่ม แต่ในปัจจุบันเราสามารถใช้คอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถทำงานได้อย่างสะดวกขึ้นและรวดเร็ว (Sedtakomkul, 2011)

หลักการสำคัญของเทคนิคมอนติคาร์โล ก็คือการนำเอาตัวเลขสุ่ม มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญดังนี้ ขั้นตอนแรกคือ สร้างตัวเลขสุ่ม (Generate Random Number) การสร้างตัวเลขสุ่มในคอมพิวเตอร์นิยมสร้างตัวเลขแบบสุ่มเทียมโดยอาศัยสูตรทางคณิตศาสตร์ วิธีที่ใช้กันมาก มี 2 วิธีคือ 1) วิธีส่วนกลางกำลังสอง (Midsquare Method) เป็นวิธีที่ใช้ในยุคแรกๆ ของการสร้างเลขสุ่มเทียม 2) วิธีเศษเหลือ (Congruent Method) วิธีเศษเหลือที่นิยมใช้กันมากที่สุด นอกจากวิธีการที่กล่าวมาแล้ว 2 วิธี ในปัจจุบันมีการใช้วิธีการอีกหลายอย่างในการสร้างตัวเลขแบบสุ่มเทียม รวมทั้งมีโปรแกรมสำเร็จรูปให้เลือกใช้ โดยผู้ใช้ไม่ต้องสร้างโปรแกรมเอง งานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งใช้คำสั่ง Rand () เป็นการกำหนดช่วงตัวเลขสุ่ม ขั้นตอนที่สองนำตัวเลขสุ่มมาประยุกต์ใช้กับปัญหาต่างๆ งานวิจัยนี้ได้นำเลขสุ่มที่เป็นปริมาณความต้องการใช้อะไหล่ ไปคำนวณหาต้นทุนรวมในการจัดการอะไหล่ของแต่ละนโยบาย ขั้นตอนที่สามทำการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง หลักการสำคัญประการหนึ่งของเทคนิควิธีมอนติคาร์โล ก็คือ ต้องมีการทดลองซ้ำหลายครั้งเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของคำตอบที่จะได้ มีงานวิจัยที่ได้ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล เช่น

Phupha (2014) ได้ศึกษางานวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม กรณีศึกษาการจัดซื้อวัตถุดิบในโรงงานผลิตอาหารแปรรูป พบว่าปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมที่ทำให้ต้นทุนรวมของการจัดการสินค้าคงคลังของวัตถุดิบทั้ง 3 ชนิดต่ำสุด ประกอบด้วยปริมาณการสั่งซื้อโครงไก่ เนื้อไก่และแป้งมัน เท่ากับ 4,400 1,000 และ 930 กิโลกรัมต่อครั้ง ตามลำดับ และที่จุดสั่งซื้อโครงไก่ เนื้อไก่และแป้งมันที่เหมาะสมเท่ากับ 5,904 1,416 และ 2,760 กิโลกรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่านโยบายคำสั่งซื้อแบบใหม่ทำให้เกิดต้นทุนในการจัดการสินค้าคงคลังต่ำสุด

Furness (2011) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลในด้านการตลาด และลูกค้าสัมพันธ์ (CRM) โดยใช้ตลาดเป็นกรณีศึกษาสามแหล่ง เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียในการจัดการด้านการตลาด และนำมาเป็นกลยุทธ์ด้านการตลาดให้กับองค์กรเพื่อนำไปปรับใช้

Ozkan and Kilic (2019) ประยุกต์ใช้การจำลองสถานการณ์ของมอนติคาร์โล (MC) เพื่อประเมินความน่าเชื่อถือของโลจิสติกส์และเครือข่ายโซ่อุปทาน ผลการวิจัยพบว่าการจำลองแบบที่เสนอนั้นเป็นการประมาณความน่าเชื่อถือของเครือข่ายโซ่อุปทานในเวลาที่เหมาะสม ดังนั้นอัลกอริทึมที่นำเสนอจากแบบจำลองสถานการณ์สามารถแก้ปัญหาการออกแบบเครือข่ายโซ่อุปทานสำหรับกรณีศึกษาได้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล เพื่อหานโยบายการสั่งซื้ออะไหล่สำหรับงานบำรุงรักษาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ด้วย 2 นโยบายคือ นโยบายสินค้าคงคลังแบบ (s, Q) และ (s, S) ภายใต้นโยบายที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

รายละเอียดในการดำเนินการวิจัย ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนในการดำเนินงาน วิธีการออกแบบการจัดการอะไหล่ที่อาศัยค่าจากตัวเลขสุ่ม โดยการสร้างแบบจำลองสถานการณ์เข้ามาช่วยสำหรับการจัดการอะไหล่ เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสม รวมถึงการเปรียบเทียบผลที่ได้กับวิธีแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา โดยดำเนินตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 วิเคราะห์ต้นทุนในการจัดการอะไหล่ ทางคณะผู้วิจัยได้ใช้แบบสอบถามไปยังฝ่ายบัญชีของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อรวบรวมข้อมูลและนำผลมาวิเคราะห์ต้นทุนในแต่ละส่วน โดยต้นทุนในการจัดการอะไหล่ ประกอบด้วย ต้นทุนในการเก็บรักษา ต้นทุนในการสั่งซื้อ ต้นทุนที่เกิดจากการขาดแคลนอะไหล่ และต้นทุนของราคาอะไหล่แต่ละชนิด (Penpakkol & Intarakumthorncha, 2018) แสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 ต้นทุนการเก็บรักษา จะประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดูแลรักษาอะไหล่ คือ ค่าประกันภัยอะไหล่ ค่าบริหารจัดการอะไหล่ ค่าสถานที่ในการจัดเก็บ และค่าแรงงานในการดูแลรักษา โดยมีรายละเอียดของค่าใช้จ่ายแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าใช้จ่ายต่างๆ ของต้นทุนการเก็บรักษา

รายการ	% ต้นทุน
เงินลงทุน (ทุนยืม ภาษีและค่าประกันภัยอะไหล่)	9.5
การจัดการอะไหล่ (ค่าไฟฟ้า ค่าอุปกรณ์เครื่องมือ)	3
ค่าสถานที่ (ค่าเสื่อมราคา)	7
ค่าแรงงานปฏิบัติการ	4
รวมต้นทุนการเก็บรักษา	**23.5**

ที่มา: ข้อมูลจากฝ่ายบัญชีของโรงงานกรณีศึกษาปี 2561

3.1.2 ต้นทุนการสั่งซื้อ การสั่งซื้ออะไหล่ของโรงงานกรณีศึกษาจะมีการสั่งซื้อจากผู้ส่งมอบทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยประกอบด้วยต้นทุน 2 ส่วนคือ ค่าโสหุ้ยและค่าแรงงานในการดำเนินการ จากการรวบรวมข้อมูลพบว่าต้นทุนในการสั่งซื้อแสดงดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าใช้จ่ายต่างๆ ของต้นทุนการสั่งซื้อ

รายการ	บาท/ครั้ง
ค่าโสหุ้ย	
- ค่าใช้จ่ายใบขอซื้อ (PR)	6
- ค่าใช้จ่ายใบสั่งซื้อ (OP)	10
- ค่าใช้จ่ายในการติดต่อสื่อสาร (โทรศัพท์ อีเมลล์ แฟกซ์)	12
ค่าแรงงาน	435.7
รวมต้นทุนการสั่งซื้อ	**463.7**

ที่มา: ข้อมูลจากฝ่ายบัญชีของโรงงานกรณีศึกษาปี 2561

3.1.3 ต้นทุนการขาดแคลนอะไหล่ กรณีการขาดอะไหล่สำหรับใช้ในกระบวนการผลิตหรือกระบวนการบำรุงรักษา ทางโรงงานจะแจ้งให้กับผู้ที่เกี่ยวข้องทราบ ซึ่งทุกครั้งก็ทำให้กระบวนการดังกล่าวหยุดชะงัก ทางแผนกคลังสินค้าได้ประมาณต้นทุนการขาดแคลนอะไหลโดยคิดสองเท่าของราคาต่อหน่วยของอะไหล่ที่ขาดแคลนคูณด้วยจำนวนที่ขาดแคลน

3.1.4 ต้นทุนของราคาอะไหล่แต่ละชนิด ค่าใช้จ่ายด้านราคาอะไหล่แต่ละชนิดจะอาศัยข้อมูลที่ทำการสั่งซื้อย้อนหลัง

จากต้นทุนดังกล่าวคณะผู้วิจัยจะนำไปใช้ในการหาต้นทุนรวมของแต่ละนโยบายในขั้นตอนของการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล

3.2 ประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Leepaitoon & Bunterngchit, 2019) เป็นวิธีเชิงปริมาณที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบงานที่มีองค์ประกอบของระบบงานที่มีพฤติกรรมในลักษณะที่ไม่แน่นอน ซึ่งสอดคล้องกับสภาพปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาที่มีปัญหาความต้องการใช้อะไหล่ที่ไม่แน่นอน โดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล (Han et al., 2018) มีขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 2

3.3 ประยุกต์ใช้นโยบายสินค้าคงคลัง ปัจจุบันโรงงานกรณีศึกษามีการตรวจสอบอะไหล่แบบต่อเนื่องจากระบบ SAP (Systems Applications and Products in data processing) ที่จะมีพนักงานดูแลระบบเมื่ออะไหล่มีการเบิกจ่าย และปริมาณคงเหลือในคลังสินค้า ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้นโยบายสินค้าคงคลัง 2 แบบ (Xu, 2017; Ohta et al., 2007) คือ

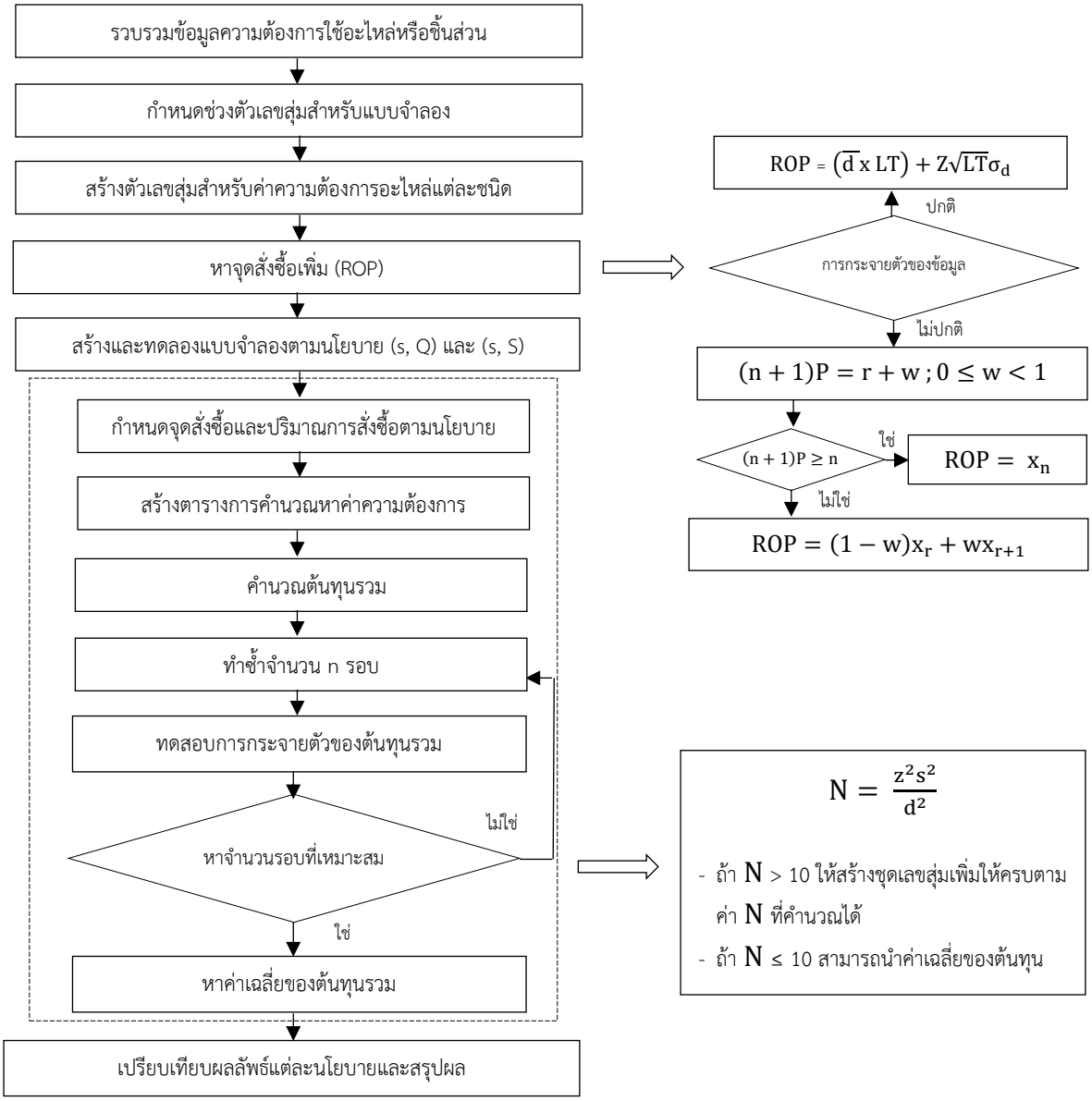
3.3.1 นโยบาย (s,Q) เป็นนโยบายที่มีการตรวจสอบอะไหล่อย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้มีการสั่งซื้อเป็นจำนวน Q หน่วย เมื่อระดับอะไหล่ลดต่ำลงกว่าจุดสั่งซื้อ s ที่กำหนดไว้ การสั่งซื้อจากการคำนวณปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) และกำหนดจุดสั่งซื้อ s กรณีที่ความต้องการอะไหล่มีค่าผันแปร แต่เวลานำคงที่

3.3.2 นโยบาย (s,S) เป็นนโยบายที่มีการตรวจสอบอะไหล่อย่างต่อเนื่อง โดยกำหนดให้มีการสั่งซื้อจำนวนเท่ากับระดับอะไหล่สูงสุด S หน่วย เมื่อระดับอะไหล่ลดลงต่ำกว่าจุดสั่งซื้อ (s)

ดังนั้นทั้งสองนโยบายจะมีวิธีในการบริหารอะไหล่ต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ความต้องการ เวลานำ ระดับการให้บริการ ต้นทุนต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในการพิจารณาในระบบคลังสินค้า แต่อย่างไรก็แล้วแต่สิ่งที่คาดหวังคือ นโยบายแบบใดที่ทำให้ต้นทุนการจัดการอะไหล่ต่ำที่สุด

3.4 เปรียบเทียบต้นทุนการจัดการอะไหล่

การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการวิจัยจะพิจารณาในด้านของต้นทุนรวมของการจัดการอะไหล่ โดยประกอบไปด้วยต้นทุนการสั่งซื้ออะไหล่ ต้นทุนการเก็บรักษาอะไหล่ ต้นทุนการขาดแคลนอะไหล่ และต้นทุนของราคาอะไหล่แต่ละชนิด ซึ่งจะมีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของนโยบายที่ดีที่สุดกับนโยบายเดิมของโรงงานกรณีศึกษา เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับอะไหล่แต่ละชนิดภายใต้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด



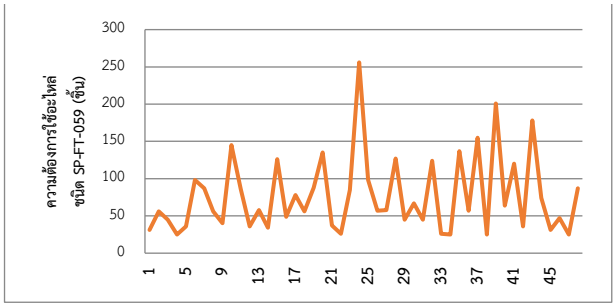
รูปที่ 2 ขั้นตอนการสร้างแบบจำลองสถานการณ์มอนติคาร์โล

4. ผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการดำเนินงานวิจัย จากการประยุกต์ใช้แบบจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมของอะไหล่ภายใต้ต้นทุนรวมที่ต่ำ โดยสามารถอธิบายผลการดำเนินงานได้ดังต่อไปนี้ (Medeiros, 2005; Collado et al., 2011)

4.1 รวบรวมข้อมูลความต้องการใช้อะไหล่

ความต้องการอะไหล่ที่อยู่ในกลุ่ม A ทั้งหมดมี 16 ชนิด ซึ่งเป็นความต้องการในการใช้ภายใน 1 ปี ย้อนหลัง จำนวน 48 สัปดาห์ โดยข้อมูลดังกล่าวได้มาจากการเบิก-จ่าย อะไหล่เพื่อนำไปใช้ในการสนับสนุนฝ่ายผลิตและฝ่ายบำรุงรักษา ซึ่งแสดงความต้องการใช้อะไหล่ SP-FT-059 เพื่อเป็นตัวอย่างให้กับอะไหล่ชนิดอื่นที่เหลือ โดยความต้องการอะไหล่ชนิด SP-FT-059 แสดงดังรูปที่ 3 โดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 256 ชิ้น ค่าต่ำสุดเท่ากับ 25 ชิ้น ค่าเฉลี่ย 76.6 ชิ้น



รูปที่ 3 ตัวอย่างความต้องการใช้อะไหล่ชนิด SP-FT-059

4.2 กำหนดช่วงตัวเลขสุ่มสำหรับแบบจำลอง การสร้างตารางแสดงความแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่มที่ต้องการสำหรับใช้ในการจำลองสถานการณ์ เพื่อที่จะหาปริมาณการสั่งซื้อและจุดสั่งซื้อเพิ่มที่เหมาะสม ซึ่งงานวิจัยมีตัวแปรนำเข้าคือปริมาณความต้องการใช้อะไหล่ ดังนั้นจะต้องสร้างเงื่อนไขของตัวเลขสุ่มของอะไหล่ทั้ง 16 ชนิด เพื่อใช้แทนเหตุการณ์ความต้องการใช้อะไหล่ โดยข้อมูลที่จะเกิดขึ้นเป็นความถี่ของความต้องการในปริมาณต่างๆ นำมาเรียงจากน้อยไปมาก เพื่อพิจารณาว่าในแต่ละปริมาณมีจำนวนครั้งที่เกิดขึ้น ที่จำนวนเท่าไร แล้วหาความน่าจะเป็นของความต้องการในปริมาณต่างๆ ที่มีโอกาสเกิดขึ้น หาความน่าจะเป็นสะสมและกำหนดช่วงของตัวเลขสุ่ม เพื่อใช้จำลองสถานการณ์ความต้องการของอะไหลในแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 อธิบายได้ว่าหากตัวเลขสุ่มที่เลือกมาอยู่ในค่าระหว่าง 0-0.08 ก็จะเกิดเหตุการณ์ความต้องการอะไหล่ที่ 25 หน่วย หรือตัวเลขสุ่มที่เลือกมามีค่าอยู่ระหว่าง 0.96-0.98 ก็จะแทนเหตุการณ์ที่เกิดความต้องการอะไหล่ที่ 201 หน่วย

ตารางที่ 3 ตัวอย่างกำหนดช่วงตัวเลขสุ่มของความต้องการอะไหล่

ความต้องการ (หน่วย)	จำนวนครั้งที่เกิด	ความน่าจะเป็น	ความน่าจะเป็นสะสม	ช่วงของตัวเลขสุ่ม
25	4	0.08	0.08	r ≤ 0.08
26	2	0.04	0.13	0.08 < r ≤ 0.13
.	.	.	.	.
56	3	0.06	0.46	0.40 < r ≤ 0.46
57	2	0.04	0.50	0.46 < r ≤ 0.50
.	.	.	.	.
145	1	0.02	0.92	0.90 < r ≤ 0.92
155	1	0.02	0.94	0.92 < r ≤ 0.94
178	1	0.02	0.96	0.94 < r ≤ 0.96
201	1	0.02	0.98	0.96 < r ≤ 0.98
256	1	0.02	1.00	0.98 < r
รวม	**48**	**1**		

4.3 สร้างตัวเลขสุ่มสำหรับค่าความต้องการอะไหล่แต่ละชนิด จากการกำหนดช่วงตัวเลขสุ่มของความต้องการอะไหล่ จากตารางที่ 3 มาทำการสร้างตัวเลขสุ่มสำหรับค่าความต้องการอะไหล่แต่ละชนิด โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ซึ่งใช้คำสั่ง Rand () เป็นการกำหนดช่วงตัวเลขสุ่มให้อยู่ในช่วง 0-1 เพื่อให้สอดคล้องกับช่วงตัวเลขสุ่ม (r) ที่สร้างขึ้นมาจากผลก่อนหน้านี้ ซึ่งสุ่มจำนวน 48 สัปดาห์ๆ ละ 10 ชุดเลขสุ่ม ดังตารางที่ 4 คณะผู้วิจัยได้สร้างตารางความต้องการอะไหล่ที่เกิดจากเลขสุ่ม ในตารางสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบการสั่งซื้อได้ เพื่อที่จะได้นำไปใช้เปรียบเทียบในการคิดต้นทุนรวมของการสั่งซื้อในแต่ละแบบตามนโยบายที่กำหนดไว้

ตารางที่ 4 ตัวอย่างเลขสุ่มของอะไหล่ชนิด SP-FT-059

สัปดาห์ที่	ตัวเลขสุ่มชุดที่				
	1	2	3	4	5
1	0.182	0.057	0.084	0.480	0.091
2	0.118	0.421	0.910	0.203	0.545
3	0.328	0.645	0.128	0.368	0.068
.	.	.	.	.	.
48	0.022	0.114	0.047	0.377	0.797
สัปดาห์ที่	**ตัวเลขสุ่มชุดที่**				
	6	**7**	**8**	**9**	**10**
1	0.028	0.334	0.837	0.113	0.201
2	0.291	0.771	0.251	0.269	0.123
3	0.595	0.201	0.150	0.239	0.087
.	.	.	.	.	.
48	0.726	0.357	0.815	0.126	0.247

4.4 หาจุดสั่งซื้อเพิ่ม (ROP) จากการทดสอบการกระจายตัวของข้อมูลของวัตถุดิบทั้ง 16 ชนิด พบว่ามีลักษณะการกระจายตัวของข้อมูล 2 แบบ คือการกระจายตัวแบบปกติและการกระจายตัวแบบไม่ปกติ ดังนั้นสามารถหาจุดสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยใช้ทฤษฎีของ Lordahl and Bookbinder (1994) ได้ดังนี้

4.4.1 การกระจายตัวแบบปกติ เนื่องจากอัตราความต้องการอะไหล่แปรผันและเวลานำคงที่ เป็นสภาวะที่อาจเกิดของขาดมือเพราะอัตราการใช้หรือความต้องการอะไหล่ไม่มีความสม่ำเสมอ จึงต้องมีการเก็บอะไหล่เผื่อขาดมือ (Safety Stock) สำรองไว้ และต้องมีการประมาณระดับการให้บริการ (Service Level) สามารถหาจุดสั่งซื้อเพิ่มได้จากสมการที่ (1) (Tamura et al., 2010)

$$ROP = \left(\overline{d}\,x\,LT\right) + Z\sqrt{LT}\sigma_d \qquad (1)$$

โดยที่

$\overline{d}$ = อัตราความตองการอะไหล่เฉลี่ย

LT = เวลานำ

Z = คาระดับความเชื่อมั่นวาจะมีอะไหล่เพียงพอตอความตองการ กำหนดช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

σ_d = ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราความตองการอะไหล่

จากสมการที่ (1) กรณีอะไหล่ชนิด SP-FT-068 จากข้อมูลพบว่า ความต้องการเฉลี่ย ($\overline{d}$) เท่ากับ 53.7 หน่วย เวลานำ (LT) เท่ากับ 15 วันหรือ 2.14 สัปดาห์ ระดับความเชื่อมั่น (Z) เท่ากับ 1.645 และความเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราความตองการสินคา (σ_d) เท่ากับ 35.17 หน่วย ดังนั้น

$ROP = (53.7x\ 2.14) + 1.645\sqrt{2.14}x35.17$
$= 199.5$ หน่วย ≈ 200 หน่วย ดังตารางที่ 6

4.4.2 การกระจายตัวแบบไม่ปกติ สามารถหาจุดสั่งซื้อเพิ่มได้จากสมการที่ (2) [11]

$$(n+1)P = r + w\ ;\ 0 \le w < 1 \qquad (2)$$

1. กรณี $(n+1)P \ge n$
แล้วจุดสั่งซื้อเพิ่ม $= x_n$ *(ข้อมูลความต้องการลำดับที่ n)*
2. กรณี $(n+1)P < n$
- ถ้า $0 < w < 1$
แล้วจุดสั่งซื้อเพิ่ม $= (1-w)x_r + wx_{r+1}$
- ถ้า $w = 0$
แล้วจุดสั่งซื้อเพิ่ม $= x_r$

โดยที่

n = จำนวนข้อมูล
(ความต้องการในช่วงเวลานำ n = 48 สัปดาห์)

P = ค่าความเชื่อมั่น
(กำหนดให้มีค่าความเชื่อมั่นเป็น 95 เปอร์เซ็นต์)

x_r = ข้อมูลความต้องการลำดับที่ r

r = จำนวนเต็มไม่ติดลบ

จากสมการที่ *(2)* แทนค่า n และ P ได้ค่าดังนี้

$$(n+1)P = (48+1)0.95 = 46.55 = r + w\ < n$$

จะได้ r = 46 และ w = 0.55 ยกตัวอย่างการหาจุดสั่งซื้อเพิ่มของอะไหล่ชนิด SP-FT-059 คือ จากข้อมูลปริมาณความต้องการในช่วงเวลานำของอะไหล่ชนิด SP-FT-059 โดยเรียงลำดับจากน้อยไปมากได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ปริมาณความต้องการของอะไหล่ชนิด SP-FT-059 เรียงจากน้อยไปมาก

25	25	25	25	26	26	31	31
34	36	36	36	37	40	45	45
45	47	49	56	56	56	57	57
58	58	64	67	74	78	85	86
87	87	88	98	98	120	124	126
127	135	137	145	155	178	201	256

จากตารางที่ 5 พบว่า x_{46}=178 และ x_{47}= 201 ดังนั้นจะได้จุดสั่งซื้อเพิ่ม คือ

$ROP = (1-0.55)x178 + (0.55x201)$
$= 190.65$ หน่วย ≈ 191 หน่วย

และทำแบบเดียวกันสำหรับอะไหล่ชนิดอื่นที่เหลือ จุดสั่งซื้อเพิ่มที่ได้จะนำไปใช้เป็นเงื่อนไขในการหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม ดังนั้นจุดสั่งซื้อเพิ่มของอะไหล่ทั้ง 16 ชนิด แสดงผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จุดสั่งซื้อเพิ่ม (ROP) ของอะไหล่ทั้ง 16 ชนิด

ลำดับที่	ชนิดอะไหล่	ROP	ลำดับที่	ชนิดอะไหล่	ROP
1	SP-FT-059	191	9	SP-FT-026	343
2	SP-FT-096	214	10	SP-FT-023	73
3	SP-FT-041	185	11	SP-FT-001	85
4	SP-FT-005	491	12	SP-FT-006	71
5	SP-FT-068	200	13	SP-FT-128	250
6	SP-FT-129	170	14	SP-FT-024	82
7	SP-FT-127	182	15	SP-FT-056	94
8	SP-FT-008	91	16	SP-FT-049	166

4.5 การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม (EOQ) หรือ (Q) เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ของนโยบาย SQ4 (s,Q) ในตารางที่ 7 และ S4 (s,S) การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมเป็นการนำข้อมูลปริมาณความต้องการของอะไหล่ที่เกิดขึ้นจริงในอดีตมาคำนวณจากสมการ โดยใช้ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการเก็บรักษา ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3) [10]

$$EOQ = \sqrt{\frac{2C_O D}{C_c}} \qquad (3)$$

โดยที่

EOQ = ขนาดของการสั่งซื้อตอครั้งที่ประหยัด หรือ Q

D = ความต้องการอะไหล่ตอป (หน่วย)

C_O = ต้นทุนการสั่งซื้อต่อครั้ง (บาท)

C_C = ต้นทุนการเก็บรักษาต่อหน่วยต่อปี (บาท)

จากสมการที่ (3) ยกตัวอย่างอะไหล่ชนิด SP-FT-059 เมื่อ D=3678 หน่วย/ปี C_O=463.7 บาท/ครั้ง C_C = 23.5% ต่อราคาอะไหล่ โดยที่ราคาอะไหล่ชนิดนี้ชิ้นละ 5487 บาท ดังนั้น

$$EOQ = \sqrt{\frac{2x463.7x3678}{0.235x5487}}$$

= 51 หน่วย แสดงค่าตามตารางที่ 7

4.6 สร้างและทดลองแบบจำลองตามนโยบาย (s, Q)

4.6.1 กำหนดจุดสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อตามนโยบาย (s,Q) การหาปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมโดยนำค่าจากความต้องการปริมาณการใช้ในอดีตมากำหนดนโยบายโดย

ปริมาณการสั่งซื้อที่ค่าต่ำสุดในอดีต (Q) และจุดสั่งซื้อเพิ่มเป็น (s) เป็นนโยบายที่ 1 (SQ1)

ปริมาณการสั่งซื้อจากค่าเฉลี่ยในอดีต (Q) และจุดสั่งซื้อเพิ่มเป็น (s) เป็นนโยบายที่ 2 (SQ2)

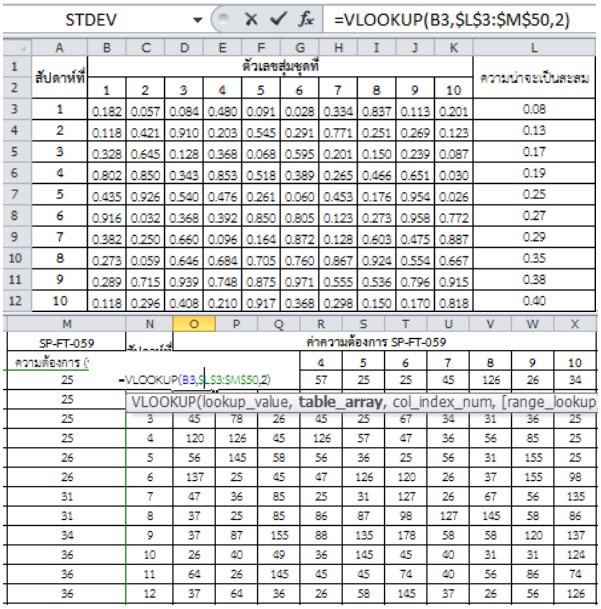
ปริมาณการสั่งซื้อจากค่าสูงสุดในอดีต (Q) และจุดสั่งซื้อเพิ่มเป็น (s) เป็นนโยบายที่ 3 (SQ3)

ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Q) และจุดสั่งซื้อเพิ่มเป็น (s) เป็นนโยบายที่ 4 (SQ4) แสดงค่าแต่ละนโยบายดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 กำหนดนโยบายการสั่งซื้อของอะไหล่ทั้ง 16 ชนิด ของนโยบาย (s,Q)

ลำดับที่	ชนิดอะไหล่	นโยบายการสั่งซื้อ			
		ค่าสูงสุดในอดีต (SQ1)	ค่าเฉลี่ยในอดีต (SQ2)	ค่าต่ำสุดในอดีต (SQ3)	EOQ (SQ4)
1	SP-FT-059	256	77	25	51
2	SP-FT-096	265	77	1	56
3	SP-FT-041	194	74	1	56
.	.	.	.	.	.
16	SP-FT-049	98	50	3	163

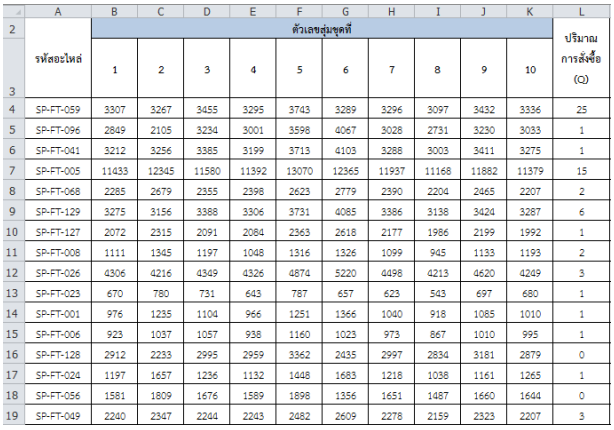
4.6.2 สร้างตารางการคำนวณหาค่าความต้องการ โดยสร้างตารางข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Excel โดยมีช่วงข้อมูล 48 สัปดาห์ ความต้องการนี้เกิดจากเงื่อนไขตัวเลขสุ่มที่ได้สร้างไว้จากข้อมูลความต้องการใช้อะไหล่ในอดีต ซึ่งในการให้ช่องดังกล่าวแสดงค่าที่ได้จากเงื่อนไขตัวเลขสุ่มจะใช้ชุดคำสั่ง VLOOKUP ในโปรแกรม Microsoft Excel (lookup_value,table_array,col_index_num,range_look up) แสดงตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 ตัวอย่างการสร้างค่าความต้องการของอะไหล่

จากรูปที่ 4 ผลจากการใช้คำสั่ง VLOOKUP จะได้ค่าความต้องการใหม่ที่เกิดจากตัวเลขสุ่มในคอลัมน์ O-X ของอะไหล่ชนิด SP-FT-059 ทั้ง 48 สัปดาห์ ซึ่งจะทำให้ได้ความต้องการทั้งปีของแต่ละชุดเลขสุ่มทั้งหมด 10 ชุด แสดงตามตัวอย่างรูปที่ 4 (ล่าง)

4.6.3 หาต้นทุนรวม โดยต้นทุนรวมประกอบด้วย ต้นทุนการเก็บรักษา ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการขาดแคลนอะไหล่ และต้นทุนของราคาอะไหล่แต่ละชนิด ที่ได้ผลการวิเคราะห์ต้นทุนมาจากหัวข้อที่ 3.1 ยกตัวอย่างแสดงตามรูปที่ 5



ซ้ำครั้งที่ 1						
อะไหล่หมุนเวียน	จำนวนครั้งในการสั่งซื้อ	ต้นทุน				ต้นทุนรวม
		ต้นทุนการขาดแคลนอะไหล่	ต้นทุนเก็บรักษา	ต้นทุนสั่งซื้อ	ต้นทุนอะไหล่	
13	132	-	2.938	61338	5487	18206850
1	2849	-	0.118	1320849	4612	14458132
1	3212	-	0.118	1489404	4568	16161821
8	762	-	1.763	353432	359	4457881
1	1143	-	0.235	529777	1678	4364007
3	546	-	0.705	253103	956	3384004
1	2072	-	0.118	960786	1258	3567363
1	556	-	0.235	257585	1689	2134065
2	1435	-	0.353	665564	452	2611876
1	670	-	0.118	310679	2589	2045309
1	976	-	0.118	452533	1525	1940806
1	923	-	0.118	427995	1589	1894642
0	0	2143232	0.000	0	368	3214848
1	1197	-	0.118	555049	785	1494694
0	0	1827636	0.000	0	578	2741454
2	747	-	0.353	346229	356	1143670
						83,821,420

รูปที่ 5 ตัวอย่างต้นทุนรวมในการทำซ้ำรอบที่ 1 ของนโยบาย SQ3

ผลจากรูปที่ 5 เป็นต้นทุนรวมในการทำซ้ำจากตัวเลขสุ่มครั้งที่ 1 ได้ต้นทุนรวม 83,821,420 บาท แสดงผลดังตารางที่ 8

4.6.4 ทำซ้ำด้วยวิธีเดิม จากขั้นตอนที่ 4.6.3 จำนวน 10 รอบ และหาค่าเฉลี่ยของต้นทุนรวมทั้ง 10 รอบ หลักการสำคัญประการหนึ่งของเทคนิควิธีมอนติคาร์โล ก็คือ ต้องมีการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของคำตอบที่ได้ งานวิจัยนี้กำหนดการทำซ้ำรอบแรกจากการสุ่มตัวเลข 10 ครั้ง จะได้ต้นทุนรวมของแต่ละครั้ง หากหาจำนวนรอบที่เหมาะสมแล้วมีค่ามากกว่า 10 ครั้ง ก็จะต้องทำซ้ำจนครบตามจำนวน

ตารางที่ 8 ตัวอย่างต้นทุนรวมของอะไหล่ทั้ง 16 ชนิดจากการสุ่ม 10 ครั้งของนโยบาย SQ3

ตัวเลขสุ่มชุดที่	ต้นทุนรวม (บาท)
1	83,821,420
2	83,207,005
3	89,016,360
4	84,520,326
5	98,415,444
6	99,260,424
7	86,187,101
8	78,986,491
9	89,478,906
10	85,447,027
เฉลี่ย	**87,834,050**

จากตารางที่ 8 พบว่าค่าเฉลี่ยของต้นทุนรวมของนโยบาย SQ3 เท่ากับ 87,834,050 บาท

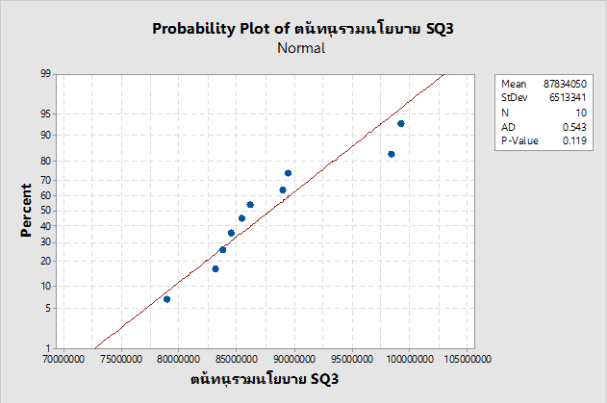
*4.6.5 ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล*ของต้นทุนที่เกิดจากการทำซ้ำที่ 10 รอบ เพื่อหาจำนวนของการทำซ้ำของนโยบาย SQ3 ภายใต้สมมติฐานการทดสอบดังนี้

กำหนดให้

H_0: ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบปกติ

H_1: ข้อมูลมีการกระจายตัวแบบไม่ปกติ

โดยกำหนดช่วงความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (α=0.05) โดยข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบได้จากตารางที่ 8 และได้ผลการทดสอบสมมติฐานดังรูปที่ 6 การกระจายตัวของต้นทุนรวม พบว่าค่า p-value มีค่ามากกว่าค่าความเชื่อมั่นที่ 95% (p-value>0.05) ดังนั้นจึงต้องยอม H_0 คือ ข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นการแจกแจงแบบปกติ



รูปที่ 6 การกระจายตัวของต้นทุนรวมจากนโยบาย (SQ3)

4.6.6 หาจำนวนรอบที่เหมาะสม ได้จากสมการที่ (4)

$$N = \frac{z^2 s^2}{d^2} \qquad (4)$$

โดยที่

z = ค่าความเชื่อมั่นที่ 95% ($z_{0.025}$ เปิดตารางได้ 1.96)

s = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

d = 0.05 x ค่าเฉลี่ยต้นทุนรวม

ดังนั้น หากต้องการหาจำนวนรอบที่เหมาะสมของนโยบาย SQ3 จะได้

z = ค่าความเชื่อมั่นที่ 95% ($z_{0.025}$ เปิดตารางได้ 1.96)

s = ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (6,513,341)

d = 0.05 x ค่าเฉลี่ยต้นทุนรวม (0.05x 87,834,050)

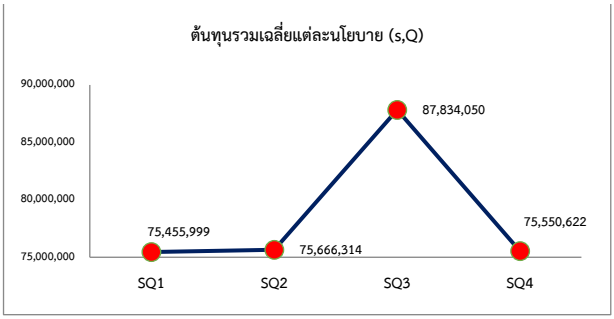
จากสมการที่ 4 จำนวนรอบที่เหมาะสมในการทำซ้ำของนโยบาย SQ3 จะเท่ากับ

$$N = \frac{1.96^2 6{,}513{,}341^2}{(0.05x\ 87{,}834{,}050)^2}$$

= 8.45 รอบ ≈ 9 รอบ

ผลของรอบการทำซ้ำใหม่ N ที่ได้มีค่าต่ำกว่าจำนวนรอบของการจำลองสถานการณ์ที่กำหนดไว้ครั้งแรกที่ 10 รอบ สามารถใช้ผลของต้นทุนรวมเฉลี่ยที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ที่เกิดจากตัวเลขสุ่ม 10 ชุดแรกมาวิเคราะห์สรุปผลได้เลย แต่ถ้าค่า N ที่คำนวณใหม่มีค่ามากกว่า 10 ให้สร้างชุดตัวเลขสุ่มเพิ่มเท่ากับจำนวนรอบที่เกินจาก 10 รอบ และทำการจำลองสถานการณ์ซ้ำให้ครบ ทำการคำนวณในลักษณะเดียวกันนี้สำหรับแผนสั่งซื้อแบบใหม่ทั้ง 3 นโยบายที่เหลือตามที่ได้กำหนดไว้

ผลจากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 10 รอบ โดยใช้นโยบาย (s,Q) ทั้ง 4 นโยบาย แสดงค่าดังรูปที่ 7 จากนโยบายแบบ (s,Q) จะเห็นว่า นโยบายที่ SQ1 มีต้นทุนรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด 75,455,999 บาท และต้นทุนรวมเฉลี่ยที่สูงที่สุดของนโยบายนี้คือ นโยบาย SQ3 คิดเป็นต้นทุน 87,834,050 บาท



รูปที่ 7 เปรียบเทียบต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อปีของนโยบายแบบ (s,Q)

4.7 สร้างและทดลองแบบจำลองตามนโยบาย (s, S)

4.7.1 กำหนดจุดสั่งซื้อ (s) เหมือนกับนโยบายแบบ (s,Q) และกำหนดระดับอะไหล่คงคลังสูงสุด (S) เป็นนโยบายที่มีการตรวจสอบสินค้าคงคลังอย่างต่อเนื่อง เป็น 4 นโยบาย (S1 S2 S3 และ S4 ตามลำดับดังนี้

ปริมาณการสั่งซื้อ S1 = ค่าสูงสุดในอดีต (Max)+ จุดสั่งซื้อ (s)
ปริมาณการสั่งซื้อ S1 = ค่าเฉลี่ยในอดีต (Average)+ จุดสั่งซื้อ (s)
ปริมาณการสั่งซื้อ S1 = ค่าต่ำสุดในอดีต (Min)+ จุดสั่งซื้อ (s)
ปริมาณการสั่งซื้อ S1 = ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ)+ จุดสั่งซื้อ (s) แสดงผลตารางที่ 9

ตารางที่ 9 กำหนดนโยบายการสั่งซื้อของอะไหล่ทั้ง 16 ชนิด ของนโยบาย (s,S)

ลำดับที่	ชนิดอะไหล่	นโยบายการสั่งซื้อ (ระดับอะไหล่คงคลังสูงสุด : S)			
		S1	S2	S3	S4
1	SP-FT-059	447	268	216	242
2	SP-FT-096	479	291	215	270
3	SP-FT-041	379	259	186	241
.	.	.	.	.	.
16	SP-FT-049	264	216	169	329

จากตารางที่ 9 เป็นปริมาณการสั่งซื้อในแต่ละนโยบายของ S1 S2 S3 และ S4 ดังนั้นจุดสั่งซื้อเพิ่มก็มีค่าเท่ากับนโยบายของ (s,Q) เปลี่ยนเฉพาะปริมาณการสั่งซื้อ S ที่ได้จากตารางที่ 9 แสดงตัวอย่างนโยบาย S1 ตามตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การกำหนดนโยบาย S1 สำหรับจุดสั่งซื้อและปริมาณการสั่งซื้อ

ลำดับที่	ชนิดอะไหล่	นโยบาย S1	
		จุดสั่งซื้อเพิ่ม (s)	ปริมาณการสั่งซื้อ (S)
1	SP-FT-059	191	447
2	SP-FT-096	214	479
3	SP-FT-041	185	379
.	.	.	.
16	SP-FT-049	166	264

4.7.2 สร้างตารางการคำนวณหาค่าความต้องการ โดยสร้างตารางข้อมูลในโปรแกรม Microsoft Excel โดยมีช่วงข้อมูล 48 สัปดาห์ ความต้องการนี้เกิดจากเงื่อนไขตัวเลขสุ่มที่ได้สร้างไว้จากข้อมูลความต้องการใช้อะไหล่ในอดีตโดยใช้เลขสุ่มชุดเดียวกับนโยบายแบบ (s,Q) ตามรูปที่ 4

4.7.3 หาต้นทุนรวม เช่นเดียวกับนโยบาย (s,Q) ดังรูปที่ 5

4.7.4 ทำซ้ำด้วยวิธีเดิม จากขั้นตอนที่ 4.7.3 จำนวน 10 รอบ และหาค่าเฉลี่ยของต้นทุนรวมทั้ง 10 รอบ จากการสุ่มตัวเลขทั้ง 10 จะได้ต้นทุนรวมของแต่ละครั้งของแต่ละนโยบาย แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 11

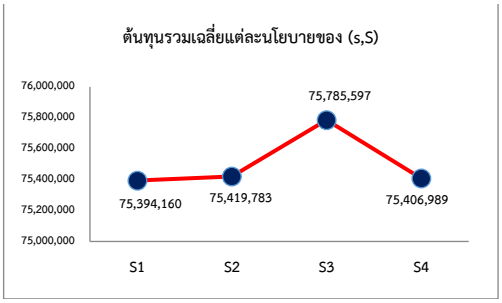
ตารางที่ 11 ตัวอย่างต้นทุนรวมของอะไหล่ทั้ง 16 ชนิดจากการสุ่ม 10 ครั้ง ของนโยบาย S1

ตัวเลขสุ่มชุดที่	ต้นทุนรวม (บาท)
1	71,920,737
2	71,153,943
3	76,452,507
4	72,530,020
5	84,358,395
6	85,847,854
7	73,855,551
8	67,732,184
9	76,741,429
10	73,348,979
เฉลี่ย	**75,394,160**

4.7.5 ทดสอบการกระจายตัวของข้อมูล ของต้นทุนที่เกิดจากการทำซ้ำที่ 10 รอบ แบบเดียวกับนโยบาย (s,Q)

4.7.6 หาจำนวนรอบที่เหมาะสม เพื่อหาจำนวนของการทำซ้ำของนโยบาย S1 S2 S3 และ S4 โดยใช้สมการที่ (4)

ผลจากการจำลองสถานการณ์ทั้ง 10 รอบ โดยใช้นโยบาย (s,S) ทั้ง 4 นโยบาย แสดงค่าดังรูปที่ 8 จะพบว่า นโยบายที่ S1 มีต้นทุนรวมเฉลี่ยต่ำที่สุด 75,394,160 บาท และต้นทุนรวมเฉลี่ยที่สูงที่สุดของนโยบายนี้คือ นโยบาย S3 คิดเป็นต้นทุน 75,785,597 บาท



รูปที่ 8 เปรียบเทียบต้นทุนรวมเฉลี่ยต่อปีของนโยบายแบบ (s,S)

จากการกำหนดนโยบาย 2 แบบ คือ (s,Q) และ (s,S) และจำลองสถานการณ์โดยใช้เทคนิคมอนติคาร์โลพบว่าการใช้นโยบาย (s,S) จะทำให้ต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังต่ำที่สุด โดยใช้นโยบาย S1

4.8 การวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ยของแบบจำลองสถานการณ์

งานวิจัยนี้สร้างตัวเลขสุ่มตามหลักการของแบบจำลองมอนติคาร์โลในการหาปริมาณความต้องการในแต่ละนโยบาย เพื่อคำนวณหาต้นทุนรวมและนำค่าเฉลี่ยไปใช้ในการวิเคราะห์หานโยบายที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำสุด ด้วยปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสม ดังนั้นในแต่ละนโยบายจะมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ย (Standard Error of Mean) จากรูปที่ 9 พบว่านโยบาย S1 ค่า Standard Error of Mean เท่ากับ 1,813,762 บาท โดยค่าเฉลี่ยของต้นทุนรวมอยู่ระหว่าง 71,291,146 บาท ถึง 79,497,174 บาท ภายใต้ค่าความเชื่อมั่น 95%

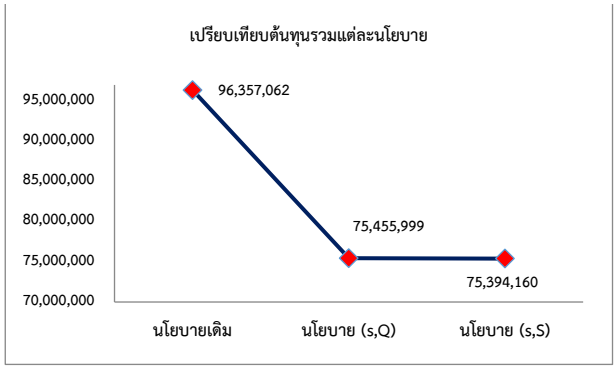
```
Variable      N      Mean     StDev  SE Mean          95% CI
นโยบาย SQ1   10  75455999   5739460  1814977  (71350237, 79561762)
Variable      N      Mean     StDev  SE Mean          95% CI
นโยบาย SQ2   10  75666314   5753412  1819389  (71550571, 79782057)
Variable      N      Mean     StDev  SE Mean          95% CI
นโยบาย SQ3   10  87834050   6513341  2059699  (83174687, 92493414)
Variable      N      Mean     StDev  SE Mean          95% CI
นโยบาย SQ4   10  75550622   5747130  1817402  (71439373, 79661872)
Variable      N      Mean     StDev  SE Mean          95% CI
นโยบาย S1    10  75394160   5735618  1813762  (71291146, 79497174)
Variable      N      Mean     StDev  SE Mean          95% CI
นโยบาย S2    10  75419783   5737353  1814310  (71315528, 79524039)
Variable      N      Mean     StDev  SE Mean          95% CI
นโยบาย S3    10  75785597   5704838  1804028  (71704601, 79866592)
Variable      N      Mean     StDev  SE Mean          95% CI
นโยบาย S4    10  75406989   5736655  1814090  (71303233, 79510745)
```

รูปที่ 9 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเฉลี่ยของแต่ละนโยบาย

4.9 เปรียบเทียบต้นทุนการจัดการสินค้าคงคลัง

4.9.1 การเปรียบเทียบผลลัพธ์กับนโยบายเดิมของโรงงานกรณีศึกษา นโยบายการสั่งซื้อแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษาไม่ได้มีหลักเกณฑ์การสั่งซื้อที่แน่นอน ดังนั้นข้อมูลที่นำมาใช้เปรียบเทียบจะใช้จากค่าเฉลี่ยของข้อมูลที่เกิดขึ้นในอดีต และเมื่อนำมาพิจารณาเพื่อหาต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังพบว่านโยบายเดิมของบริษัทมีต้นทุนรวมเท่ากับ 96,357,062 บาท

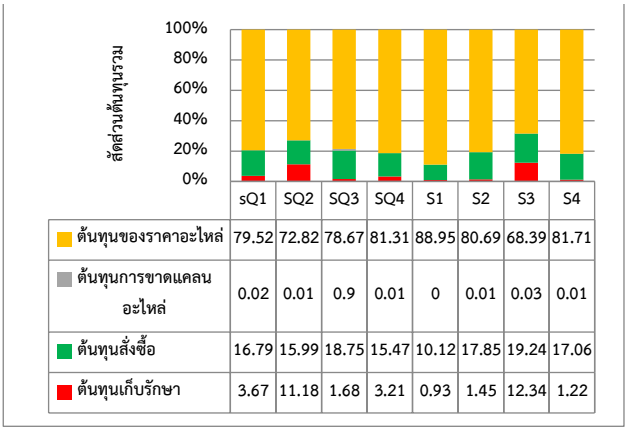
ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ด้วยเทคนิคมอนติคาร์โลของทั้ง 2 นโยบายและนโยบายแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา โดยแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนได้ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 เปรียบเทียบต้นทุนรวมของนโยบายและต้นทุนรวมที่ได้จากการจำลองสถานการณ์

4.10 การเปรียบเทียบข้อดี ข้อเสีย และการนำแต่ละนโยบายไปประยุกต์ใช้งาน

จากผลที่ได้จากแบบจำลองสถานการณ์พบว่า แต่ละนโยบายจะมีองค์ประกอบของต้นทุนรวม คือ ต้นทุนเก็บรักษา ต้นทุนการสั่งซื้อ ต้นทุนการขาดแคลนอะไหล่ และต้นทุนของราคาอะไหล่ ซึ่งในแต่ละนโยบายมีต้นทุนรวมที่ต่างกัน ดังรูปที่ 11 ดังนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย ในการนำแต่ละนโยบายไปประยุกต์ใช้งาน ซึ่งทั้งนโยบาย (s,Q) และนโยบาย (s,S) มีความคล้ายคลึงกันอย่างมาก



	sQ1	SQ2	SQ3	SQ4	S1	S2	S3	S4
ต้นทุนของราคาอะไหล่	79.52	72.82	78.67	81.31	88.95	80.69	68.39	81.71
ต้นทุนการขาดแคลนอะไหล่	0.02	0.01	0.9	0.01	0	0.01	0.03	0.01
ต้นทุนสั่งซื้อ	16.79	15.99	18.75	15.47	10.12	17.85	19.24	17.06
ต้นทุนเก็บรักษา	3.67	11.18	1.68	3.21	0.93	1.45	12.34	1.22

รูปที่ 11 สัดส่วนต้นทุนรวมแต่ละนโยบาย

ตารางที่ 12 การวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย ของแต่ละนโยบายจากผลการจำลองสถานการณ์ด้วยเทคนิคมอนติคาร์โล

นโยบาย		รายละเอียด	ข้อดี	ข้อเสีย	การใช้งาน
(s,Q)	SQ1	ปริมาณการสั่งซื้อจากค่าสูงสุดในอดีต (Q) และจุดสั่งซื้อเพิ่มเป็น (s)	ต้นทุนการเก็บรักษาและต้นทุนการขาดแคลนอะไหล่ต่ำ	ต้นทุนการสั่งซื้อค่อนข้างสูง ดังนั้นจะต้องมีการควบคุมจำนวนครั้งในการสั่งซื้อ	เหมาะสำหรับช่วงเวลาที่มีปริมาณความต้องการใช้อะไหล่คงที่ เนื่องจากต้นทุนการขาดแคลนอะไหล่เกิดขึ้นน้อย
	SQ2	ปริมาณการสั่งซื้อจากค่าเฉลี่ยในอดีต (Q) และจุดสั่งซื้อเพิ่มเป็น (s)	ต้นทุนการขาดแคลนอะไหล่ต่ำ	ต้นทุนการสั่งซื้อค่อนข้างสูง และมีต้นทุนการเก็บรักษาที่สูง ดังนั้นจะต้องมีการควบคุมจำนวนครั้งในการสั่งซื้อและจำนวนอะไหล่หมุนเวียน	เหมาะสำหรับช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้อะไหล่ปริมาณน้อย เนื่องจากสามารถลดจำนวนครั้งในการสั่งซื้อได้
	SQ3	ปริมาณการสั่งซื้อจากค่าต่ำสุดในอดีต (Q) และจุดสั่งซื้อเพิ่มเป็น (s)	คล้ายกับนโยบาย SQ1	ต้นทุนการสั่งซื้อสูง เนื่องจากใช้ปริมาณการสั่งซื้อขั้นต่ำทำให้บางช่วงอะไหล่เกิดความขาดแคลนทำให้ต้องจ่ายต้นทุนที่สูงขึ้น	เหมาะสำหรับช่วงเวลาที่ความต้องการใช้อะไหลในปริมาณต่ำ ควรพิจารณาระดับการให้บริการ เพื่อช่วยลดปัญหาอะไหล่ขาดแคลน เป็นนโยบายที่ทำให้เกิดต้นทุนรวมสูงที่สุด
	SQ4	ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (Q) และจุดสั่งซื้อเพิ่มเป็น (s)	คล้ายกับนโยบาย SQ1	คล้ายกับนโยบาย SQ1	คล้ายกับนโยบาย SQ1
(s,S)	S1	ระดับคงคลังสูงสุด S = ค่าสูงสุดในอดีต + จุดสั่งซื้อเพิ่ม (s)	ต้นทุนการเก็บรักษา ต้นทุนการสั่งซื้อต่ำ และต้นทุนการขาดแคลนอะไหล่เป็นศูนย์	จะต้องมีการควบคุมในส่วนของราคาของอะไหล่ เพราะมูลค่าการสั่งซื้ออะไหล่แต่ละครั้งอยู่ในระดับสูง	เหมาะสำหรับช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้อะไหลในปริมาณสูง เป็นนโยบายที่เหมาะสมที่สุดกับอุตสาหกรรมปิโตรเลียมที่เป็นกรณีศึกษา
	S2	ระดับคงคลังสูงสุด S = ค่าเฉลี่ยในอดีต + จุดสั่งซื้อเพิ่ม (s)	คล้ายกับนโยบาย SQ1	ต้นทุนการสั่งซื้อสูง จะต้องมีการควบคุมจำนวนครั้งในการสั่งซื้อ	เหมาะสำหรับช่วงเวลาที่มีความต้องการใช้อะไหล่ปริมาณน้อย เนื่องจากสามารถลดจำนวนครั้งในการสั่งซื้อได้
	S3	ระดับคงคลังสูงสุด S = ค่าต่ำสุดในอดีต + จุดสั่งซื้อเพิ่ม (s)	ต้นทุนการขาดแคลนอะไหล่ต่ำ	ต้นทุนการสั่งซื้อและต้นทุนการเก็บรักษาสูง จะต้องมีการควบคุมจำนวนครั้งในการสั่งซื้อและจำนวนอะไหล่หมุนเวียน	คล้ายกับนโยบาย S2
	S4	ระดับคงคลังสูงสุด S = ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ)+ จุดสั่งซื้อเพิ่ม (s)	คล้ายกับนโยบาย SQ1	คล้ายกับนโยบาย S2	คล้ายกับนโยบาย S2

5. สรุปผลและอภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัย สามารถนำปัญหาด้านการจัดการอะไหล่สำหรับงานบำรุงรักษาของอุตสาหกรรมปิโตรเลียมมาแก้ไขด้วยวิธีการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล โดยงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้นโยบายสินค้าคงคลัง 2 แบบ คือ (s,Q) และ (s,S) เพื่อหานโยบายที่ทำให้ต้นทุนรวมของคลังสินค้าต่ำที่สุด โดยผลที่ได้จากการประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 นโยบายปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมสำหรับการจัดการอะไหล่ของการบำรุงรักษาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม คือการใช้นโยบาย (s,S) จะทำให้ต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังต่ำที่สุด โดยใช้นโยบายที่ระดับอะไหล่คงคลังสูงสุด (S1) เป็นปริมาณการสั่งซื้อ (S) และจุดสั่งซื้อเพิ่ม (s) จะทำให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุดคือ 75,394,160 บาท

5.1.2 การหานโยบายปริมาณการสั่งซื้ออะไหล่ที่เหมาะสมด้วยเทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลสามารถลดต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นจากนโยบายเดิมของอุตสาหกรรมกรณีศึกษาที่มีต้นทุนรวมเท่ากับ 96,357,062 บาทต่อปี เหลือ 75,394,160 บาทต่อปี หรือลดลงร้อยละ 21.76

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 จากการประยุกต์ใช้เทคนิคมอนติคาร์โลเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณการสั่งซื้ออะไหล่ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในงานบำรุงรักษาในอุตสาหกรรมปิโตรเลียมพบว่า นโยบายที่ทำให้ต้นทุนรวมของสินค้าคงคลังต่ำที่สุดคือ (s,S) ทำให้ต้นทุนลดลง 20,962,902 บาทต่อปี ซึ่งคิดเป็น 80.34 เปอร์เซ็นต์ของมูลค่าอะไหล่ทั้งหมด ดังนั้นอีก 19.66 เปอร์เซ็นต์ที่เหลือของอะไหล่ในกลุ่ม B และ C จำนวน 39 และ 97 ชนิดตามลำดับ สามารถใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการหานโยบายปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมด้วยนโยบายที่แตกต่างกัน เช่น นโยบาย (R,Q) นโยบาย (R,s) ในอะไหล่กลุ่ม B และ Two Bin System สำหรับอะไหล่กลุ่ม C

5.2.2 จากการวิเคราะห์ข้อดี ข้อเสีย ที่ได้จากการใช้เทคนิคมอนติคาร์โลในการจำลองสถานการณ์ ในตารางที่ 12 จะเห็นว่านโยบายทั้งหมดมีจุดเด่น จุดด้อยที่ต่างกัน จากความต้องการใช้อะไหล่ที่ไม่แน่นอนจึงเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้มีปัญหาในด้านของต้นทุน และค่าความคลาดเคลื่อนจากรูปที่ 9สามารถช่วยตัดสินใจเลือกใช้แต่ละนโยบายของการจัดการอะไหล่สำหรับการบำรุงรักษาในอุตสาหกรรมได้อย่างเหมาะสม

6. ข้อเสนอแนะการวิจัย

จากขั้นตอนในการหานโยบายปริมาณการสั่งซื้อที่เหมาะสมนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับสินค้าคงคลังกลุ่มอื่นของโรงงานกรณีศึกษาหรือโรงงานอื่นได้ เช่น วัตถุดิบ สินค้าสำเร็จรูป และสินค้าระหว่างกระบวนการ ในกรณีที่นโยบายการสั่งซื้อมีหลายทางเลือก สามารถนำวิธี Microsoft Excel Solver มาช่วยในการคำนวณหาค่าที่เหมาะสมที่สุด เพื่อลดเวลาในการจัดการและมีความสะดวกรวดเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการคำนวณแบบปกติทีละนโยบาย

7. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย พ.ศ. 2562 จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี และ ขอขอบคุณ โรงงานกรณีศึกษาอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ที่ได้ให้ข้อมูลวิจัย ตลอดจนสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ ในงานวิจัยครั้งนี้

8. เอกสารอ้างอิง

Collado, J., Falco, A., Rodrigo, D., Sampedro, F., Consuelo, M., & Martinez, A. (2011). Application of Monte Carlo Simulation in Industrial Microbiological Exposure Assessment. In S. Mordechai (Ed.), *Applications of Monte Carlo Method in Science and Engineering* (pp. 83-94). InTech. https://www.intechopen.com

Furness, P. (2011). Applications of Monte Carlo Simulation in marketing analytics. *Direct Data Digit Mark Pract, 13*(2), 132–147. https://doi.org/10.1057/dddmp.2011.25

Gutiérrez, J., Sedeño-Noda, A., Colebrook, M., & Sicilia, J. (2003). A new characterization for the dynamic lot size problem with bounded inventory. *Computers & Operations Research, 30*(3), 383–395. https://doi.org/10.1016/S0305-0548(01)00105-8

Han, H. J., Kim, B. K., & Park, B. G. (2018). Monte Carlo simulation of gamma-ray distribution around spent nuclear fuel assembly using a fiber-optic Cerenkov radiation sensor. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 316*(3), 1189–1193. https://doi.org/10.1007/s10967-018-5785-5

Ivanov, D., Tsipoulanidis, A., & Schönberger, J. (2017). Inventory Management. In D. Ivanov, A. Tsipoulanidis, & J. Schönberger (Eds.), *Global Supply Chain and Operations Management* (pp. 345–388). Springer International Publishing.

Jintaketkarm, P. (2012). *The Application of Monte Carlo Technique for Optimizing order Quantity Policy: A Case Study in Light Bulb Industry* [Master's thesis]. Department of Industrial Engineering, Facuty ofKing Mongkut's University of Technology North Bangkok.

Kampf, R., Hitka, M., & Caha, Z. (2016). The Application of ABC Analysis to Inventories in the Automatic Industry Utilizing the Cost Saving Effect. *Naše More, 63*(3), 120–125.

Leepaitoon, S., & Bunterngchit, C. (2019). The Application of Monte Carlo Simulation for Inventory Management: A Case Study of a Retail Store. *International Journal of the Computer, the Internet and Management, 27,* 67–83.

Lordahl, A., & Bookbinder, J. (1994). Order‐statistic calculation, costs, and service in an (s, Q) inventory system. *Naval Research Logistics (NRL) , 41,* 81- 97. https://doi.org/10.1002/15206750(199402)41:1<81::AID-NAV3220410106>3.0.CO;2-9

Malindzakova, M., & Zimon, D. (2019). Design Supply Cycle for Inventory Management. *TEM, 8*(3), 894–899. https://doi.org/10.18421/TEM83-29

Medeiros, M. (2005). Monte Carlo simulation of polarizable systems: Early rejection scheme for improving the performance of adiabatic nuclear and electronic sampling Monte Carlo simulations. *Theoretical Chemistry Accounts, 113*(3), 178–182.

Ohta, H., Hirota, T., & Rahim, A. (2007). Optimal production-inventory policy for make-to-order versus make-to-stock based on the M/Er/1 queuing model. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 33*(1–2), 36–41.

Ozkan, O., & Kilic, S. (2019). A Monte Carlo Simulation for Reliability Estimation of Logistics and Supply Chain Networks. *IFAC- PapersOnLine, 52*(13) , 2080– 2085. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.11.512

Penpakkol, P., & Intarakumthorncha, T. (2018). Inventory Management of Spare Parts under Uncertain Demand: A Case Study of Particle Board Manufacturer. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 21*(1), 9-22.

Phupha, V. (2014). An Application of Monte Carlo Simulation for Optimal Order Quantity: A Case Study of Raw Materials Procurement in Processed food Industry. *Kasetsart Engineering Journal, 88,* 41–56.

Porras, E., & Dekker, R. (2008). An inventory control system for spare parts at a refinery: An empirical comparison of different re-order point methods. *European Journal of Operational Research, 184,* 101–132. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.11.008

Resteanu, C., Vaduva, I., & Andreica, M. (2008). Monte Carlo Simulation for Reliability Centered Maintenance Management. In I. Lirkov, S. Margenov, & J. Waniewski (Eds.), *Large-Scale Scientific Computing Vol. 4818* (pp. 148–156). Springer Berlin Heidelberg.

Sedtakomkul, N. (2011). *The Applied Monte Carlo Simulation Method to Reorder Point and Order Quantity for Purchasing Under Uncertainties of Demand* [Master's thesis]. Department of Industrial Engineering, Facuty ofKing Mongkut's University of Technology North Bangkok. http://www.ijcim.th.org/past_editions/2019V27N2/27n2Page76.pdf

Sorkhabi, R. (2017). Petroleum Industry. In R. Sorkhabi (Ed.), *Encyclopedia of Petroleum Geoscience* (pp. 1–2). Springer International Publishing.

Tamura, M., Morizawa, K., & Nagasawa, H. (2010). Dynamic robust optimal reorder point with uncertain lead time and changeable demand distribution. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A, 11*(12), 938–945.

Van Horenbeek, A., & Pintelon, L. (2015). A Joint Predictive Maintenance and Inventory Policy. In P. W. Tse, J. Mathew, K. Wong, R. Lam, & C. N. Ko (Eds.), *Engineering Asset Management— Systems, Professional Practices and Certification* (pp. 387– 399). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-09507-3_34

Xu, N. (2017). Optimal inventory policy for a dynamic stochastic inventory problem with order revision. *Optimization Letters, 11*(7), 1489–1497.