การจัดสรรงานของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ด้วยต้นทุนต่ำ ภายใต้ความไม่แน่นอน
Minimum-Cost Allocation for Logistics Outsourcing under Uncertainties

ทรงยศ กิจธรรมเกษร[*]
สถาพร โอภาสานนท์[**]

บทคัดย่อ

การจัดการงานขนส่งในสถานการณ์จริงต้องประสบกับความไม่แน่นอนของสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและยากในการคาดการณ์ การจัดการงานขนส่งให้มีประสิทธิภาพจึงต้องอาศัยระบบสนับสนุนการตัดสินใจ หรือ Decision Support System (DSS) งานวิจัยนี้ศึกษาปัญหาการจัดสรรงานให้แก่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอกของบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์ภายใต้อุปสงค์การขนส่งและต้นทุนที่มีความไม่แน่นอน Chance Constrained Stochastic Mathematical Programming ได้ถูกพัฒนาเพื่อวิเคราะห์การจัดสรรงานที่มีต้นทุนรวมต่ำ ภายใต้ความไม่แน่นอน และยังสามารถรักษาระดับการให้บริการ แบบจำลองที่พัฒนาได้นำไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงของบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์ของไทยเพื่อทดสอบความสามารถในการปฏิบัติงานได้จริงและประสิทธิภาพของผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองที่นำเสนอยังคงระดับการให้บริการภายใต้ความไม่แน่นอน และสามารถลดต้นทุนได้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบการตัดสินใจทั่วไปที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

คำสำคัญ: การบริหารการขนส่ง ผู้ให้บริการโลจิสติกส์ ความไม่แน่นอน แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การจัดสรรงาน

---

[*] วิศวกรโยธาประจำสำนักงานโครงการพัฒนาระบบราง สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร

[**] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาบริหารธุรกิจระหว่างประเทศโลจิสติกส์และการขนส่ง คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Abstract

Real-world transportation management is in fact subject to numerous uncertainties. Efficient transportation management entails Decision Support System (DSS). This research addresses the problem of allocating delivery routes to trucking carriers, where both demand and cost are uncertain. The Chance Constrained Stochastic Mathematical Programming is developed to minimize the total cost in logistics outsourcing allocation under uncertainties while retaining the level of service. The proposed approach is tested on a real-case study of a Thai logistics service provider to examine the practicality and efficiency of resulting solutions. The results indicate that the proposed chance constrained stochastic mathematical programming formulation often satisfies the uncertain demand and provides a lower total transportation cost than the ordinary deterministic programming formulation.

Keywors: Transportation Management, Logistics Service Provider, Uncertainty, Mathematical Programming, Supply Allocation.

1. บทนำ

การจัดจ้างภายนอก (Outsourcing) เป็นที่แพร่หลายอย่างมากในการดำเนินกิจกรรมโลจิสติกส์ยุคปัจจุบัน ที่มุ่งเน้นการให้ความสำคัญแก่กิจกรรมที่เป็นธุรกิจหลักขององค์กรหรือกิจกรรมที่องค์กรมีความสามารถทางการแข่งขันเฉพาะด้านสูง โดยโอนถ่ายกิจกรรมที่ต้องอาศัยการลงทุนขนาดใหญ่ เช่น กิจกรรมการกระจายสินค้า ให้แก่ผู้ให้บริการจากภายนอกที่มีความชำนาญในการปฏิบัติงาน มีเครือข่ายการให้บริการครอบคลุม และมีความพร้อมทางด้านเครื่องมือสูงกว่า เพื่อให้องค์กรยังคงสามารถขยายขอบเขตการให้บริการลูกค้าได้มากขึ้นในขณะที่ไม่ต้องทำการลงทุนในส่วนของกองยานพาหนะ การซ่อมบำรุง รวมถึงค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งคิดเป็นมูลค่ามหาศาล (ภัทรกมล เลิศสันติ และสถาพร โอภาสานนท์, 2553) ดังนั้น ธุรกิจโลจิสติกส์จำนวนมากจึงหันมาจัดจ้างผู้ให้บริการขนส่งภายนอกสำหรับให้บริการแก่ลูกค้าของตน ทดแทนการดำเนินการเองซึ่งส่งผลให้ปัญหาการจัดสรรงานให้แก่ผู้ให้บริการขนส่งอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด ทวีความสำคัญมากยิ่งขึ้น และมีบทบาทสำคัญต่อต้นทุนและระดับการให้บริการแก่ลูกค้า โดยเป็นการกำหนดเส้นทางการขนส่งให้แก่ผู้ให้บริการจากภายนอกแต่ละรายในการขนส่งสินค้าของลูกค้า ภายใต้ต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุด และยังคงสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างครบถ้วน

สภาพการดำเนินธุรกิจในปัจจุบันเต็มไปด้วยความไม่แน่นอน (Uncertainty) ทั้งทางด้านอุปสงค์และอุปทาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่เศรษฐกิจโลกกำลังอยู่ในระหว่างการเปลี่ยนแปลงจากการหดตัวและฟื้นตัวของเศรษฐกิจในหลายประเทศ ประกอบกับนโยบายของประเทศมหาอำนาจต่างๆ ที่พากันเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองต่อการแข่งขันที่ทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น (Weiner, 2013) องค์ประกอบเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อธุรกิจหลายภาคส่วน หนึ่งในนั้นคือ ภาคการให้บริการโลจิสติกส์และการขนส่ง (สถาพร โอภาสานนท์, 2550) ซึ่งเป็น

ภาคส่วนที่ต้องแบกรับความเสี่ยงของต้นทุนที่แกว่งตัว เช่น ราคาน้ำมัน และค่าครองชีพที่สูงขึ้น ในขณะเดียวกันต้องรักษาระดับการให้บริการ (Level of Service) ภายใต้อุปสงค์ที่มีความไม่แน่นอนและขึ้นอยู่บนเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเช่นกัน

การจัดการงานขนส่งในสถานการณ์จริงจึงต้องประสบกับความผันผวนของสภาพแวดล้อมที่หลากหลายและยากในการคาดการณ์ ในประเด็นนี้ ผู้ให้บริการโลจิสติกส์ (Logistics Service Providers) มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสรรหาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support System: DSS) เพื่อวางแผนในการจัดการต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถรองรับความไม่แน่นอนของต้นทุนและอุปสงค์การขนส่ง ความท้าทายของการบริหารนี้อยู่ที่การลดต้นทุนในขณะที่องค์ประกอบต่างๆ อยู่บนความไม่แน่นอน ทั้งนี้ Deterministic Transportation Problem หรือ ปัญหาการขนส่งเชิงกำหนด ที่อยู่บนพื้นฐานของ Deterministic Mathematical Programming ซึ่งใช้กันอย่างแพร่หลาย (Hitchcock, 1941; Dantzig, 1951; Hammer,1969; Bhatia, Swarup and Puri, 1977; Sharma and Swarup, 1977; Reeb and Leavengood, 2002; Aboudi et al., 1989; จิระเดช ดิษฐอำไพ, บุญศิริ ลิ่มสกุล, เสกสรร สุธรรมานนท์ และ นิกร ศิริวงศ์ไพศาล, 2549; ภัทรกมล เลิศสันติ และ สถาพร โอภาสานนท์, 2553) ไม่ได้มีการคำนึงถึงความไม่แน่นอนดังกล่าว โดยส่วนใหญ่ใช้ค่าเฉลี่ยของราคาการขนส่งและอุปสงค์ทดแทนค่าจริงที่มีความไม่แน่นอนสูง ซึ่งเป็นวิธีการที่มีความเสี่ยงสูงเนื่องจากอาจก่อให้เกิดการขาดทุนและไม่สามารถตอบสนองอุปสงค์ได้ในหลายกรณี ตัวอย่างเช่น เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยที่เป็น Expected Value (ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยที่มีความน่าจะเป็นเท่ากับร้อยละ 50 ที่จะสุ่มได้ค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ยนี้ และร้อยละ 50 ที่จะสุ่มได้ค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยนี้ ตามหลักการของข้อมูลที่มีการกระจายตัวแบบต่อเนื่อง) ในการวางแผนการให้บริการ 100 ครั้ง อาจทำให้ต้นทุนการขนส่งของแต่ละครั้งมากกว่าค่าเฉลี่ยถึง 50 ครั้ง นอกจากนี้ ยังมีโอกาสที่จะไม่สามารถตอบสนองอุปสงค์ที่มากกว่าค่าเฉลี่ยถึง 50 ครั้ง ซึ่งเป็นสิ่งที่ยอมรับไม่ได้ในการดำเนินธุรกิจ หรือทำให้เกิดค่าใช้จ่ายส่วนเกินเพื่อตอบสนองต่ออุปสงค์นั้นๆ และหากใน 50 ครั้งนั้นมีต้นทุนค่าขนส่งที่สูงมากๆ บริษัทที่ให้บริการอาจประสบปัญหาการขาดทุนที่สูงได้ นอกจากนี้ การนำค่าที่เลวร้ายที่สุด (Worst-case Scenario) มาใช้วิเคราะห์เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว (Johnson, Demers, Ullman, Garey and Graham, 1974; Wong, 1980) อาจนำไปสู่การคาดการณ์ที่สูงเกินไป (Overestimation) ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดค่าใช้จ่ายส่วนเกินโดยไม่จำเป็นเช่นกัน

บริษัท สยามรักษ์ โลจิสติกส์ (นามสมมติ) เป็นบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์ของไทยที่นำเสนอบริการด้านโลจิสติกส์แบบครบวงจร ครอบคลุมพื้นที่ให้บริการทั่วประเทศ โดยมีการบริการคลังสินค้าประกอบกับขนส่งกระจายสินค้าในเมืองใหญ่ เนื่องด้วยบริษัทฯ ได้มีการขยายฐานการตลาดครอบคลุมพื้นที่ให้บริการทั่วประเทศทำให้มีกลุ่มลูกค้าเพิ่มมากขึ้นมาก ทำให้มีความจำเป็นต้องเพิ่มขนาดกองยานพาหนะที่มีอยู่ ซึ่งเป็นการลงทุนที่ค่อนข้างสูง ดังนั้นเพื่อให้เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน บริษัทฯ จึงพิจารณาจัดจ้างผู้ให้บริการภายนอก (Outsource) เข้ามาดำเนินกิจกรรมการขนส่งกระจายสินค้า เพื่อตัดปัญหาทางด้านการบำรุงรักษาและค่าใช้จ่ายอื่นๆ อีกทั้งจะส่งผลต่อเนื่องในการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันทางธุรกิจ เนื่องจากการวิเคราะห์การจัดสรรงานด้วย Deterministic Mathematical Programming อาจส่งผลให้เกิดภาวะต้นทุนสูงเกินกว่าที่คาดการณ์ และทำให้การให้บริการเพื่อตอบสนองกับอุปสงค์ที่ผันผวนเป็นไปอย่างยากลำบาก ผู้บริหารของบริษัทฯ จึงมีแนวคิดที่จะเปลี่ยนกรรมวิธีการควบคุมต้นทุนและในขณะเดียวกันยังสามารถตอบสนองอุปสงค์ภายใต้ความไม่แน่นอนเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และรองรับการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ในปี พ.ศ. 2558

2. วัตถุประสงค์งานวิจัย

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย

1) ศึกษาปัญหาการจัดสรรผู้ให้บริการขนส่งภายใต้ความไม่แน่นอน โดยพิจารณาความผันผวนของต้นทุนและอุปสงค์การขนส่ง

2) พัฒนาแบบจำลองสำหรับใช้ในการจัดสรรผู้ให้บริการขนส่งให้มีต้นทุนรวมต่ำ เพื่อใช้เป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (DSS) ในการวางแผนสำหรับการจัดจ้างภายนอกอย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถรองรับความไม่แน่นอนของต้นทุนและอุปสงค์การขนส่ง บนความเสี่ยงที่ยอมรับได้

3) นำแบบจำลองที่พัฒนาไปปรับใช้กับสถานการณ์จริงของบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์ของไทยเพื่อทดสอบความสามารถในการปฏิบัติงานได้จริงและประสิทธิภาพของผลลัพธ์จากการวิเคราะห์

การศึกษาเริ่มจากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อศึกษาแบบจำลอง (Model) ต่างๆ ที่มีความเหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสรรงานแก่ผู้ให้บริการขนส่งภายใต้ต้นทุนต่ำที่สุด

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การจัดสรรงานแก่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอก

การจัดสรรงานแก่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอกถือเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการจัดหา (Procurement) ซึ่งเป็นหนึ่งในกิจกรรมโลจิสติกส์หลักที่เกี่ยวข้องโดยตรงต่อระดับความพึงพอใจของลูกค้า (Grant, Lambert, Stock and Ellram, 2006; Lindberg and Nordin, 2008) โดยการขนส่งสินค้าและการกระจายสินค้าเป็นกิจกรรมโลจิสติกส์ที่นิยมใช้การจัดจ้างภายนอก (Razzaque and Sheng, 1998; Rabinovich, Windle, Dresner and Corsi, 1999) เนื่องจากสภาพการแข่งขันของธุรกิจขนส่งสินค้าในภูมิภาคที่สูงขึ้น ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จึงต้องทำการปรับตัวโดยอาศัยความชำนาญของบริษัทภายนอกที่ถูกว่าจ้าง (Outsource) เพื่อลดต้นทุนการดำเนินงานและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งกัน (Lieb, 1992; Hill, 1994; สถาพร โอภาสานนท์, 2550) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ในปี พ.ศ. 2558

แนวทางการปรับตัวของผู้ให้บริการโลจิสติกส์ไทยเพื่อรองรับการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (AEC) ทำได้โดยการหาพันธมิตรทางธุรกิจ เพื่อลดต้นทุน เพิ่มระดับการให้บริการ และกระจายความเสี่ยง โดยการแข่งขันของธุรกิจโลจิสติกส์ในภูมิภาคจะเริ่มทวีความรุนแรงมากขึ้นหลังจากการเปิดเสรี โดยเฉพาะการแข่งขันทางด้านต้นทุนและรูปแบบการให้บริการ ดังนั้น ผู้ประกอบการต้องให้ความสำคัญกับการสร้างเครือข่ายในลักษณะของพันธมิตรทางธุรกิจกับผู้ให้บริการโลจิสติกส์ท้องถิ่นรายย่อยที่มีความชำนาญเพื่อให้เกิดความประหยัดจากขนาด (Economies of Scale) นอกจากนี้ การสร้างเครือข่ายยังทำให้ผู้ประกอบการสามารถนำเสนอบริการโลจิสติกส์ที่มีความหลากหลายและครบวงจรมากยิ่งขึ้นโดยไม่ต้องอาศัยการลงทุนเพิ่ม ทั้งนี้ ผู้ให้บริการไทยที่จะดำเนินการตามแนวทางนี้ได้ต้องเป็นผู้ประกอบการที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่และมีศักยภาพมากพอที่จะเป็นผู้นำในการจัดการและเชื่อมโยงกิจกรรมต่างๆ เข้าด้วยกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีปัจจัยแห่งความสำเร็จอยู่ที่การแบ่งปันผลตอบแทนและการกระจายความเสี่ยงอย่างเหมาะสม (สถาพร โอภาสานนท์, 2555)

3.2 ปัญหาการขนส่งเชิงกำหนด (Deterministic Transportation Problem)

ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) ได้ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดสรรทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (Hitchcock, 1941) โดยประยุกต์แบบจำลองเชิงเส้นตรง (Linear Mathematical Programming) (Dantzig, 1951) สำหรับการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์

ที่มีทางเลือกในการใช้ทรัพยากรจากจุดต้นทางหลายแห่ง (Several Sources) และมีสถานที่ปลายทางหลายแห่ง (Several Sinks) เพื่อที่จะลดต้นทุนรวมของระบบ (Total Cost) โดยปัญหาการขนส่งได้ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการแก้ปัญหาการกระจายสินค้าหรือบริการไปยังลูกค้าที่ปลายทาง ซึ่งการแก้ปัญหาการขนส่งนี้สามารถวางแผนเพื่อจัดสรรทรัพยากรได้หลากหลายวัตถุประสงค์ เช่น การจัดสรรทรัพยากรเพื่อให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุด หรือการจัดสรรทรัพยากรที่ทำให้เกิดผลกำไรสูงสุด (Reeb and Leavengood, 2002; จิระเดช ดิษฐอำไพ และคณะ, 2549) รวมถึงการลดระยะเวลาการขนส่งสินค้าจากแหล่งวัตถุดิบไปยังจุดหมายปลายทางให้สั้นที่สุด (Hammer,1969; Bhatia et al., 1977; Sharma and Swarup, 1977) โดยแบบจำลองปัญหาการขนส่งสามารถแสดงในรูปแบบของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\min \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} \qquad (1)$$

s.t.

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = d_j, \quad \forall j \in J \qquad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \le k_i, \quad \forall i \in I \qquad (3)$$

$$x_{ij} \ge 0, \quad \forall i \in I, j \in J \qquad (4)$$

โดยที่ x_{ij} คือ ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) แสดงถึงปริมาณสินค้าที่กระจายจากจุดต้นทาง i ไปยังจุดปลายทาง j

c_{ij} คือ ค่าขนส่งในการกระจายสินค้า 1 หน่วยจากจุดต้นทาง i ไปยังจุดปลายทาง j

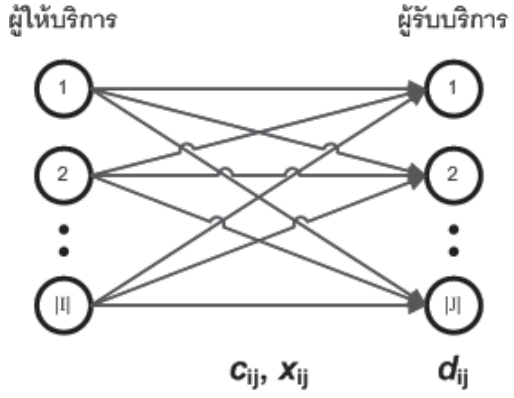
d_j คือ ปริมาณอุปสงค์ของสินค้าที่จุดปลายทาง j และ

k_i คือ ปริมาณอุปทานของสินค้าที่จุดต้นทาง i

สมการ (1) เป็นสมการวัตถุประสงค์ หรือ Objective Function ที่ต้องการลดต้นทุนรวมของการกระจายสินค้าจากจุดต้นทาง i ไปยังจุดปลายทาง j สมการ (2) เป็นสมการข้อจำกัด หรือ Constraints ที่กำหนดให้ปริมาณสินค้าที่ต้องการ ณ จุดปลายทาง j ต้องได้รับการตอบสนองทั้งหมด สมการ (3) เป็นสมการข้อจำกัดด้านปริมาณอุปทานของสินค้าที่จุดต้นทางแต่ละแห่ง และสมการ (4) คือ Non-negativity Constraint ที่กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจทุกตัวไม่มีค่าติดลบ

ทั้งนี้ โมเดลข้างต้นจัดอยู่ในกลุ่มของ Deterministic Mathematical Programming โดยค่า c_{ij} และ d_j ถูกสมมุติให้เป็นค่าคงที่ (Fixed Value) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดัง**แผนภาพที่ 1** และไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการให้บริการ ซึ่งอาจเป็นสมมติฐานที่ไม่สอดคล้องกับสภาพความเป็นจริง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ภายใต้สภาวะการณ์ปัจจุบันที่มีการแกว่งตัวของราคาน้ำมันและอุปสงค์ของการอุปโภคบริโภคที่ไม่แน่นอน

แผนภาพที่ 1: ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem)



ภัทรกมล เลิศสันติ และสถาพร โอภาสานนท์ (2553) นำเสนอวิธีการจัดสรรงานแก่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอกของบริษัทฯ ที่ทำให้เกิดต้นทุนการดำเนินงานต่ำที่สุด โดยนำปัญหาการขนส่งเชิงกำหนด หรือ Deterministic Transportation Problem ซึ่งถือเป็นเทคนิคต้นแบบและถูกใช้อย่างแพร่หลายสำหรับการจัดสรรทรัพยากรมาประยุกต์ใช้ในการวางแผนวิธีการจัดสรรลูกค้าของบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์ให้แก่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอก เพื่อเป็นแนวทางการตัดสินใจในการปรับปรุงประสิทธิภาพการบริหารผู้ให้บริการขนส่งภายนอก อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวศึกษาปัญหาในกรณีที่ค่า c_{ij} และ d_j เป็นค่าคงที่ (Fixed value) และไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการให้บริการ

3.3 แบบจำลองการหาทางเลือกที่ดีที่สุด ภายใต้ความไม่แน่นอน (Stochastic Mathematical Programming)

ในขณะที่ปัญหาการขนส่งที่กล่าวมาตั้งอยู่บนสมมติฐานที่อุปสงค์และอุปทานมีค่าที่ทราบได้แน่นอน Sreenivas และ Srinivas (2008) ศึกษา Probabilistic Transportation Problem เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ของปัญหาการขนส่งที่อุปสงค์ของลูกค้าที่จุดปลายทางเป็นตัวเลขสุ่ม (Random) และมีข้อจำกัดเป็นค่าความน่าจะเป็น (Probabilistic Constraints) โดยกำหนดให้เวคเตอร์แบบสุ่มมีการกระจายตัวแบบ Empirical Distribution แทนการกระจายตัวแบบ Original Distribution นอกจากนี้ งานวิจัยของ William (1963) ได้นำเสนอ Stochastic Transportation Problem ซึ่งเป็นปัญหาการขนส่งรูปแบบหนึ่งที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการขนส่งสินค้าจากแหล่งกำเนิดไปยังจุดปลายทางที่ไม่สามารถระบุอุปสงค์ที่แน่นอนได้ ซึ่งหลักการดังกล่าวนี้ Aboudi et al. (1989) ได้นำไปใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งในธุรกิจปิโตรเลียมในประเทศนอร์เวย์

เพื่อที่จะพิจารณาความไม่แน่นอน Charnes and Cooper (1959) และ William (1963) ได้พัฒนา Chance Constraint Stochastic Mathematical Programming เพื่อรองรับความไม่แน่นอนต่างๆ โดยที่ความไม่แน่นอนสามารถแสดงได้ในรูปแบบของการกระจายตัวของความน่าจะเป็น (Probability Distribution) ที่ถูกกำกับด้วยระดับความเชื่อมั่น (Confidence Level) ที่มีความสัมพันธ์กับความเสี่ยงที่ยอมรับได้ (Risk Preference) โดยสามารถแสดงแบบจำลองได้ดังนี้

$$\min \ \gamma \tag{5}$$

s.t.

$$\Pr\left(f_0\left(x,\omega\right)\le\gamma\right)\ge\eta \tag{6}$$

โดยที่ γ เป็น Dummy variable และ $f_0\left(x,\omega\right)\le\gamma$ เป็นสมการข้อจำกัดในลักษณะเดียวกับ Deterministic Transportation Problem ข้างต้น แต่ในกรณีนี้ ω เป็นตัวเลขสุ่ม (Random) ที่ไม่แน่นอน ดังนั้น สมการ (6) ที่มี x เป็นตัวแปรตัดสินใจ ซึ่งใช้เพื่อพิจารณาความไม่แน่นอนบนความเชื่อมั่น (Confidence Level) η สามารถพิจารณาเป็นความเสี่ยงได้ (William, 1963) เมื่อ Probability distribution ของ ω ถูกกำหนด โดยที่ Chance Constrained Stochastic Mathematical Programming สามารถให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า Deterministic Mathematical Programming และ Deterministic Mathematical Programming under the Worst-case Scenario และเมื่อไม่พิจารณาความเสี่ยงเลย Chance Constrained Stochastic Transportation Problem จะเปลี่ยนกลับเป็น Deterministic Mathematical Programming

งานวิจัยนี้ศึกษาปัญหาการจัดสรรผู้ให้บริการขนส่งภายใต้ความไม่แน่นอน โดยพิจารณาการแกว่งตัวของต้นทุนและอุปสงค์การขนส่งบนความเสี่ยงที่ยอมรับได้ และพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (DSS) เพื่อวางแผนในการจัดการต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถรองรับความไม่แน่นอนของต้นทุนและอุปสงค์ดังกล่าวผ่าน Chance Constrained Stochastic Mathematical Programming

ที่สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่มีต้นทุนการขนส่งที่ต่ำกว่า Deterministic Mathematical Programming

4. ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานการดำเนินงานขนส่งของบริษัท สยามรักษ์ โลจิสติกส์ และสำรวจข้อมูลปฐมภูมิจากการสัมภาษณ์ผู้จัดการแผนกขนส่งของบริษัทฯ ร่วมกับการเก็บข้อมูลภาคสนาม เพื่อนำมาพัฒนาแบบจำลองปัญหาการขนส่งภายใต้ความไม่แน่นอน (Chance Constrained Stochastic Transportation Problem) สำหรับใช้ในการจัดสรรงานขนส่งสินค้าแก่ผู้ให้บริการภายนอกอย่างเหมาะสม โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1: การศึกษาสภาพปัจจุบันของการดำเนินงานให้บริการขนส่งของบริษัท สยามรักษ์ โลจิสติกส์

1. ศึกษาขั้นตอนการดำเนินงานด้านการขนส่งสินค้า ณ ปัจจุบัน ของบริษัทฯ

2. กำหนดจุดต้นทาง (Sources) ในกรณีของการศึกษานี้หมายถึง ผู้ให้บริการขนส่งภายนอกทั้งหมด

3. สำรวจอุปทาน หรือ จำนวนและขนาดของรถขนส่งที่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอกแต่ละรายสามารถให้บริการได้ในแต่ละวัน

4. กำหนดจุดปลายทาง (Sinks) หมายถึง จุดปลายทางที่ต้องการให้มีการจัดส่งสินค้าในแต่ละพื้นที่

5. สำรวจอุปสงค์ หรือ จำนวนและขนาดของรถขนส่งที่ต้องการในแต่ละวัน ที่จุดปลายทางหนึ่งๆ

6. วิเคราะห์โครงสร้างต้นทุนค่าขนส่ง (Transportation Costs) ในแต่ละเขตพื้นที่ให้บริการของผู้ให้บริการขนส่งภายนอกแต่ละราย โดยต้นทุนค่าขนส่ง หมายถึง ต้นทุนที่เกิดจากการขนส่งสินค้าจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง โดยมีอัตราค่าขนส่งที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระยะทางจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง อัตราค่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลต่อลิตร และจำนวนจุดจอด ดังนั้น การคิดอัตราค่าขนส่งของผู้ให้บริการแต่ละรายที่ให้บริการจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางจึงไม่เท่ากัน

ส่วนที่ 2: การวิเคราะห์วิธีการจัดสรรงานแก่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอกด้วยต้นทุนต่ำที่สุด ภายใต้ความไม่แน่นอน

1. ศึกษาวรรณกรรมด้านการวิเคราะห์สำหรับการมอบหมายงานและการจัดสรรทรัพยากร เพื่อใช้ในการวางแผนวิธีการจัดสรรงานให้แก่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอกที่มีประสิทธิภาพด้านต้นทุน (Cost Efficiency) และสามารถตอบสนองลูกค้าทุกรายได้ครบถ้วนภายใต้ความไม่แน่นอนของสิ่งแวดล้อม

2. พัฒนา Stochastic Mathematical Programming ให้สอดคล้องกับปัญหาการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ต้นทุนต่ำที่สุด เมื่ออุปสงค์และต้นทุนค่าขนส่งมีความไม่แน่นอน

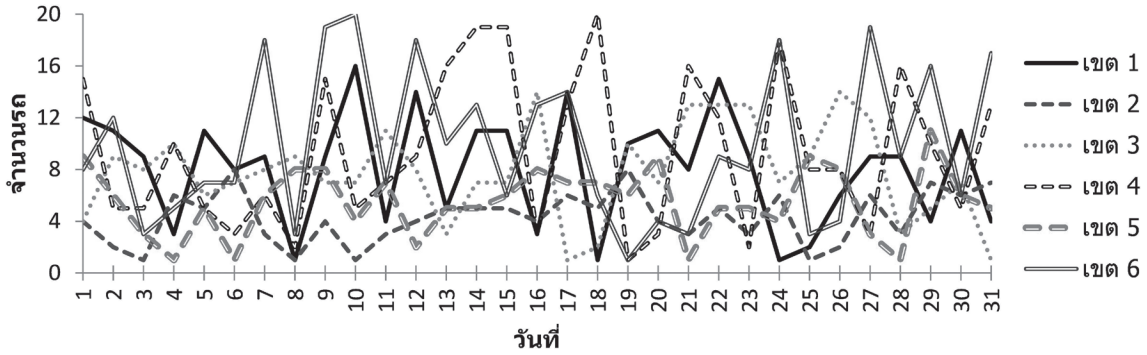
3. ทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้บนฐานข้อมูลของบริษัท สยามรักษ์ โลจิสติกส์ เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับรูปแบบการตัดสินใจอื่นๆ ที่ใช้ในปัจจุบัน เช่น การจัดสรรงานแก่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอกโดยใช้ปัญหาการขนส่งเชิงกำหนด (Deterministic Mathematical Programming) และกรณีที่นำค่าที่เลวร้ายที่สุด (Worst-case scenario) มาใช้วิเคราะห์

5. สภาพการดำเนินงานให้บริการขนส่งของบริษัทสยามรักษ์ โลจิสติกส์

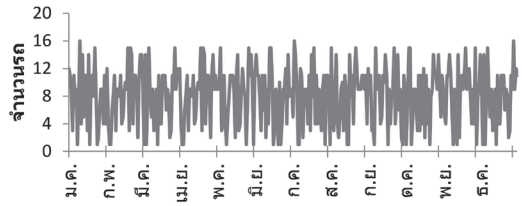
ข้อมูลการดำเนินงานขนส่งของบริษัท สยามรักษ์ โลจิสติกส์ ในช่วงเวลา 2 ปี ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 ได้ถูกสำรวจเพื่อนำมาใช้ในการศึกษา โดยบริษัทฯ มีคลังสินค้าตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานครทั้งหมด 4 แห่ง ซึ่งลูกค้าได้เช่าเพื่อเก็บสินค้าหลากหลายชนิดและว่าจ้างบริการขนส่งแบบเหมาคัน (Truck Load) ให้ทำการส่งสินค้าตามความต้องการสินค้าในแต่ละวันของผู้ค้ารายย่อย โดยใช้รถกระบะขนาด 4 ล้อ กระจายสินค้า

ไปยังจุดต่างๆ (Multiple Drops) ซึ่งมีการขนส่งสินค้าใน 6 เขต และในแต่ละเขตมีความต้องการจำนวนรถและจำนวนจุดจอดในแต่ละวันที่ไม่เท่ากันดังแสดงใน**แผนภาพที่ 2** และ**แผนภาพที่ 3** ตามลำดับ โดยมีค่าต่ำสุด สูงสุด และค่าเฉลี่ย ของปี 2555 ตาม**ตารางที่ 1** และ**ตารางที่ 2** ตามลำดับ

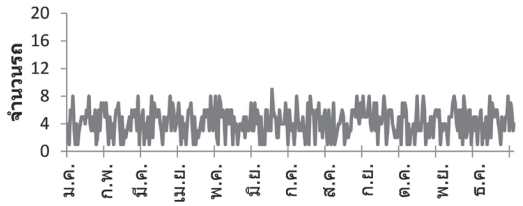
แผนภาพที่ 2: จำนวนรถที่ต้องการของปี พ.ศ. 2555



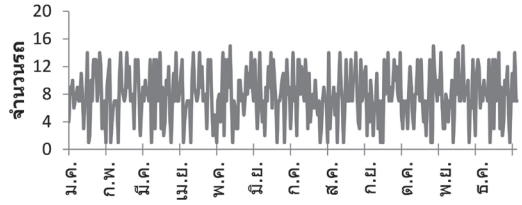
ก) จำนวนรถที่ต้องการของทุกเขตในเดือนมกราคม



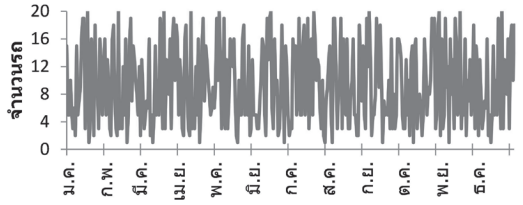
ข) เขต 1



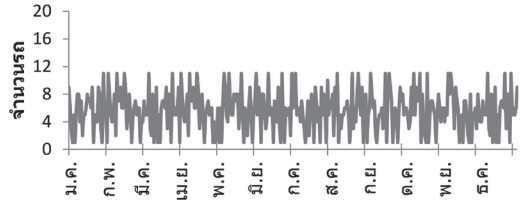
ค) เขต 2



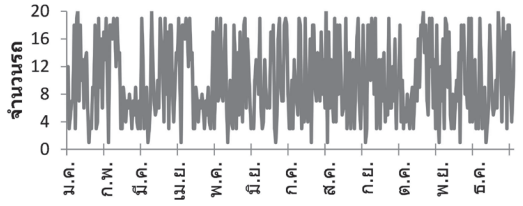
ง) เขต 3



จ) เขต 4

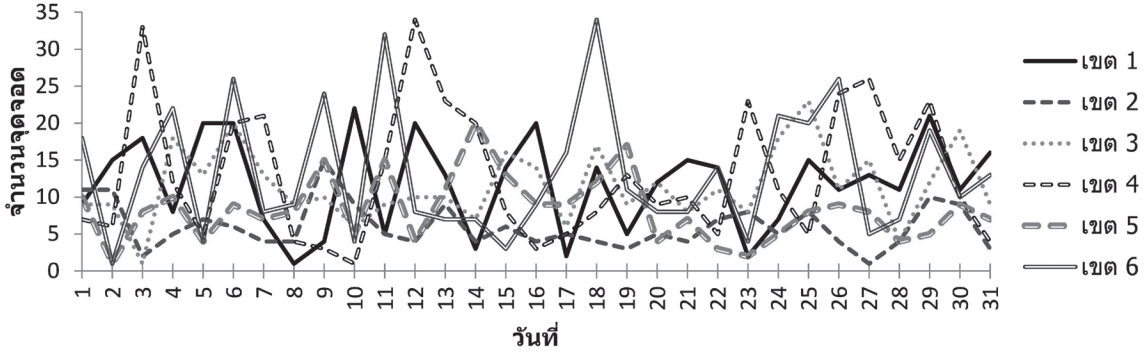


ฉ) เขต 5

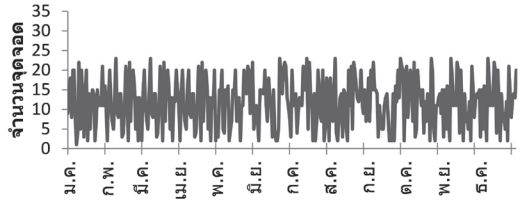


ช) เขต 6

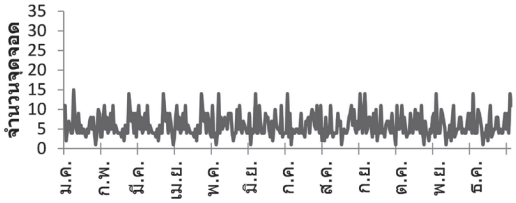
แผนภาพที่ 3: จำนวนจุดจอดของปี พ.ศ. 2555



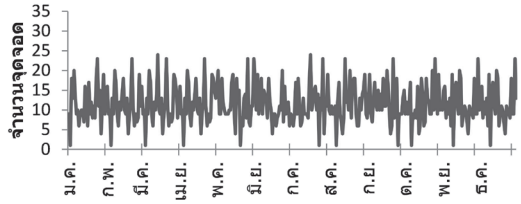
ก) จำนวนจุดจอดของทุกเขตในเดือนมกราคม



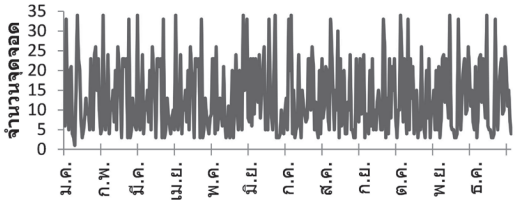
ข) เขต 1



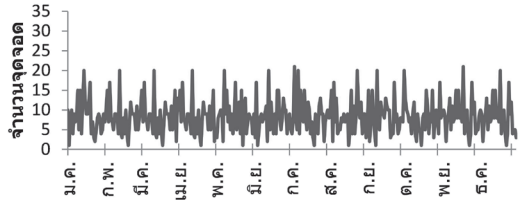
ค) เขต 2



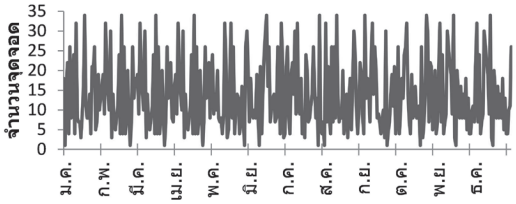
ง) เขต 3



จ) เขต 4



ฉ) เขต 5



ช) เขต 6

ตารางที่ 1: สรุปจำนวนรถที่ต้องการในแต่ละเขตของปี พ.ศ. 2555

จำนวนรถ	เขต 1	เขต 2	เขต 3	เขต 4	เขต 5	เขต 6
ต่ำสุด	1	1	1	1	1	1
สูงสุด	16	9	15	20	11	20
เฉลี่ย	8	4	8	9	6	10

ตารางที่ 2: สรุปจำนวนจุดจอดที่ต้องการในแต่ละเขตของปี พ.ศ. 2555

จำนวนจุดจอด	เขต 1	เขต 2	เขต 3	เขต 4	เขต 5	เขต 6
ต่ำสุด	1	1	1	1	1	1
สูงสุด	23	15	24	34	21	34
เฉลี่ย	12	6	11	13	8	14

บริษัทฯ ได้ทำการจัดจ้างผู้ให้บริการขนส่งสินค้าภายนอก (Outsourcing) สำหรับดำเนินการกระจายสินค้า โดยใช้โครงสร้างอัตราค่าบริการของบริษัทขนส่งที่อ้างอิงจากตลาดขนส่งออนไลน์ (2556) ดังแสดงในสมการ (7)

$$C_{ij} = m\left[300 + \frac{s_{ij}}{8}\rho + 85\vartheta_{ij}\right], \quad \forall i \in I, j \in J, \tag{7}$$

โดย C_{ij} คือ อัตราค่าบริการขนส่งสินค้าต่อรถ 1 คัน ในระยะเวลาการจ้างงาน m วัน แบบสุ่ม จากจุด i ไปยังเขต j ที่ขึ้นอยู่กับระยะทางจากคลังสินค้าที่จุด i ไปยังจุดภายในเขต j (S_{ij}) โดยพิจารณาจากจุดศูนย์กลางของเขตนั้นๆ อัตราค่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลต่อลิตรแบบสุ่ม (ρ) และ จำนวนจุดจอดแบบสุ่ม (ϑ_{ij}) จากจุด i ไปยังจุดต่างๆ ในเขต j ซึ่งจากหลักทางสถิติ ค่าเฉลี่ย (Mean or Average) และค่าความแปรปรวน (Variance) ของ C_{ij} สามารถแสดงได้ดังสมการ (8) และ (9) ตามลำดับ

$$E\left[C_{ij}\right] = m\left[300 + \frac{s_{ij}}{8}E\left[\rho\right] + 85E\left[\vartheta_{ij}\right]\right], \quad \forall i \in I, j \in J, \tag{8}$$

โดย $E[\rho]$ คือ ค่าเฉลี่ยของอัตราค่าน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลต่อลิตร ρ ในช่วงระยะเวลา m วัน และ $E[\vartheta_{ij}]$ คือ ค่าเฉลี่ยของจำนวนจุดจอด ϑ_{ij} ในช่วงระยะเวลา m วัน ส่วนค่าความแปรปรวนของอัตราค่าบริการขนส่งสินค้าต่อรถ 1 คัน C_{ij} สามารถเขียนได้ดังนี้

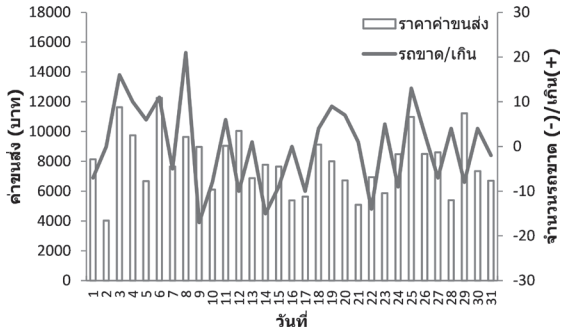
$$Var\left[C_{ij}\right] = m^2\left[\left(\frac{s_{ij}}{8}\right)^2 Var\left[\rho\right] + \left(85\right)^2 Var\left[\vartheta_{ij}\right]\right], \quad \forall i \in I, j \in J, \tag{9}$$

โดย $Var[\rho]$ คือ ค่าความแปรปรวนของ ρ ในช่วงระยะเวลา m วัน และ $Var[\vartheta_{ij}]$ คือ ค่าความแปรปรวนของ ϑ_{ij} ในช่วงระยะเวลา m วัน

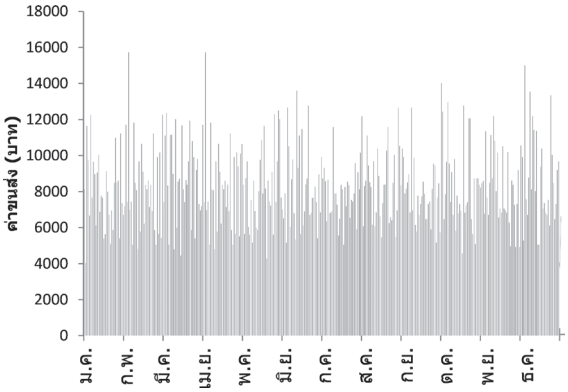
เนื่องจากสัญญาจ้างที่บริษัท สยามรักษ์ โลจิสติกส์ ทำกับผู้ให้บริการขนส่งภายนอกเป็นแบบรายเดือน ส่งผลให้ บริษัทฯ ต้องทำการวางแผนล่วงหน้า เพื่อลดต้นทุนการขนส่งและรองรับความไม่แน่นอนของความต้องการของลูกค้ารายย่อย กล่าวคือ บริษัทรวบรวมคำสั่งซื้อสินค้าจากลูกค้ารายย่อยในแต่ละวัน แล้วจึงคำนวณหาจำนวนรถและจุดจอดในแต่ละเขต หากมีความต้องการรถเพิ่มก็จะทำการแจ้งผู้ให้บริการขนส่งภายนอกอีกครั้งหนึ่ง ทั้งนี้ จำนวนรถที่อยู่ภายใต้สัญญาจ้างแต่ไม่ได้ใช้งานในวันนั้นๆ จะมีค่าใช้จ่ายคงที่ 300 บาท ต่อคัน ต่อวัน ส่วนการเพิ่มจำนวนรถแบบเร่งด่วนที่ไม่ได้กำหนดในสัญญาจะถูกเรียกเก็บเพิ่มอีกร้อยละ 35 ของอัตราค่าขนส่งรวม โดยการหารถเสริมสามารถกระทำได้ตลอดเวลา

จากข้อมูลปี พ.ศ. 2555 พบว่า บริษัทสยามรักษ์ โลจิสติกส์ มีค่าใช้จ่ายการขนส่งรายวันตาม**แผนภาพที่ 4** โดยมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อวัน 8,200 บาท ซึ่งสังเกตได้ว่าบริษัทมีค่าใช้จ่ายเนื่องจากการมีจำนวนรถที่ขาดหรือเกินอยู่อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งจำนวนรถขาดสูงสุดมีถึง 26 คัน และจำนวนรถเกินสูงสุดมีถึง 29 คัน ค่าใช้จ่ายส่วนเกินที่เกิดจากรถขาดหรือเกินเหล่านี้คิดเป็นร้อยละ 29 ของค่าใช้จ่ายในการขนส่งทั้งหมดตามรายละเอียดใน**แผนภาพที่ 5** โดยหากบริษัทฯ สามารถทำการวางแผนอย่างมีประสิทธิภาพให้ลดจำนวนรถที่ขาดหรือเกินได้ ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายลงได้อย่างมีนัยสำคัญ

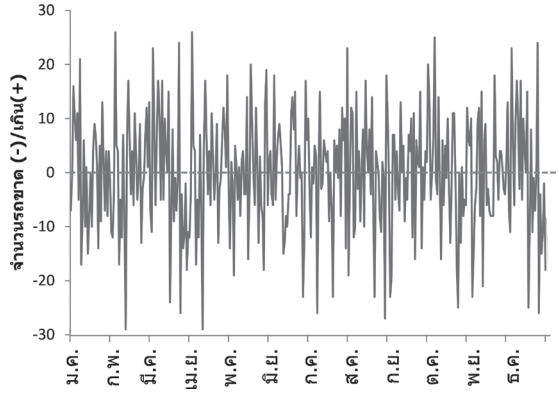
แผนภาพที่ 4: ค่าใช้จ่ายและจำนวนรถในการขนส่งรายวันของ บริษัท สยามรักษ์ โลจิสติกส์ ปี พ.ศ. 2555



ก) ค่าใช้จ่ายการขนส่งและจำนวนรถที่ขาดหรือเกินรายวันในเดือนมกราคม

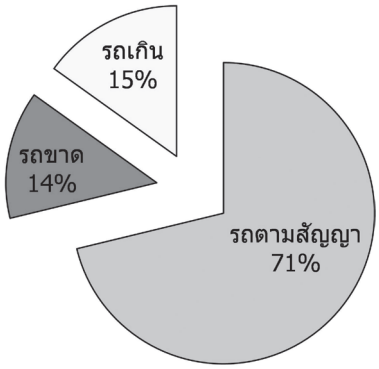


ข) ค่าใช้จ่ายการขนส่งรายวัน



ค) จำนวนรถที่ขาดหรือเกินรายวัน

แผนภาพที่ 5: สัดส่วนค่าใช้จ่ายในการขนส่งของบริษัท สยามรักษ์ โลจิสติกส์ ปี พ.ศ. 2555



ค่าขนส่งรวม 3,019,169 บาท

6. การวิเคราะห์สำหรับการจัดสรรงานแก่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ความไม่แน่นอน

ปัญหาการขนส่งที่กล่าวมาข้างต้นเป็นปัญหาที่เกิดจากความไม่แน่นอนของทั้งอุปสงค์และต้นทุนการขนส่ง การใช้แบบจำลองที่ตั้งอยู่บนสมมติฐานที่อุปสงค์และอุปทานมีค่าที่ทราบได้แน่นอน (โดยนับจากนี้เรียกว่าโมเดล Deterministic Procurement Problem: D-PP) อาจทำให้เกิดค่าใช้จ่ายส่วนเกินจากจำนวนรถที่ขาดหรือเกินที่สูงขึ้น การพิจารณา Stochastic Problem เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ของปัญหาการขนส่งที่อุปสงค์ของลูกค้าที่จุดปลายทางเป็นตัวเลขสุ่ม (Random) และมีข้อจำกัดเป็นค่าความน่าจะเป็น (Probabilistic Constraints) โดยกำหนดให้เวคเตอร์แบบสุ่มมีการกระจายตัวแบบ Empirical Distribution แทนการกระจายตัวแบบ Original Distribution จึงมีความจำเป็น (Sreenivas and Srinivas, 2008)

งานวิจัยนี้ได้ผนวก Chance Constrained Stochastic Mathematical Programming เข้ากับการใช้แบบจำลองการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งสามารถแสดงเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\min \ \gamma \tag{10}$$

s.t.

$$\Pr\left(f_{C_{ij}}\left(x_{ij}, C_{ij}\right) \le \gamma\right) \ge \eta_C, \forall i \in I, j \in J \tag{11}$$

$$\Pr\left(\sum_{i \in I} x_{ij} \ge D_j\right) \ge \eta_D, \forall j \in J \tag{12}$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \le k_i, \quad \forall i \in I \tag{13}$$

$$x_{ij} \ge 0, \quad \forall i \in I, j \in J \tag{14}$$

โดย x_{ij} คือ ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) แสดงถึงจำนวนรถบรรทุกสินค้าที่จัดสรรจากคลังสินค้า i ไปยังเขต j

C_{ij} คือ อัตราค่าบริการขนส่งสินค้าต่อรถ 1 คัน ในระยะเวลาการจ้างงาน m วัน แบบสุ่มจากคลังสินค้า i ไปยังเขต j

k_i คือ อุปทานของรถบรรทุกสินค้าที่คลังสินค้า i

D_j คือ ความต้องการจำนวนรถแบบสุ่ม ซึ่งสัมพันธ์กับคำสั่งซื้อจากลูกค้ารายย่อยในเขต j

η_C คือ ค่าระดับความเชื่อมั่นในส่วนของค่าใช้จ่ายรายเดือน และ

η_D คือ ค่าระดับความเชื่อมั่นในส่วนของจำนวนรถที่ต้องการในแต่ละเขต

ข้อแตกต่างระหว่างแบบจำลอง D-PP และแบบจำลองการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ความไม่แน่นอน (ต่อไปนี้เรียกว่าโมเดล C-PP) ตามสมการ (10) ถึง (14) คือ สมการข้อจำกัดที่ (11) และ (12) โดยทั้งสองสมการนี้ได้นำ Chance Constraint มาเพื่อพิจารณาความไม่แน่นอนของค่าขนส่งและจำนวนรถที่ต้องการรายวันแบบสุ่ม η_C และ η_D ที่เป็นตัวกำหนดค่าความเชื่อมั่นหรือความเสี่ยง (Risk Preference) (Lo, Luo and Siu, 2006) ที่บริษัท สยามรักษ์โลจิสติกส์รับได้ โดยค่า η_C และ η_D ที่สูงขึ้นหมายถึงบริษัทฯ ต้องการความเสี่ยงที่ลดลง

สำหรับการคำนวณแบบจำลองที่มี Chance Constraint ข้างต้น ต้องอาศัยข้อมูลเพิ่มเติม คือ การคาดการณ์ราคาน้ำมันดีเซล การคาดการณ์ความต้องการจำนวนรถยนต์ที่ต้องใช้ และจำนวนจุดจอดในแต่ละเขต โดยทั้งหมดนี้สามารถนำมาจำลองด้วยการแจกแจงแบบต่างๆ เช่น การแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) การแจกแจงแบบ Lognormal การแจกแจงแบบ Weibull หรือ การแจกแจงแบบอื่นๆ ตัวอย่างเช่น หากบริษัทฯ มีสมมติฐานว่าค่าคาดการณ์ราคาน้ำมันดีเซล จำนวนรถยนต์ที่ต้องใช้ และจำนวนจุดจอดในแต่ละเขต เป็นไปตามการแจกแจงแบบปกติและมี η_C = 95% สมการ (11) จะสามารถแสดงได้ดังนี้ (Philippe, 2006)

$$E\left[\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}x_{ij}C_{ij}\right]+1.645\times\sqrt{Var\left[\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}x_{ij}C_{ij}\right]}\leq\gamma \tag{15}$$

จากหลักทางสถิติ สมการ (15) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}x_{ij}E\left[C_{ij}\right]+1.645\times\sqrt{\sum_{i\in I}\sum_{j\in J}x_{ij}^2Var\left[C_{ij}\right]}\leq\gamma \tag{16}$$

และเมื่อ η_D = 95% สมการ (12) สามารถแสดงได้ดังนี้

$$E\left[D_j\right]+1.645\times\sqrt{Var\left[D_j\right]}\leq\sum_{i\in I}x_{ij}\,,\forall j\in J \tag{17}$$

เป็นที่สังเกตได้ว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว สามารถวิเคราะห์ได้ในลักษณะเดียวกับแบบจำลองการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ต้นทุนต่ำที่สุด เนื่องจากสมการข้อจำกัดทั้งหมดได้ถูกแปลงเป็น Deterministic Problem ทั้งนี้ หากสมมติฐานของรูปแบบการแจกแจง (Probability Distribution) ไม่เป็นการแจกแจงแบบปกติ (Normal Distribution) สมการ (11) จะต้องเปลี่ยนไปตามรูปแบบการแจกแจงนั้นๆ

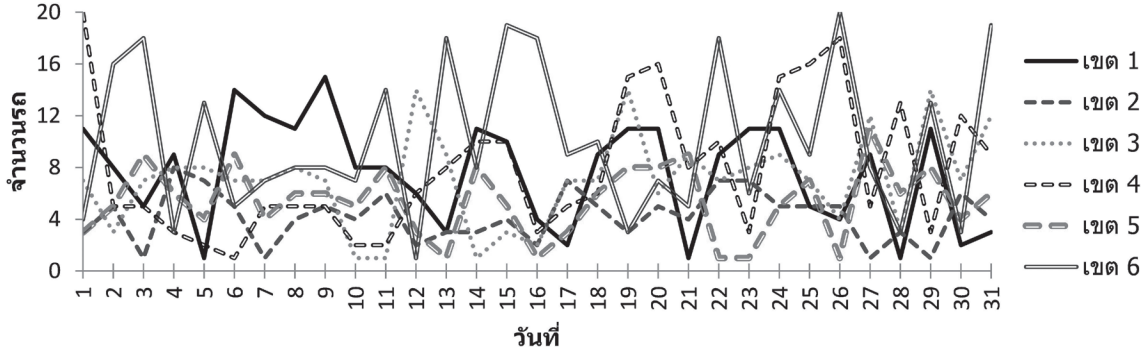
7. ผลการวิเคราะห์

การวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ความไม่แน่นอน ที่มี Chance Constraint หรือโมเดล C-PP ได้ถูกนำมาทดสอบเพื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์จากประสบการณ์ของคณะทำงานของบริษัท สยามรักษ์ โลจิสติกส์ (ต่อไปนี้เรียกว่าโมเดล Ex-PP) แบบจำลองการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ต้นทุนต่ำที่สุด ที่พัฒนาโดย ภัทรกมล เลิศสันติ และสถาพร โอภาสานนท์ (2553) (หรือโมเดล D-PP) แบบจำลองการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ต้นทุนต่ำที่สุดภายใต้ค่าเลวร้ายที่สุด หรือ Worst-case Scenario (ต่อไปนี้เรียกว่าโมเดล W-PP) และต้นทุนค่าขนส่งต่ำที่สุดที่เป็นไปได้ (Min-PP)[1] ของการจัดสรรงานในปี พ.ศ. 2556 (เดือนมกราคม ถึงเดือนธันวาคม) ซึ่งจะทำให้สามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีวิเคราะห์ทั้งห้ารูปแบบได้อย่างชัดเจน โดยใช้ข้อมูลจริงของปี พ.ศ. 2556 ดังแสดงใน**แผนภาพที่ 6** และ**แผนภาพที่ 7** โดยสามารถสังเกตได้ว่าถึงแม้การกระจายตัวของข้อมูลความต้องการจำนวนรถและจำนวนจุดจอดจะมีความแตกต่างจากข้อมูลปี พ.ศ. 2555 แต่เมื่อพิจารณาค่าสูงสุด ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยใน**ตารางที่ 3** และ**ตารางที่ 4** แล้วจะเห็นได้ว่าค่าต่างๆ ของทั้ง 2 ปีมีความคล้ายคลึงกัน

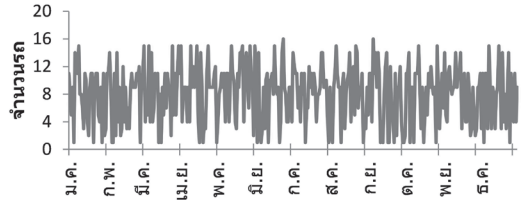
ดังนั้น ข้อมูลปี พ.ศ. 2555 จึงถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องสำหรับใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยแบบจำลอง D-PP จะใช้เฉพาะค่าเฉลี่ยของราคาน้ำมันดีเซล จำนวนจุดจอด และปริมาณความต้องการรถของแต่ละเขตมาคำนวณ แบบจำลอง W-PP จะใช้ค่าสูงสุดของราคาน้ำมันดีเซล จำนวนจุดจอด และปริมาณความต้องการรถของแต่ละเขตมาคำนวณ ส่วนแบบจำลอง C-PP จะนำเอาทั้งค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนมาคำนวณโดยใช้สมมติฐานว่าตัวแปรสุ่มทุกตัวมีการแจกแจงแบบปกติ และ $\eta_C = \eta_D = 95\%$

[1] ซึ่งเปรียบเสมือนว่านักวิเคราะห์สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้อย่างแม่นยำ โดยผลลัพธ์ต้นทุนค่าขนส่งต่ำที่สุดคำนวณจากข้อมูลปี พ.ศ. 2556 โดยตรงบนพื้นฐานของ Scenario Enumeration

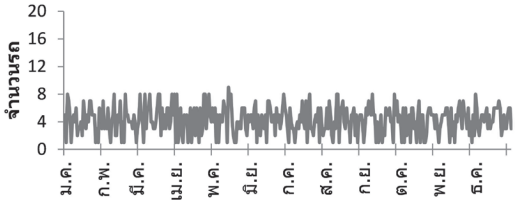
แผนภาพที่ 6: จำนวนรถที่ต้องการของปี พ.ศ. 2556



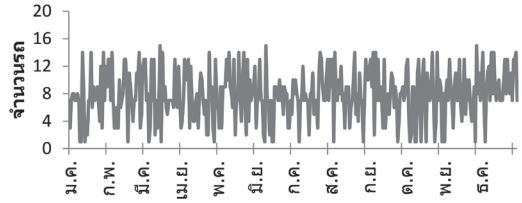
ก) จำนวนรถที่ต้องการของทุกเขตในเดือนมกราคม



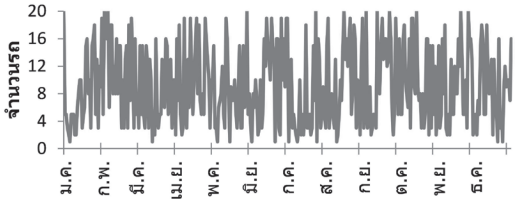
ข) เขต 1



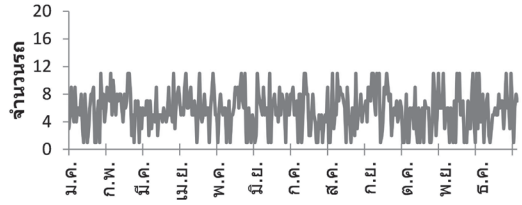
ค) เขต 2



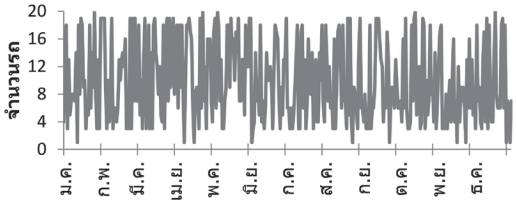
ง) เขต 3



จ) เขต 4

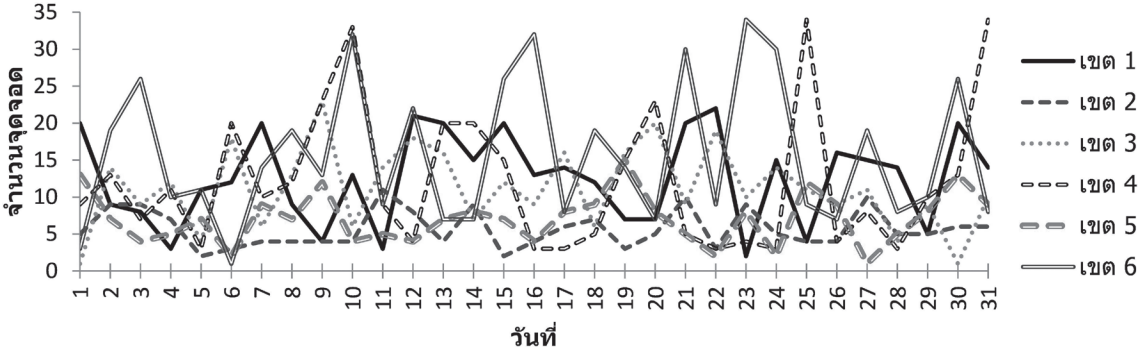


ฉ) เขต 5

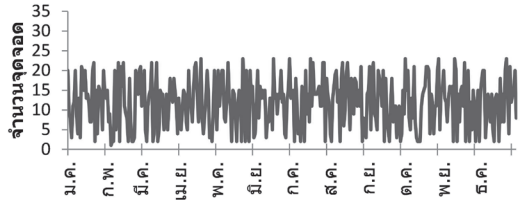


ช) เขต 6

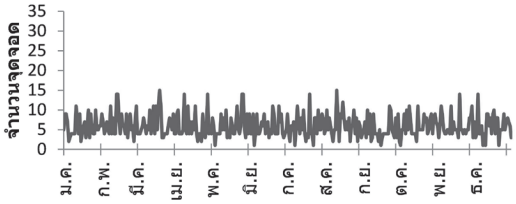
แผนภาพที่ 7: จำนวนจุดจอดของปี พ.ศ. 2556



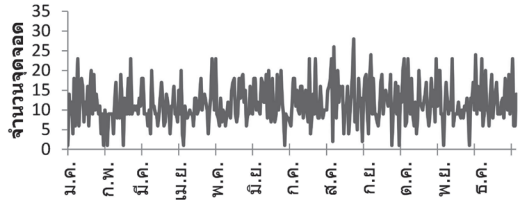
ก) จำนวนจุดจอดของทุกเขตในเดือนมกราคม



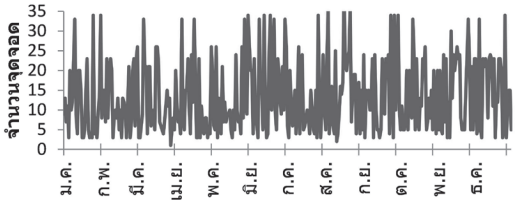
ข) เขต 1



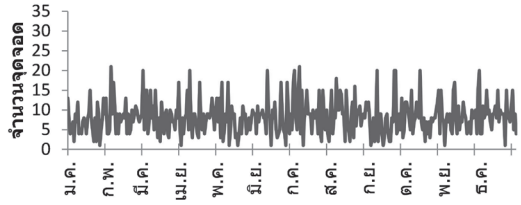
ค) เขต 2



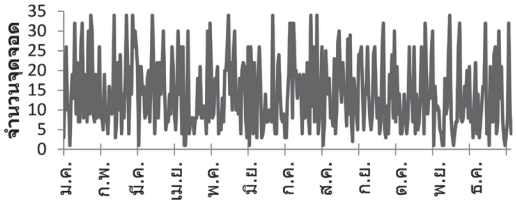
ง) เขต 3



จ) เขต 4



ฉ) เขต 5



ช) เขต 6

ตารางที่ 3: สรุปจำนวนรถที่ต้องการในแต่ละเขตของปี พ.ศ. 2556

จำนวนรถ	เขต 1	เขต 2	เขต 3	เขต 4	เขต 5	เขต 6
ต่ำสุด	1	1	1	1	1	1
สูงสุด	16	9	15	20	11	20
เฉลี่ย	9	4	8	10	6	11

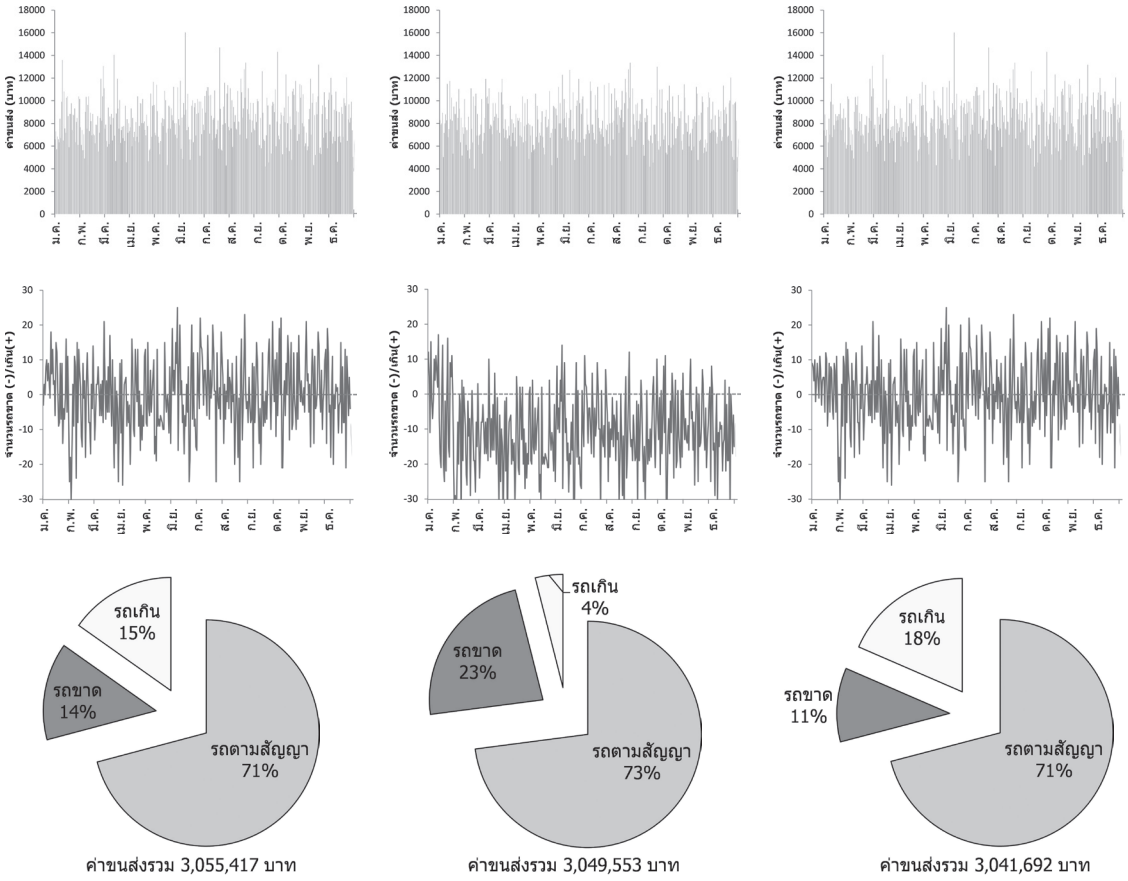
ตารางที่ 4: สรุปจำนวนจุดจอดที่ต้องการในแต่ละเขตของปี พ.ศ. 2556

จำนวนจุดจอด	เขต 1	เขต 2	เขต 3	เขต 4	เขต 5	เขต 6
ต่ำสุด	1	1	1	1	1	1
สูงสุด	23	15	24	34	21	34
เฉลี่ย	13	7	12	14	8	14

จากการสังเกตค่าขนส่งของแต่ละแบบจำลอง ดังแสดงใน**แผนภาพที่ 8** และ**ตารางที่ 5** พบว่า แบบจำลองทั้งหมดให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน โดยแบบจำลอง Ex-PP, D-PP และ W-PP ให้ผลลัพธ์ค่าขนส่งรวมที่ใกล้เคียงกัน โดยมีผลต่างต่ำกว่าร้อยละ 5 โดยแบบจำลอง Ex-PP ยังคงให้สัดส่วนค่าขนส่งคล้ายกับค่าของปี พ.ศ. 2555 โดยค่าใช้จ่ายที่เกิดจากจำนวนรถที่ขาดและเกินคิดเป็นร้อยละ 29 ทั้งนี้ แบบจำลอง D-PP ที่ใช้ค่าเฉลี่ยเพียงอย่างเดียวส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดรถเป็นจำนวนมาก ในขณะที่แบบจำลอง W-PP กลับประสบปัญหาการมีรถเผื่อไว้เป็นจำนวนมากเกินไป เนื่องจากเป็นการนำค่าความต้องการรถที่สูงที่สุดมาคำนวณ

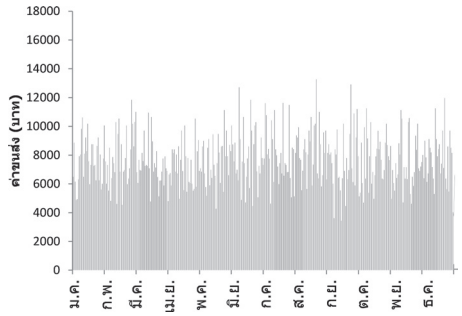
สำหรับแบบจำลอง C-PP ที่ได้ถูกพัฒนาในงานวิจัยนี้ จะให้ค่าขนส่งที่ถูกที่สุด เมื่อเทียบกับแบบจำลอง Ex-PP, D-PP และ W-PP โดยให้ค่าต่ำกว่าผลที่ได้จากแบบจำลองทั้ง 3 มากกว่า 3 แสนบาท หรือประมาณร้อยละ 10 เนื่องจากแบบจำลอง C-PP ได้พิจารณาข้อมูลของความไม่แน่นอนผ่านรูปแบบการแจกแจงของค่าน้ำมันเชื้อเพลิง จำนวนจุดจอด และอุปสงค์ของผู้ค้ารายย่อย โดยนำค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนมาประกอบในการคำนวณดังแสดงในสมการ (16) และ (17) ทำให้สัดส่วนค่าขนส่งที่เกิดจากจำนวนรถที่ขาดหรือเกินต่ำ และเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง Min-PP แล้ว แบบจำลอง C-PP ให้ผลใกล้เคียงกับแบบจำลอง Min-PP มากที่สุด โดยมีความแตกต่างกันประมาณ 1.6 แสนบาท หรือประมาณร้อยละ 6

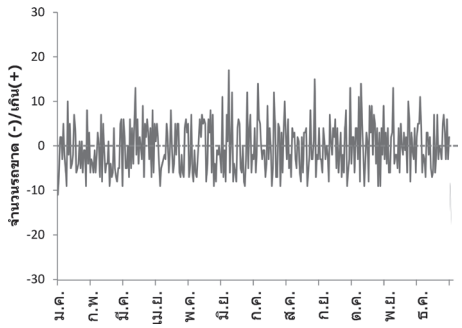
แผนภาพที่ 8: ค่าขนส่งของแต่ละแบบจำลอง

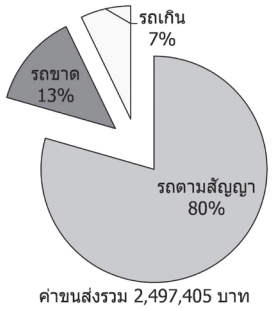


ก) แบบจำลอง Ex-PP ข) แบบจำลอง D-PP ค) แบบจำลอง W-PP

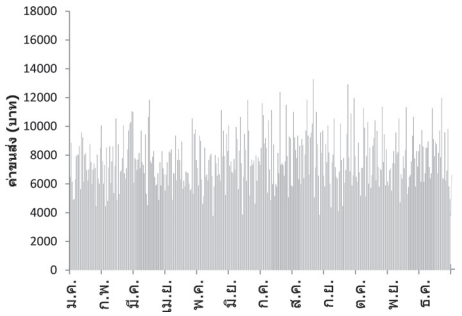
แผนภาพที่ 8: ค่าขนส่งของแต่ละแบบจำลอง (ต่อ)

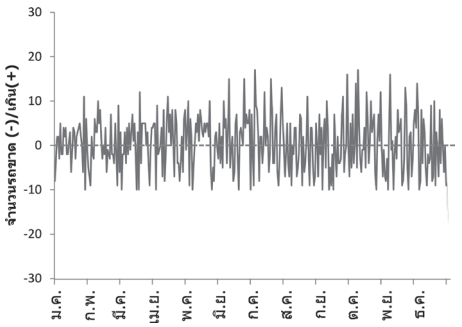


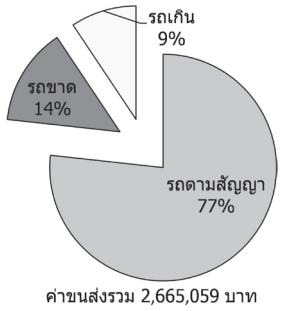




ง) แบบจำลอง Min-PP







จ) แบบจำลอง C-PP

ตารางที่ 5: สรุปค่าใช้จ่ายและจำนวนรถขาด/เกินรายวันของแต่ละแบบจำลอง

แบบจำลอง	ค่าขนส่ง			จำนวนรถขาด			จำนวนรถเกิน		
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย
Ex-PP	16030	4207	8371.01	31	1	8.97	25	1	8.81
D-PP	13360	4023	8124.80	42	1	14.70	17	1	5.79
W-PP	16023	4197	8352.58	31	1	8.89	25	1	8.70
Min-PP	13002	3435	7099.97	11	1	4.81	17	1	5.14
C-PP	13297	3770	7310.54	11	1	5.12	18	1	5.82

งานวิจัยนี้ยังศึกษาถึงผลกระทบของระดับความเชื่อใจ η_C และ η_D โดยสมมติให้ $\eta_C = \eta_D$ เมื่อ $\eta_C = \eta_D = 50\%$ แบบจำลอง C-PP ให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับแบบจำลอง D-PP ดังแสดงใน**แผนภาพที่ 9** เนื่องจากเมื่อ $\eta_C = \eta_D = 50\%$ แปลว่าความไม่แน่นอนต่างๆ ไม่ได้ถูกพิจารณา ส่งผลให้สมการ (16) เปลี่ยนเป็น

$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_{ij} E\left[C_{ij}\right] \le \gamma \qquad (18)$$

ซึ่งมีค่าเท่ากับการใช้ค่าเฉลี่ยในการคำนวณในลักษณะเดียวกับสมการ (1) ดังนี้

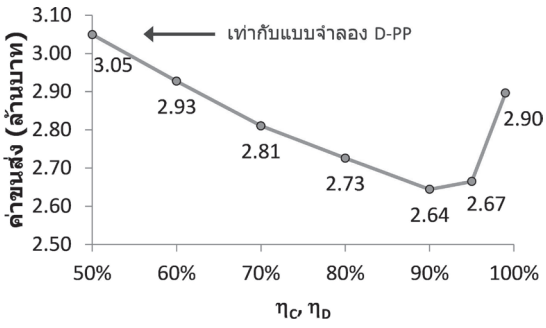
$$\sum_{i\in I}\sum_{j\in J} x_{ij} c_{ij} \le \gamma \qquad (19)$$

ส่วนสมการ (17) จะเปลี่ยนเป็น

$$E\left[D_j\right] \le \sum_{i\in I} x_{ij}, \forall j \in J$$
$$\sum_{i\in I} x_{ij} = d_j, \quad \forall j \in J \qquad (20)$$

ซึ่งก็คือสมการ (2) ของแบบจำลอง D-PP นั่นเอง เมื่อค่า η_C และ η_D สูงขึ้น ค่าการขนส่งต่ำลง โดยมีจุดต่ำสุดอยู่ที่ $\eta_C = \eta_D = 90\%$ และหลังจาก $\eta_C = \eta_D = 90\%$ ค่าขนส่งขยับขึ้นไปในทิศทางที่ใกล้เคียงกับผลจากแบบจำลอง W-PP ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่าค่าความเชื่อมั่น η_C และ η_D ที่สูง ไม่ได้ส่งผลให้มีค่าขนส่งต่ำที่สุดเสมอไป ในทางตรงกันข้าม ค่า η_C และ η_D ที่สูง จะทำให้เกิดค่าขนส่งที่สูงขึ้นด้วย เนื่องจากเกิดค่าใช้จ่ายส่วนเกินจากการใช้จำนวนรถเกินความจำเป็น

แผนภาพที่ 9: ผลของระดับความเชื่อมั่นต่อผลลัพธ์ของ C-PP



8. บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้เสนอแบบจำลองการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ความไม่แน่นอน เพื่อเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจของบริษัทผู้ให้บริการโลจิสติกส์ของไทย สำหรับการจัดสรรงานให้แก่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอก (Outsource) ภายใต้ความไม่แน่นอนทั้งทางด้านอุปสงค์และอุปทาน แบบจำลองที่เสนอได้ทำการประยุกต์ Chance Constrained Stochastic Mathematical Programming เข้ากับแบบจำลองการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ต้นทุนต่ำที่สุดที่เสนอโดย ภัทรกมล เลิศสันติ และสถาพร โอภาสานนท์ (2553) โดยความไม่แน่นอนต่างๆ ถูกรวบรวมไว้อยู่ในสมการข้อจำกัด (Constraints) ที่พิจารณาการแจกแจง (Probability Distribution) ค่าเฉลี่ย ความแปรปรวน และระดับความเชื่อมั่น (ความเสี่ยง หรือ Risk Preference) ซึ่งหลักการคำนวณของแบบจำลองที่นำเสนอสามารถทำได้เช่นเดียวกับแบบจำลองการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ต้นทุนต่ำที่สุด

จากผลการวิเคราะห์พบว่า แบบจำลองที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้สามารถลดต้นทุน และยังสามารถคงระดับการให้บริการภายใต้ความไม่แน่นอนได้ เมื่อเปรียบเทียบกับ Deterministic Mathematical Programming, Deterministic Mathematical Programming under the Worst-case Scenario และรูปแบบการตัดสินใจทั่วไปที่ใช้ในปัจจุบัน ภายใต้เงื่อนไขที่ระดับความเชื่อมั่นที่แตกต่างกันให้ต้นทุนที่ต่างกัน โดยที่แบบจำลองสามารถเสนอค่าขนส่งรายเดือนที่ต่ำที่สุด จากการที่ค่าใช้จ่ายส่วนเกินที่เกิดจากจำนวนรถที่ขาดหรือเกินลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อระดับความเชื่อมั่นลดลงอยู่ที่ร้อยละ 50 ซึ่งไม่พิจารณาความไม่แน่นอน แบบจำลองที่นำเสนอจะให้ผลลัพธ์เช่นเดียวกับแบบจำลองการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ต้นทุนต่ำที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความครอบคลุมที่กว้างกว่าเมื่อเทียบกับการพิจารณาบนสมมติฐานที่ทุกอย่างมีความแน่นอนเพียงอย่างเดียว

สำหรับการนำแบบจำลองการจัดสรรงานแก่ผู้ใช้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ความไม่แน่นอนไปประยุกต์ใช้ ผู้ประกอบการควรดำเนินการ ดังนี้

- จัดเก็บข้อมูลอุปสงค์และอุปทานจำนวนรถขนส่งสินค้าที่ต้องการในเขตต่างๆ และค่าขนส่งที่จะใช้ในการคำนวณ ให้มีปริมาณหรือทิศทางที่ใกล้เคียงกับจำนวนรถขนส่งสินค้าที่ต้องการในช่วงเวลาที่ต้องการวิเคราะห์ ทั้งนี้การตัดสินใจใช้ข้อมูลในช่วงเวลาใดขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของแต่ละผู้ประกอบการ

- กำหนดการแจกแจงของความไม่แน่นอนของจำนวนรถที่ต้องการ และค่าขนส่ง โดยทั่วไปหากเป็นการแจกแจงปกติ (Normal Distribution) ผู้ประกอบการต้องคำนวณหาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของอุปสงค์และอุปทานจำนวนรถขนส่งสินค้า และสามารถใช้สมการ (15) ถึง (17) ได้โดยตรง แต่หากการแจกแจงมิได้เป็นแบบการแจกแจงปกติ จะต้องมีการปรับสมการดังกล่าวตามการแจกแจงนั้นๆ (Philippe, 2006)

- กำหนดระดับความเสี่ยงหรือระดับความเชื่อมั่นที่ใช้ในแบบจำลอง ซึ่งขึ้นอยู่กับนโยบายของแต่ละผู้ประกอบการ โดยระดับความเชื่อมั่นที่สูงอาจจะไม่ส่งผลให้เกิดต้นทุนที่ต่ำที่สุด แต่จะเป็นการลดความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดต้นทุนที่สูงกว่าระดับความเชื่อมั่นที่ต่ำกว่า ทั้งนี้ สมการ (15) ถึง (17) ต้องมีการปรับเปลี่ยนตามระดับความเชื่อมั่นและรูปแบบของการแจกแจง (Philippe, 2006; Lo et al., 2006)

- คำนวณหาผลลัพธ์จากสมการ (10) ถึง (14) โดยผู้ประกอบการสามารถใช้ซอฟท์แวร์สำหรับใช้แก้ปัญหา Mathematical Programming ทั่วไป อาทิ Microsoft Excel Solver ในการวิเคราะห์

สำหรับงานวิจัยในอนาคต คณะผู้วิจัยจะทำการทดสอบการแจกแจงแบบต่างๆ และความสัมพันธ์ (Correlation) ของความไม่แน่นอน ซึ่งมีผลกระทบต่อค่าขนส่งทั้งสิ้น ทั้งนี้ รูปแบบการพิจารณาความไม่แน่นอนที่เสนอในงาน

ศึกษานี้อาจจะไม่เหมาะสมในบางโอกาส เช่น ความไม่แน่นอนที่มีการแจกแจงแบบหางยาว (Fat Tail) ที่อาจทำให้เกิดการขาดทุนที่สูงมาก คณะผู้วิจัยอาจทดสอบด้วยแบบจำลองที่ผนวกกับ Conditional Value-at-Risk (CVaR) (Rockafellar and Uryasev, 2002) เพื่อพัฒนาแบบจำลองต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จิระเดช ดิษฐอำไพ, บุญศิริ ลิ่มสกุล, เสกสรร สุธรรมานนท์ และนิกร ศิริวงศ์ไพศาล. (2549). การศึกษาตัวแบบการกระจายสินค้าในจังหวัดสุราษฎร์ธานี. ใน**การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 6**.

ภัทรกมล เลิศสันติ และสถาพร โอภาสานนท์. (2553). การจัดสรรงานแก่ผู้ให้บริการขนส่งภายนอกภายใต้ต้นทุนต่ำที่สุด. **วารสารจุฬาลงกรณ์ธุรกิจปริทัศน์**, *125,* หน้า 91-106.

ตลาดขนส่งออนไลน์. ค้นเมื่อ 21 สิงหาคม 2556, จาก http://www.dxplace.com./

สถาพร โอภาสานนท์. (2550, 1 ตุลาคม). ธุรกิจบริการโลจิสติกส์ภายใต้การดำเนินงานของรัฐ กรณี ร.ส.พ. **วารสารพาณิชยศาสตร์บูรพาปริทัศน์**, *3(1),* หน้า 44-60.

สถาพร โอภาสานนท์. (2555). การเพิ่มศักยภาพโลจิสติกส์ไทย เพื่อเข้าสู่ AEC. **นิตยสาร K Connect**, *8(29),* หน้า 29-32.

Aboudi, R., Hallefjord, A., Helgesen, C., Helming, R., Jornsten, K., Pettersen, A.S., Raum, T. & Spence, P. (1989). A mathematical programming model for the development of petroleum fields and transport systems. **European Journal of Operational Research, Amsterdam**, *43(1),* 13-25.

Bhatia, H. L., Swarup, K. & Puri, M. C. (1977). A procedure for time minimization transportation problem. **Indian Journal of Pure and Applied Mathematics**, *8(8)*, 920-929.

Charnes, A. & Cooper, W.W. (1959). Chance-constrained programming. **Management science**, *6(1),* 73-79.

Dantzig, G. B. (1951). Application of the simplex method to a transportation problem: in T.C. Koopmans (ed.) **Activity Analysis of Production and Allocation**, John Wiley & Sons, New York, 359-373.

Grant, D. D., Lambert, D. M., Stock, J. R. & Ellram, L. M. (2006). **Fundamental of Logistics Management**. Singapore: McGraw-Hill, Inc.

Hammer, P. L. (1969). Time-minimizing transportation problems. **Naval Research Logistics Quarterly**, *16*, 345-357.

Hill, S. (1994). Logistics takes new road. **International Journal of Manufacturing Systems**, November, 28-32.

Hitchcock, F. L. (1941). The distribution of a product from several sources to numerous localities. **Journal of Mathematical Physics**, *20,* 224-230.

Johnson, D. S., Demers, A., Ullman, J. D., Garey, M. R. & Graham, R. L. (1974). Worst-case performance bounds for simple one-dimensional packing algorithms. **SIAM Journal on Computing**, *3(4),* 299-325.

Lieb, R. C. (1992). The use of third-party logistics services by large American manufacturers. **Journal of Business Logistics**, *13(2),* 29-42.

Lindberg, N. & Nordin, F. (2008). From products to services and back again: Towards a new service procurement logic. **Journal of Industrial Marketing Management**, *37(3),* 292-300.

Lo, H.K., Luo, X.W. & Siu, B.W. (2006). Degradable transport network: travel time budget of travelers with heterogeneous risk aversion. **Transportation Research Part B**, *40(9),* 792-806.

Philippe, J. (2006). **Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk** *(3rd edition).* McGraw-Hill.

Rabinovich, E., Windle, R., Dresner, M. & Corsi, T. (1999). Outsourcing of integrated logistics functions: An examination of industry practices. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, *29(6)*, 353-373.

Razzaque, M. R. & Sheng, C. C. (1998). Outsourcing of logistics functions: A literature survey. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, *28(2)*, 89-107.

Reeb, J. E. & Leavengood, S. (2002). **Transportation problem: A special case for linear programming problems**. Extension Service EM 8779, Oregon State University, 35 pp.

Rockafellar, R.T. & Uryasev, S. (2002). Conditional value-at-risk for general loss distributions. **Journal of Banking & Finance**, *26(7)*, 1443-1471.

Sharma, J. K. & Swarup, K. (1977). Time minimizing multidimensional transportation problem. **Journal of Engineering Productions**, *1,* 121-129.

Sreenivas, M. & Srinivas, T. (2008). Probabilistic transportation problem. **International Journal of Statistics and Systems**, *3(1)*, 83-89.

Weiner, S. A. (2013). Overview: The Role of Information Policy in Resolving Global Challenges. **Global Policy Research Institute (GPRI) Policy Briefs**, *1(1)*, 6.

Williams, A. C. (1963). A stochastic transportation problem. **Journal of Operations Research**, *11(5),* 759-770.

Wong, R. T. (1980). Worst-case analysis of network design problem heuristics. **SIAM Journal on Algebraic Discrete Methods**, *1(1)*, 51-63.