

การปรับปรุงด้วยการตัดปลายการแจกแจงสำหรับแบบจำลอง การวางแผนการจัดหาของสินค้าทางการเกษตร

ศิริประภา ดีประดิษฐ์^{*1}

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา เลขที่ 96 ต.ประตูชัย อ.พระนครศรีอยุธยา จ.พระนครศรีอยุธยา 13000

และ รุ่งรัตน์ ภิสิทธิ์เพ็ญ²

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Received: 19 July 2021; Revised: 13 September 2021; Accepted: 17 September 2021

บทคัดย่อ

การวางแผนการจัดหาสินค้าทางการเกษตรเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากสินค้าทางการเกษตรมีปัจจัยที่ไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้อง ทำให้ยากต่อการวางแผน ซึ่งงานวิจัยนี้พิจารณาปัจจัยที่ไม่แน่นอน คือ ปริมาณความต้องการของโรงงาน ปริมาณมะพร้าวที่จัดหาได้จากสวนเครือข่าย ปริมาณมะพร้าวที่จัดหาได้จากพ่อค้าคนกลาง ราคามะพร้าวที่รับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง และราคาขาย โดยมีรูปแบบการแจกแจงที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลา และนำมาสร้างตัวแบบการโปรแกรมจำนวนเต็มผสมที่ไม่เป็นเส้นตรงที่มีผลลัพธ์เฉลี่ยจากการประมวลผล 500 สถานการณ์ที่แตกต่างกัน ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ผลกำไรเฉลี่ยรายปีที่มากที่สุด จากนั้นได้พัฒนาคำตอบของแบบจำลองการจัดหาโดยพิจารณาการตัดปลายของการแจกแจงพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรสุ่มเพื่อหาว่าแต่ละพารามิเตอร์ควรกำหนดค่าต่ำสุด และกำหนดค่าสูงสุดอย่างไร นอกจากนี้การพิจารณาการตัดช่วงการแจกแจงมี 3 กรณี คือ กรณีตัดปลายทางด้านน้อย กรณีตัดปลายทางด้านมาก และกรณีตัดปลายทั้งสองข้าง โดยสร้างนโยบายตัดช่วงข้อมูลระหว่าง 5 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิจัย พบว่า การตัดปลายการแจกแจงกรณีตัดปลายทางด้านน้อย 15% มีผลกำไรรายปีมากที่สุด เมื่อเทียบกับนโยบายเดิมที่ไม่มีการตัดปลาย ผลกำไรเพิ่มขึ้น 3.60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดการพิจารณาพารามิเตอร์ที่มีโอกาสในการเกิดน้อยออกไป ส่งผลให้การวางแผนการจัดหาที่มีผลกำไรที่เพิ่มมากขึ้น

คำสำคัญ: สินค้าทางการเกษตร การวางแผนการจัดหา การโปรแกรมจำนวนเต็มผสมที่ไม่เป็นเส้นตรง การตัดปลายของการแจกแจง

* Corresponding author. E-mail: d_siraprapha@aru.ac.th

¹ อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

² รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

An Improved Truncated Distribution for Modelling the Procurement Planning of Agricultural Product

Siraprapha Deepradit^{1*}

Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, 96 Pratuchai, Phranakhon Si Ayutthaya, 13000

and Roongrat Pisuchpen²

Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Rd, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

Received: 19 July 2021; Revised: 13 September 2021; Accepted: 17 September 2021

Abstract

A procurement plan of agricultural products is important because agricultural products had uncertain factors involved make it difficult to plan. This research considered uncertainties that are factory demand, the number of supply coconuts purchased from contracted farms, the number of supply coconuts purchased from collectors, the coconut price purchased from collectors, the selling price which had different distributions each time. The mixed-integer non-linear programming was formulated and run for 500 trials. The objective was to maximize the annual total profit. The truncated distribution of the procurement plan was analyzed. The solution indicates how to define lower and upper truncated distributions. In addition, truncating the distribution interval in three cases: lower truncate case, upper truncate case, and doubly truncate case. By reducing the data interval by 5 to 20% when cutting the destination on the side or both ends. When comparing the non-truncated scenario to the lower truncated case, the result showed that the lower truncated case exhibited a profit increase of 3.60 percent. As a result, the importance of factors that are less likely to occur was reduced. Procurement planning becomes more profitable as a result.

Keywords: Agricultural Product Procurement Planning Mixed-Integer Non-Linear Programming Truncated Distribution

* Corresponding author. E-mail: d_siraprapha@aru.ac.th

1 Lecturer in Department of Engineering Management, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

2 Associate Professor in Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University

1. บทนำ

การวางแผนการจัดหาของสินค้าทางการเกษตรเป็นเรื่องค่อนข้างยาก เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และเป็นปัจจัยที่มีความไม่แน่นอน เช่น ราคาซื้อ ราคาขาย และปริมาณผลผลิตของสินค้าทางการเกษตรแต่ละชนิด เป็นต้น และเนื่องด้วยสินค้าทางการเกษตรขาดการวางแผนที่มีประสิทธิภาพในการจัดการให้สมดุลระหว่างความสามารถในการเก็บเกี่ยวหรือจัดหาวัตถุดิบจากแหล่งผลิต และความต้องการของลูกค้าหรือโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากสินค้าทางการเกษตรแต่ละชนิดมีอายุการเก็บเกี่ยวและมีปริมาณผลผลิตที่ไม่คงที่ ส่วนใหญ่ปริมาณผลผลิตขึ้นอยู่กับฤดูกาล และการวางแผนการจัดหาเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการดำเนินงานที่สำคัญ [1] ซึ่งผู้วางแผนหรือผู้ตัดสินใจต้องพิจารณาว่าควรจัดหาวัตถุดิบจากแหล่งผลิตใดบ้าง [2] และจากงานวิจัยของ Willy and Njeru (2014) และ Du et al. (2009) ได้ศึกษาผลกระทบของการวางแผนจัดหาของสินค้าทางการเกษตร โดยใช้การตัดสินใจว่าจะซื้อหรือผลิตเองร่วมด้วย การตัดสินใจนี้เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาเนื่องจากการจัดการที่ส่งผลต่อต้นทุนที่ลดลง [1], [3] ดังนั้นการวางแผนหรือการปรับปรุงประสิทธิภาพของโซ่อุปทานที่มีประสิทธิภาพควรมีความสอดคล้องกับสถานการณ์จริงมากที่สุด ในหลายงานวิจัยได้ใช้การจำลองสถานการณ์ในการประมวลผลเพื่อพิจารณาผลลัพธ์ที่สามารถเกิดขึ้นได้ [4] - [8]

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวางแผนในโซ่อุปทานของสินค้าทางการเกษตรส่วนใหญ่เป็นปัจจัยที่มีความไม่แน่นอนซึ่งเกิดจากความไม่แน่นอนของปริมาณผลผลิต และความต้องการในแต่ละช่วงเวลาซึ่งเป็นปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับฤดูกาลสำหรับความไม่แน่นอนของราคาซื้อและราคาขายเป็นปัจจัยที่ขึ้นอยู่กับกลไกทางตลาด ถ้าผู้วางแผนหรือผู้ที่มีอำนาจตัดสินใจจัดการปัจจัยเหล่านี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจะส่งผลให้สามารถควบคุมต้นทุนการดำเนินการได้ ซึ่งการประยุกต์ใช้การตัดปลายของแจกแจงนำมาใช้ในสถานการณ์ที่ข้อมูลอยู่ในช่วงของตัวแปรสุ่ม เนื่องจากมีข้อจำกัดของปัจจัยต่าง ๆ และค่าใช้จ่าย ตัวแปรสุ่มถูกกำหนดขอบเขตจากค่าต่ำสุดหรือสูงสุด [9] โดยมีหลายงานวิจัยที่ได้ศึกษาการตัดปลายของการแจกแจงต่าง ๆ เช่น Tokmachev (2018) ได้จำลองการแจกแจงที่มีการตัดปลายของการแจกแจงแบบปกติ [10] Chen

and Gui (2020) ศึกษาประมาณพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบค่าของการตัดปลายการแจกแจงแบบปกติ [11] สำหรับ Zeng and Gui (2021) ได้ศึกษาการตัดปลายของการแจกแจงปกติ [12] และ Gul et al. (2021) ปรับปรุงการตัดปลายของการแจกแจงแบบไวบูลและแกมมา [13]

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการพัฒนาคำตอบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโซ่อุปทานในส่วนของการตัดสินใจเข้าโดยพิจารณาการจัดหาวัตถุดิบสำหรับสินค้าทางการเกษตร โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการวางแผนการจัดหารายปี โดยผู้วิจัยวิเคราะห์นโยบายการตัดปลายของการแจกแจงเพื่อตัดเหตุการณ์ที่มีโอกาสการเกิดน้อยออก คือ กรณีตัดปลายทางด้านน้อย (Lower Truncated case) กรณีตัดปลายทางด้านมาก (Upper Truncated Case) และกรณีตัดปลายทั้งสองข้าง (Doubly Truncated case) โดยพิจารณาการตัดปลายข้อมูลในช่วง 5 ถึง 20% เพื่อหานโยบายที่ส่งผลให้ผลกำไรรายปีสูงที่สุด

2. วิธีการวิจัย

2.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

แบบจำลองการวางแผนการจัดหาใช้ข้อมูลจริงจากโรงงานกรณีศึกษาที่เป็นอุตสาหกรรมมะพร้าว น้ำหอม และได้พัฒนาการหาคำตอบจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากงานวิจัยของ Deepradit et al. (2020) [14] ที่ประสบปัญหาด้านการวางแผนการจัดหาวัตถุดิบทางการเกษตร โดยปัญหาและอุปสรรคเกิดจากความไม่แน่นอนของปริมาณมะพร้าว ความต้องการในแต่ละช่วงเวลา ราคาซื้อ มะพร้าว น้ำหอม และราคาขาย ทำให้ยากต่อการจัดการในการวางแผน โดยงานวิจัยได้หาผลกำไรรายเดือน จำนวน 12 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงธันวาคม ซึ่งถ้าสามารถวางแผนโดยใช้ระยะเวลาวางแผนที่มากขึ้น จะทำให้สามารถจัดการควบคุมต้นทุนการดำเนินงานได้ดียิ่งขึ้น และเนื่องจากพิจารณาปัจจัยที่เป็นตัวแปรสุ่ม ทำให้ระยะเวลาในการประมวลผลนาน งานวิจัยนี้จึงได้สร้างนโยบายการตัดช่วงการแจกแจงของพารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรสุ่ม เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด

งานวิจัยนี้ได้ขยายผลการศึกษาต่อจากงานวิจัยของ Deepradit et al. (2020) ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 นโยบายที่เกี่ยวข้องเพื่อให้ผู้มีอำนาจตัดสินใจทราบช่วงของผลลัพธ์ของนโยบายที่เป็นไปได้ กรณีที่แย่ที่สุด (Worst-case) เกิดขึ้นภายใต้ปริมาณความต้องการที่สูงมาก แต่ปริมาณมะพร้าวที่หาได้น้อย และ กำไรต่อหน่วย (Margin) ต่ำ ขณะที่กรณีที่ดีที่สุด (Best-case) เกิดภายใต้ปริมาณมะพร้าวที่จัดหาได้ปริมาณที่ลูกค้าต้องการ และกำไรต่อหน่วยสูง ผลกำไรทั้งหมดของอีก 2 นโยบายอยู่ระหว่างกรณีที่แย่ที่สุด และกรณีที่ดีที่สุด ซึ่งงานวิจัยเป็นการหาผลกำไรรายปี ที่ได้จากการรันผลรายเดือน เนื่องจากมีตัวแปรสุ่มหลายตัว และมีจำลองสถานการณ์ที่แตกต่างกันเพื่อให้ครอบคลุมผลลัพธ์จำนวน 500 สถานการณ์ จึงทำให้การวางแผนการหาคำตอบของแบบจำลองการวางแผนการจัดหารายปีด้วย OptQuest [14] ไม่สามารถประมวลผลได้ เนื่องจากจำนวนของตัวแปรตัดสินใจ ข้อจำกัดในการรันผล และจำนวนของการสร้างนโยบายแต่ละนโยบาย ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาการหาคำตอบโดยใช้การตัดปลายของการแจกแจงตัวแปรสุ่ม

ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ของการวางแผนการจัดหาของอุตสาหกรรมมะพร้าวน้ำหอมใช้ตัวแบบการโปรแกรมจำนวนเต็มผสมที่ไม่เป็นเส้นตรง (Mixed-Integer Non-Linear Programming; MINLP) ภายใต้การจำลองความไม่แน่นอนแสดงสมการวัตถุประสงค์และข้อจำกัด ดังสมการที่ (1) – (14) และหาค่าเฉลี่ยผลลัพธ์รายปีจากการจำลอง 500 สถานการณ์ที่แตกต่างกัน โดยตัวแปรสุ่มที่ใช้ในแบบจำลองถูกจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โลด้วยความน่าจะเป็นของผลลัพธ์ที่แตกต่างกันในกระบวนการที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้เนื่องจากตัวแปรสุ่มที่เกิดขึ้นไม่แน่นอน

ข้อสมมติฐานของแบบจำลอง คือ พิจารณาแหล่งจัดหา 2 แหล่ง คือ สวนเครือข่ายของโรงงาน และพ่อค้าคนกลาง โดยที่สวนของเครือข่ายและสวนของพ่อค้าคนกลางเป็นอิสระต่อกัน พาหนะในการขนส่งของโรงงานมีจำนวน 6 คัน โดยมี 2 ประเภท ซึ่งมีความสามารถในการบรรทุกที่แตกต่างกัน คือ รถบรรทุก 4 ล้อ (บรรทุกได้ 1,500 ลูกต่อครั้ง) และรถบรรทุก 6 ล้อ (บรรทุกได้ 5,000 ลูกต่อครั้ง) มะพร้าวน้ำหอมที่เก็บเกี่ยวมีคุณภาพดี 100% งานวิจัยจึงไม่คิดของเสีย

พาหนะที่ใช้ในการขนส่งของโรงงานและพ่อค้าคนกลางมีตลอดช่วงเวลาการวางแผน ราคาซื้อมะพร้าว น้ำหอมจากสวนเครือข่ายและจากพ่อค้าคนกลางคงที่ในเดือนเดียวกัน ปริมาณมะพร้าวที่หาได้และปริมาณความต้องการมีการแจกแจงเดียวกันในช่วงฤดูเดียวกัน และแต่ละตัวแบบคือการวางแผนรายเดือนและพารามิเตอร์กำหนดเป็นตัวแปรสุ่มรายวัน

2.1.1 ดัชนีและเซต

k = ดัชนีพาหนะ

t = ดัชนีเวลา (วัน)

K = เซตของพาหนะ = $\{1, \dots, N\}$

H = เซตของช่วงเวลา = $\{1, \dots, T\}$

2.1.2 พารามิเตอร์คงที่

N = จำนวนของพาหนะ

T = จำนวนของช่วงเวลาในการวางแผน (วัน)

C_k = ความสามารถในการบรรทุกของพาหนะ k (จำนวนลูกต่อคัน)

C_F = จำนวนของมะพร้าวที่สามารถเก็บได้ต่อวัน

G = จำนวนครั้งสูงสุดของการขนส่งต่อวันต่อคัน

F_k = ค่าใช้จ่ายคงที่ในการขนส่งของพาหนะ k (บาทต่อรอบ)

A_{kt} = ค่าใช้จ่ายแรงงานของพาหนะ k ณ เวลา t (บาทต่อรอบ)

P_t = ราคามะพร้าวต่อลูกจากสวนเครือข่ายของโรงงาน ณ เวลา t (บาท)

C_t = ค่าใช้จ่ายในการขาดของส่งให้ลูกค้า ณ เวลา t (บาทต่อลูก)

R_t = ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา ณ เวลา t (บาทต่อลูก)

I_t = จำนวนมะพร้าวที่เหลือคงคลัง ณ สิ้นสุดเวลา t (ถ้ามะพร้าวมีมากกว่าความต้องการของลูกค้า)

L_t = จำนวนมะพร้าวที่ขาดส่งให้ลูกค้า ณ เวลา t (ถ้ามะพร้าวที่มีน้อยกว่าที่ลูกค้าต้องการ)

J_t = จำนวนมะพร้าวที่ขายแบบราคาถูก ณ เวลา t (ถ้าปริมาณมะพร้าวที่เหลือมากกว่าความสามารถในการเก็บรักษาในโกดัง)

O_t = มูลค่าที่เกิดจากการขายมะพร้าวในราคาถูก ณ เวลา t (บาทต่อลูก)

2.1.3 ตัวแปรสุ่ม

D_t = ปริมาณความต้องการของโรงงาน ณ เวลา t (ลูกต่อวัน)

S_t = ปริมาณมะพร้าวที่จัดหาได้จากสวนเครือข่าย ณ เวลา t

M_t = ปริมาณมะพร้าวที่จัดหาได้จากพ่อค้าคนกลาง ณ เวลา t

Q_t = ราคามะพร้าวที่รับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง ณ เวลา t (บาทต่อลูก)

B_t = ราคาขาย ณ เวลา t (บาทต่อลูก)

2.1.4 ตัวแปรตัดสินใจ

X_t = ปริมาณมะพร้าวน้ำหอมที่เก็บเกี่ยวได้จากสวนเครือข่าย ณ เวลา t

W_t = ปริมาณมะพร้าวน้ำหอมที่รับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง ณ เวลา t

Z_{kt} = จำนวนครั้งของการขนส่ง ณ เวลา t ของพาหนะ k

$Y_{kt} = \begin{cases} 1 \\ 0, \text{ ถ้าพาหนะ } k \text{ ไม่ถูกใช้ขนส่ง ณ เวลา } t \end{cases}$

2.1.5 สมการวัตถุประสงค์และข้อจำกัด

วัตถุประสงค์เพื่อหาค่ากำไรมากที่สุดซึ่งกำไรคือ รายได้ทั้งหมดลบกับค่าใช้จ่ายทั้งหมด แสดงดังสมการ (1) ซึ่งรายได้เกิดจากการขายมะพร้าวให้ลูกค้า ส่วนค่าใช้จ่าย คือ ค่าใช้จ่ายในการรับซื้อมะพร้าวน้ำหอมจากสวนเครือข่ายและพ่อค้าคนกลาง ค่าใช้จ่ายคงที่ในการขนส่ง ค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานและค่าเก็บเกี่ยว ค่าใช้จ่ายกรณีขาดของส่งให้ลูกค้า และค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษา

$$\begin{aligned} & \text{Maximize } \sum_t B_t \times \text{Sale}_t + \sum_t O_t J_t - \\ & (\sum_t P_t X_t + \sum_t Q_t W_t + \sum_k \sum_t F_k Z_{kt} + \\ & \sum_k \sum_t A_k Y_{kt} + \sum_t C_t L_t + \sum_t R_t I_t) \end{aligned} \quad (1)$$

$$X_t \leq S_t, \forall t \in H \quad (2)$$

$$W_t \leq M_t, \forall t \in H \quad (3)$$

สมการที่ (2) และสมการที่ (3) คือ ข้อจำกัดความสามารถในการขนส่ง สร้างขึ้นเพื่อให้แน่ใจว่าจำนวนมะพร้าวที่ซื้อจากสวนเครือข่ายและพ่อค้าคนกลางต้องน้อยกว่าปริมาณที่หามาได้

$$X_t + W_t - I_{t-1} + L_t \leq D_t + L_{t-1} + I_t + J_t \quad (4)$$

สมการที่ (4) เพื่อสมดุลข้อจำกัดระหว่างมะพร้าวที่จัดหาได้และปริมาณความต้องการ

$$Z_{kt} \leq GY_{kt}, \forall t \in H, \forall k \in K \quad (5)$$

สมการที่ (5) คือ ข้อจำกัด If – then มีเพื่อให้แน่ใจว่าการขนส่งจะเกิดเมื่อพาหนะถูกใช้

$$X_t \leq \sum_k Z_{kt} C_k, \forall t \in H \quad (6)$$

สมการที่ 1, ถ้าพาหนะ k ถูกใช้ขนส่ง ณ เวลา t มะพร้าวน้ำหอมไม่เกินความสามารถในการบรรทุก

$$I_t \leq C_F, \forall t \in H \quad (7)$$

$$\begin{aligned} I_t &= (X_t + W_t + I_{t-1}) - (D_t + L_{t-1}), \\ \forall t \in H, X_t + W_t + I_{t-1} &\geq D_t + L_{t-1} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} L_t &= (D_t + L_{t-1}) - (X_t + W_t + I_{t-1}), \\ \forall t \in H, D_t + L_{t-1} &\geq X_t + W_t + I_{t-1} \end{aligned} \quad (9)$$

$$J_t = C_F - I_t, \forall t \in H, C_F \geq I \quad (10)$$

สมการที่ (7) หมายถึง มะพร้าวที่คงคลังต้องไม่เกินความสามารถของโกดังที่บรรจุได้ สมการที่ (8) สมการที่ (9) และสมการที่ (10) คือ การสมดุลปริมาณคงคลัง ปริมาณของที่ขาด และปริมาณของที่ขายในราคาถูก ถ้าปริมาณความต้องการน้อยกว่าปริมาณมะพร้าวน้ำหอมที่จัดหาได้เกิดปริมาณคงคลัง ในทางกลับกันเกิดของไม่พอส่งให้ลูกค้า ปริมาณของไม่พอส่งให้ลูกค้า และในกรณีที่ปริมาณคงคลัง

เกินความสามารถของโกดัง โรงงานต้องขายมะพร้าวในราคา
ที่ถูกลง

$$Sale_t = \begin{cases} D_t + L_{t-1}, & D_t + L_{t-1} \leq X_t + W_t + I_{t-1} \\ X_t + W_t + I_{t-1}, & D_t + L_{t-1} > X_t + W_t + I_{t-1} \end{cases} \quad (11)$$

สมการที่ (11) หมายถึง ปริมาณมะพร้าวที่ขายได้ซึ่ง
พิจารณาระหว่างปริมาณความต้องการรวมกับปริมาณ
มะพร้าวที่ขาดส่งให้ลูกค้าในช่วงเวลาที่ผ่านมา และปริมาณ
มะพร้าวที่เก็บเกี่ยวได้และที่รับซื้อรวมกับปริมาณสินค้าคง
คลังก่อนหน้านี้

$$X_t, W_t \geq 0, \text{integer}, \forall t \in H \quad (12)$$

$$Y_{kt} = \text{binary}, \forall k \in K, \forall t \in H \quad (13)$$

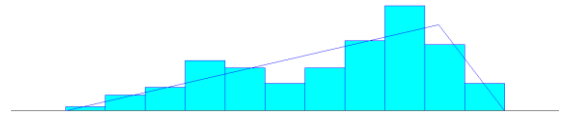
$$Z_{kt} = \text{integer}, \forall k \in K, \forall t \in H, \\ Z_{kt} \in \{0 \dots G\} \quad (14)$$

สมการที่ (12) สมการที่ (13) และสมการที่ (14) คือ
ขอบเขตของตัวแปรตัดสินใจ

2.2 การแจกแจงของพารามิเตอร์

พารามิเตอร์ที่เป็นตัวแปรสุ่มของแบบจำลองการจัดการหา
ประกอบด้วย ปริมาณความต้องการของโรงงาน ปริมาณ
มะพร้าวที่จัดหาได้จากสวนเครือข่าย ปริมาณมะพร้าวที่
จัดหาได้จากพ่อค้าคนกลาง ราคามะพร้าวที่รับซื้อจากพ่อค้า
คนกลาง และราคาขาย ซึ่งในการพิจารณาว่าพารามิเตอร์มี
รูปร่างการกระจายแบบใดพิจารณาจากค่า p-value ว่ามีค่า
มากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่ 0.05 หรือไม่ จากการ
ตั้งสมมติฐาน คือ สมมติฐานหลัก H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจง
ตามแบบที่ต้องการทดสอบ และสมมติฐานรอง H_1 : ข้อมูลไม่
มีการแจกแจงตามแบบที่ต้องการทดสอบ ซึ่งการวิเคราะห์
ข้อมูลรับเข้าพิจารณาฮิสโตแกรมและฟังก์ชันความหนาแน่น
ของความน่าจะเป็น [15] ซึ่งจากรูปที่ 1 เป็นฮิสโตแกรมและ
ฟังก์ชันความหนาแน่นความน่าจะเป็นของปริมาณมะพร้าว

น้ำหอมที่สามารถเก็บเกี่ยวได้จากสวนเครือข่าย เดือนที่
1 – 4



รูปที่ 1 ฮิสโตแกรมและฟังก์ชันความหนาแน่นของความ
น่าจะเป็น

การวิเคราะห์ข้อมูลรับเข้าของข้อมูลพิจารณาจากฮิสโต
แกรมและฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (PDF)
ของพารามิเตอร์ โดยตัวแปรสุ่มแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปการแจกแจงความน่าจะเป็นของตัวแปรสุ่ม

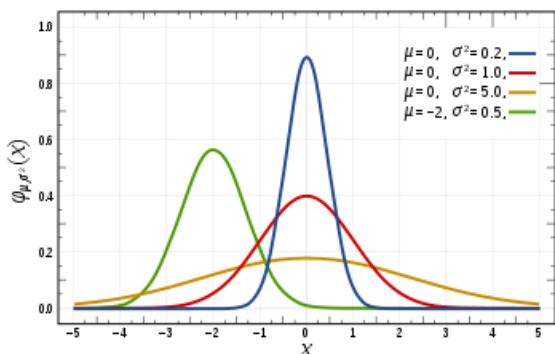
พารามิเตอร์	เดือนที่	การแจกแจง
ปริมาณมะพร้าวน้ำหอมที่ สามารถเก็บเกี่ยวได้จาก สวนเครือข่าย	1 – 4	สามเหลี่ยม (Triangular)
	5 – 8	สามเหลี่ยม (Triangular)
	9 – 12	เบต้า (Beta)
ปริมาณมะพร้าวน้ำหอมที่ รับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง	1 – 4	ไวบูลล์ (Weibull)
	5 – 8	ปกติ (Normal)
	9 – 12	เบต้า (Beta)
ปริมาณความต้องการ มะพร้าวน้ำหอมที่โรงงาน	1 – 4	ปกติ (Normal)
	5 – 8	
	9 – 12	
ส่วนต่างของราคาซื้อ จากพ่อค้าคนกลางเมื่อ เทียบกับราคาซื้อหน้า สวน	1 – 4	เอกรูป (Uniform)
	5 – 8	
	9 – 12	
ส่วนต่างของราคาขาย เมื่อเทียบกับราคาซื้อ หน้าสวน	1 – 4	เอกรูป (Uniform)
	5 – 8	
	9 – 12	

ผู้วิจัยนำข้อมูลรายวันจากโรงงานกรณีศึกษา จำนวน
365 ข้อมูลมาแบ่งออกเป็น 3 ช่วงเวลา เนื่องจากปริมาณ
มะพร้าวน้ำหอมที่เก็บเกี่ยวได้เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล และ
ราคาเป็นไปตามกลไกตลาด เช่น ในฤดูร้อน ปริมาณมะพร้าว

ที่เก็บเกี่ยวได้มีน้อย ทำให้ราคาสูง ในทางกลับกัน ในฤดูฝน ปริมาณมะพร้าวที่เก็บเกี่ยวได้มีจำนวนมาก ทำให้ราคาถูกลง เป็นต้น และจากการทดสอบการแจกแจงของพารามิเตอร์ด้วย Input Analyzer ของโปรแกรมอารีน่า (Arena) เมื่อวิเคราะห์ฮิสโตแกรมของแต่ละพารามิเตอร์พบว่าแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าข้อมูลในฤดูเดียวกันมีการแจกแจงรูปแบบเดียวกัน แต่ข้อมูลที่ต่างฤดูกาลมีรูปแบบของการแจกแจงหรือค่าพารามิเตอร์ของการแจกแจงที่ต่างกัน โดยพิจารณาเลือกการแจกแจงจากค่า p-value ที่มากกว่า 0.05 ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นช่วงเดือนที่ 1 – 4 ช่วงเดือนที่ 5 – 8 และช่วงเดือนที่ 9 – 12 ซึ่งในแต่ละช่วงมีลักษณะการแจกแจง ดังตารางที่ 1 ข้อมูลการแจกแจงของตัวแปรสุ่มที่ได้ คือ ข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการประมวลผลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในส่วนของหัวข้อ 2.1.3 โดยการวางแผนแต่ละพารามิเตอร์กำหนดให้มีการเปลี่ยนแปลงรายวัน

2.2.1 การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution)

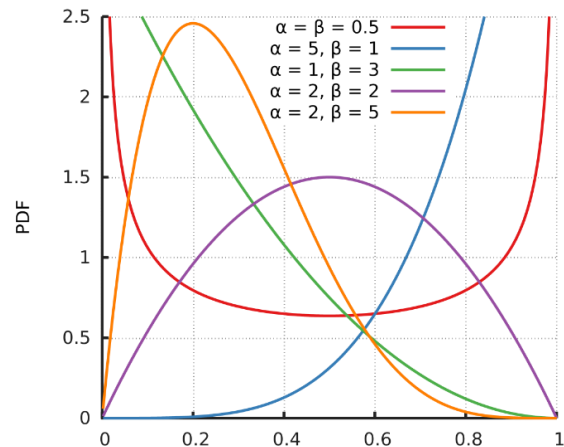
การแจกแจงแบบปกติ เป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่อง ซึ่งจำลองกระบวนการที่สามารถมองเป็นผลบวกของกระบวนการย่อย [16] รูปที่ 2 แสดงกราฟ PDF ของการแจกแจงแบบปกติ โดยตัวแปรสุ่มมีสัญลักษณ์ คือ $X \sim Normal(\mu, \sigma)$ และมีช่วงของค่าที่เป็นไปได้ $(-\infty, +\infty)$



รูปที่ 2 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบปกติ [17]

2.2.2 การแจกแจงแบบเบต้า (Beta Distribution)

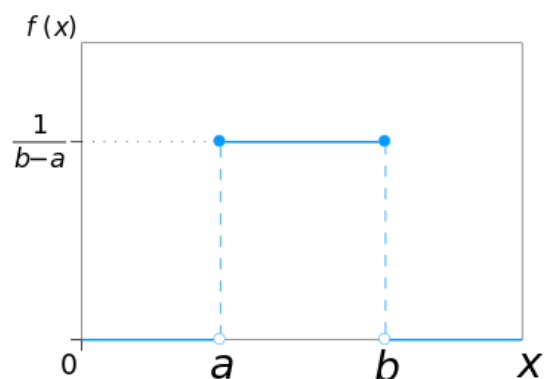
การแจกแจงแบบเบต้า เป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่อง รูปที่ 3 แสดงกราฟ PDF ของการแจกแจงแบบเบต้า โดยตัวแปรสุ่มมีสัญลักษณ์ คือ $X \sim Beta(\alpha, \beta)$ และมีช่วงของค่าที่เป็นไปได้ $[a, b]$ [16]



รูปที่ 3 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบเบต้า [18]

2.2.3 การแจกแจงแบบเอกรูป (Uniform Distribution)

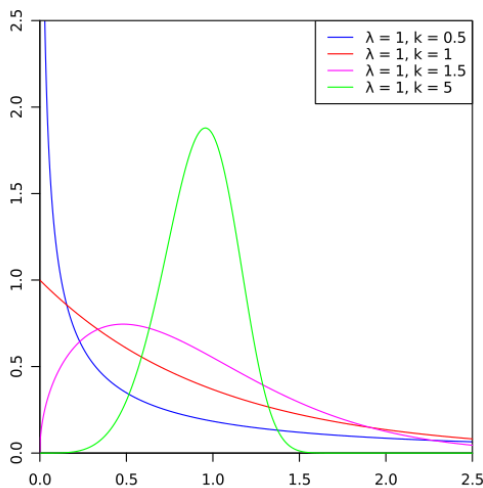
การแจกแจงแบบเอกรูปเป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่อง ซึ่งจำลองเหตุการณ์ที่มีโอกาสการเกิดเท่า ๆ กัน รูปที่ 4 แสดงกราฟ PDF ของการแจกแจงแบบเอกรูป โดยตัวแปรสุ่มมีสัญลักษณ์ คือ $X \sim Uniform(a, b)$ และมีช่วงของค่าที่เป็นไปได้ $[a, b]$ [16]



รูปที่ 4 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบเอกรูป [19]

2.2.4 การแจกแจงแบบไวบูล (Weibull Distribution)

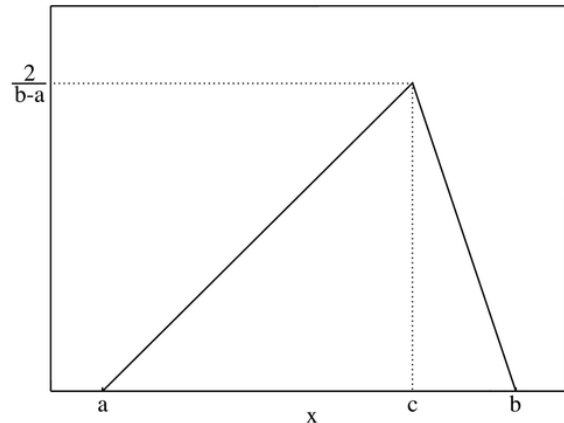
การแจกแจงแบบไวบูล เป็นการแจกแจงแบบต่อเนื่อง ส่วนใหญ่ใช้จำลองอายุการใช้งานที่การเสียหายหลายสาเหตุ และเสียทันทีเมื่อเกิดสาเหตุใดก็ได้ [16] รูปที่ 5 แสดงกราฟ PDF ของการแจกแจงแบบไวบูล โดยตัวแปรสุ่มมีสัญลักษณ์ คือ $X \sim \text{Weibull}(\lambda)$ และมีช่วงของค่าที่เป็นไปได้ $[0, \infty)$



รูปที่ 5 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบไวบูล [20]

2.2.5 การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม (Triangular Distribution)

การแจกแจงแบบสามเหลี่ยม ใช้จำลองกระบวนการที่รู้เพียงขอบเขตล่าง (a) ขอบเขตบน (b) และค่าที่เป็นไปได้มากที่สุด (c) [16] รูปที่ 6 แสดงกราฟ PDF ของการแจกแจงแบบสามเหลี่ยม โดยตัวแปรสุ่มมีสัญลักษณ์ คือ $X \sim \text{Triangular}(a,b,c)$ และมีช่วงของค่าที่เป็นไปได้ $[a,b]$



รูปที่ 6 ฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็นแบบสามเหลี่ยม [21]

2.3 นโยบายการตัดปลายของการแจกแจง

ผู้วิจัยวิเคราะห์นโยบายการตัดปลายของการแจกแจงเพื่อตัดเหตุการณ์ที่มีโอกาสการเกิดน้อยออก 4 กรณี คือ กรณีไม่ตัดปลาย กรณีตัดปลายทางด้านน้อย กรณีตัดปลายทางด้านมาก และกรณีตัดปลายทั้งสองข้าง [22] โดยแต่ละการแจกแจงของตัวแปรสุ่มจากตารางที่ 1 ประกอบด้วย ปริมาณความต้องการของโรงงาน ปริมาณมะพร้าวที่จัดหาได้จากสวนเครือข่าย ปริมาณมะพร้าวที่จัดหาได้จากพ่อค้าคนกลาง ราคามะพร้าวที่รับซื้อจากพ่อค้าคนกลาง และราคาขาย มีช่วงของค่าที่เป็นไปได้ที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ช่วงของค่าที่เป็นไปได้ของการแจกแจง

การแจกแจง	ช่วงของค่าที่เป็นไปได้	
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
สามเหลี่ยม	a	b
เบต้า	a	b
ไวบูลล์	0	$+\infty$
ปกติ	$-\infty$	$+\infty$
เอกรูป	a	b

การตัดช่วงของการแจกแจงแต่ละกรณี สำหรับกรณีที่ 1 นโยบายนี้เป็นผลที่ได้จากการประมวลผลรายปีโดยยังไม่มี การพิจารณาการตัดปลายของการแจกแจง จากนั้นนำมา สร้างนโยบายที่แตกต่างกันอีกจำนวน 12 นโยบาย ซึ่ง พิจารณาการตัดปลายของแต่ละการแจกแจง โดยตัดปลาย 5% 10% 15% และ 20% เพื่อหานโยบายที่ส่งผลให้ผล กำไรรายปีที่มากที่สุด

สำหรับการแจกแจงสามเหลี่ยม การแจกแจงแบบเบต้า และการแจกแจงเอกรูป มีช่วงของค่าที่เป็นไปได้ เท่ากับ $[a,b]$ การคำนวณการตัดปลาย เช่น ตัดปลายทางด้านน้อยที่ 5% คือ $(1+5\%)(a)$ จะได้ขอบเขตด้านน้อยในการตัด ส่วน การตัดปลายทางด้านมากที่ 5% คือ $(1-5\%)(b)$ จะได้ ขอบเขตด้านมากในการตัด

สำหรับการแจกแจงแบบปกติ และการแจกแจงไวบูลล์ เนื่องจากการแจกแจงนี้มีช่วงของค่าที่เป็นไปได้ เท่ากับ $(-\infty, +\infty)$ และ $(0, +\infty)$ ตามลำดับ ผู้วิจัยได้กำหนดค่า ต่ำสุดและค่าสูงสุดที่เป็นไปได้จากข้อมูลของโรงงาน กรณีศึกษา จากนั้นจึงทำการตัดปลายตามกรณีต่าง ๆ ที่ กำหนดไว้

3. ผลการวิจัย

ผลกำไรทั้งหมดรายปีของแต่ละนโยบาย ดังตารางที่ 3 ได้จากการประมวลผลตัวแบบการโปรแกรมจำนวนเต็มผสมที่ ไม่เป็นเส้นตรง เพื่อหานโยบายที่ส่งผลให้ผลกำไรรายปีที่มากที่สุด โดยประมวลผลหาคำตอบด้วย OptQuest ซึ่งแต่ละ นโยบายได้ผลลัพธ์เฉลี่ยจากการประมวลผลจำนวน 500 สถานการณ์ พบว่า นโยบายที่ 2 นโยบายที่ 4 และนโยบายที่ 5 ซึ่งเป็นการตัดปลายการแจกแจงกรณีตัดปลายทางด้าน น้อย เมื่อเทียบกับนโยบายที่ 1 ที่ไม่มีการตัดปลาย พบว่า ค่า เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลกำไรที่เพิ่มขึ้น เท่ากับ 2.75% 3.60% และ 1.21% ดังนั้น สรุปได้ว่าการตัดปลาย การแจกแจงแบบกรณีตัดปลายทางด้านน้อย 15% มีผลกำไร

รายปีมากที่สุด เท่ากับ 1,473.11 (10^5) บาท

ตารางที่ 3 ผลกำไรทั้งหมดรายปี (10^5 บาท) ของนโยบาย การตัดปลาย

นโยบาย	กรณี	ค่าเฉลี่ยผลกำไร
1	Nontruncated	1,421.90
2	Lower truncated 5%	1,460.96
3	Lower truncated 10%	1,393.15
4	Lower truncated 15%	1,473.11
5	Lower truncated 20%	1,439.13
6	Upper truncated 5%	-466.64
7	Upper truncated 10%	-488.15
8	Upper truncated 15%	-531.94
9	Upper truncated 20%	-582.88
10	Doubly truncated 5%	-485.59
11	Doubly truncated 10%	-469.07
12	Doubly truncated 15%	-505.72
13	Doubly truncated 20%	-605.14

การนำแบบจำลองการวางแผนการจัดหาไปประยุกต์ใช้ ช่วยให้ผู้วางแผนหรือผู้ตัดสินใจของโรงงานอุตสาหกรรมใน การจัดหาวัตถุดิบตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ที่ไม่แน่นอน และสามารถวางแผนได้เหมาะสม เนื่องจากทำให้รู้ว่าในช่วง ใดที่มีความเสี่ยงในการเกิดค่าใช้จ่ายสูงซึ่งส่งผลต่อกำไรที่ ลดลงหรือขาดทุน การวางแผนในระยะยาวทำให้ผู้วางแผน ทราบถึงความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา ทำให้ โรงงานสามารถจัดการในการเพิ่มส่วนเครือข่ายเพื่อ ตอบสนองต่อปริมาณความต้องการของโรงงาน และปริมาณ ที่สามารถจัดหาแพรร่าวน้ำหอมที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อ โรงงานต้องวางแผนการจัดหาภายใต้สถานการณ์ที่ พหุภาวะมีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น จึงควรพิจารณาและ กำหนดขอบเขตของช่วงของข้อมูลเพื่อนำมาใช้สร้าง แบบจำลองที่เหมาะสม และสอดคล้องกับสถานการณ์จริง

4. สรุปผลการวิจัย

การวางแผนการจัดหาของสินค้าทางการเกษตรโดยใช้ตัวแบบการโปรแกรมจำนวนเต็มผสมที่ไม่เป็นเส้นตรง ภายใต้ปัจจัยที่มีความไม่แน่นอน เช่น ราคา ปริมาณความต้องการ และปริมาณมะพร้าวที่จัดหาได้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาปริมาณผลผลิตที่จัดหาเพื่อให้มีกำไรสูงสุด ซึ่งสินค้าทางการเกษตรส่วนใหญ่ประสบปัญหาการวางแผนเนื่องจากการขาดแคลนผลผลิตและความไม่สมดุลของปริมาณที่จัดหาและปริมาณความต้องการ จึงต้องมีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพ นอกจากการได้วิธีการในการแก้ปัญหาที่เหมาะสมแล้วผู้วางแผนต้องหาวิธีการจัดการความไม่แน่นอนของปัจจัยต่าง ๆ และช่วงระยะเวลาในการวางแผนต้องครอบคลุมกับการปฏิบัติงานซึ่งโรงงานใช้การตัดสินใจระดับปฏิบัติการในการวางแผนการจัดหาวัตถุดิบ ซึ่งเป็นการตัดสินใจในระดับรายวันที่ส่งผลกระทบต่อระยะสั้น แต่เนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ ที่ไม่แน่นอนมีการเปลี่ยนแปลงเป็นฤดูกาล

ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการนำมาตัดสินใจจึงได้พัฒนาคำตอบของแบบจำลองการจัดหาโดยพิจารณาระยะเวลาวางแผนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้สามารถวางแผนจัดการพารามิเตอร์ที่ไม่แน่นอนได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่เนื่องจากพารามิเตอร์เป็นตัวแปรสุ่มที่มีรูปแบบการแจกแจงที่แตกต่างกัน ซึ่งบางเหตุการณ์มีโอกาสหรือความน่าจะเป็นของการเกิดขึ้นน้อยมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงทดลองตัดปลายของการแจกแจง เพื่อหาว่าแต่ละพารามิเตอร์ควรกำหนดค่าต่ำสุด และกำหนดค่าสูงสุดอย่างไร นอกจากนี้การพิจารณานโยบายโดยใช้การตัดช่วงการแจกแจงสามารถลดการพิจารณาพารามิเตอร์ที่มีโอกาสในการเกิดน้อยออกไป ส่งผลให้การวางแผนการจัดหาให้มีผลกำไรที่เพิ่มมากขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง

[1] K. Willy, and A. Njeru, "Effects of Procurement Planning on Procurement Performance: A Case Study of Agricultural Development Corporation, Nairobi," *International Journal of Business and Commerce*, Vol. 3 (No.12), pp.58-68, 2014.

[2] A. O. Ogwang and L. Waweru, "Influence of Procurement Planning on Performance of Kisumu

Water and Sewerage Company Limited, Kenya," *International Journal of Economics Commerce and Management*, Vol. 5 (No.5), pp.767-789, 2017.

- [3] X. Du, Leung S., Zhang L.J. and K. K. Lai, "Procurement of Agricultural Products Using the CPFR Approach," *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol.14 (No.4), pp.253-258, 2009.
- [4] F. Aziz, M. Panitra and A. K. Rivai, "Synthesis and Monte Carlo Simulation of Improved Concrete Composites for Enhanced X-Ray/Gamma-Ray Radiation Shielding," *International Journal of Technology*, Vol.9 (No.4), pp.695-706, 2018.
- [5] S. Deepradit, R. Pisuchpen and P. Ongkunaruk, "The Harvest Planning of Aromatic Coconut by Using Monte Carlo Simulation," *The 2017 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*. 21-23 April 2017: pp. 116-120, 2017.
- [6] N. J. Haaning and A. J. Brandstrup, *Monte Carlo Simulation in Crystal Ball 7.3*: AARHUS University, 2008.
- [7] A. Jareonkitpoolpol, P. Ongkunaruk and G. K. Janssens, "Determination of the Optimal Blending Problem of Organic-Chemical Fertilizer under Uncertainty," *Soil Use and Management*, Vol.34 (No.4), pp.449-460, 2018.
- [8] R. Pisuchpen and P. Ongkunaruk, "Simulation for Production Line Balancing of a Large-Sized Frozen Chicken Manufacturer," *Actual Problems of Economics*, Vol.177 (No.3), pp.397-406, 2016.
- [9] T. Zhang and M. Xie, "On the Upper Truncated Weibull Distribution and Its Reliability Implications," *Reliability Engineering and System Safety*, Vol.96 (No.1), pp.194-200, 2011.

- [10] M. S. Tokmachev, "Modeling of Truncated Probability Distributions," *Materials Science and Engineering.*, Vol.441, pp.1-9, 2018.
- [11] S. Chen and W. Gui, "Estimation of Unknown Parameters of Truncated Normal Distribution under Adaptive Progressive Type II Censoring Scheme," *Mathematics.*, Vol.49, 2021. <https://doi.org/10.3390/math9010049>
- [12] X. Zeng, and W. Gui, "Statistical Inference of Truncated Normal Distribution Based on the Generalized Progressive Hybrid Censoring," *Entropy.*, Vol.23, pp.186-215, 2021.
- [13] A. Gul, M. Mohsin, M. Adil and M. Ali, "A Modified Truncated Distribution for Modeling the Heavy Tail," *Engineering and Environmental Sciences Data.*, Vol.16 (No.4), 2021. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249001>
- [14] S. Deepradit, P. Ongkunaruk and R. Pisuchpen, "Tactical Procurement Planning under Uncertainty in Aromatic Coconut Manufacturing," *International Journal of Technology.*, Vol.11 (No.4), pp. 698-709, 2020.
- [15] J. Banks, J. S. Carson, B. C. Nelson and D. M. Nicol, 4th ed., *Discrete-Event System Simulation*. London: Pearson Education, 2005.
- [16] จุฑา พิชิตลำเค็ญ, พิมพ์ครั้งที่ 1, พื้นฐานการจำลองสถานการณ์เชิงสุ่ม เพื่อการประยุกต์ใช้กับปัญหาจริง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558.
- [17] Wikimedia Foundation, Inc. (17 กรกฎาคม 2564). *Normal Distribution*. [Online] Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Normal_distribution
- [18] Wikimedia Foundation, Inc. (17 กรกฎาคม 2564). *Beta Distribution*. [Online] Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Beta_distribution
- [19] Wikimedia Foundation, Inc. (17 กรกฎาคม 2564). *Uniform Distribution*. [Online] Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Uniform_distribution
- [20] Wikimedia Foundation, Inc. (17 กรกฎาคม 2564). *Weibull Distribution*. [Online] Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Weibull_distribution
- [21] Wikimedia Foundation, Inc. (17 กรกฎาคม 2564). *Triangular Distribution*. [Online] Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Triangular_distribution
- [22] J. Burkardt, "The Truncated Normal Distribution. Department of Scientific Computing Website," Florida State University, pp.1-35. 2014.