



การวิเคราะห์หาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม จากกำหนดการเชิงเส้น

พิพัฒน์ คมคาย^{1*}, ไพโรจน์ ไร้อรรถกุล², ณกร อินทร์พยอม²

¹ บัณฑิตศึกษา สาขาการจัดการขนส่งและโลจิสติกส์ คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

² คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี 20131

โทร 0-3810-2222 ต่อ 3100-3103 โทรสาร 0-3839-3231 E-mail pairoj.iang@gmail.com,

nakorn.ii@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจ โดยที่ตัวแปรการตัดสินใจมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงทั้งหมด งานวิจัยนี้พิจารณาทางเลือกที่เป็นไปได้ของวิธีการกระจายสินค้าของบริษัทปูนซีเมนต์ ABC ออกเป็น 9 รูปแบบ ซึ่งระบบการกระจายสินค้าประกอบด้วย โรงงานผลิต 1 แห่ง ส่งสินค้าปูนซีเมนต์ชนิดผงผ่านศูนย์กระจายสินค้าที่มีอยู่แล้ว 3 แห่ง ให้กับลูกค้า 17 จังหวัดในภาคเหนือของประเทศไทย รูปแบบทางเลือกที่ดีที่สุดจะพิจารณาจากทางเลือกที่ให้ผลลัพธ์ของต้นทุนทั้งระบบที่ต่ำที่สุด โดยต้นทุนที่พิจารณาประกอบด้วยต้นทุนสินค้าคงคลัง ต้นทุนการขนส่ง และต้นทุนการให้บริการลูกค้า ผลการวิจัยจากแบบจำลองจากกำหนดการเชิงเส้น พบว่าการมีศูนย์กระจายสินค้า 3 แห่งเพื่อกระจายสินค้าตามเดิมสำหรับการเก็บสินค้าเผื่อขาดที่ระดับ 85 % มีความเหมาะสมในเรื่องของต้นทุนทั้งระบบต่ำที่สุดเมื่อทำการออฟติไมเซชัน

คำสำคัญ: ศูนย์กระจายสินค้า; การกระจายสินค้า; กำหนดการเชิงเส้น; ออฟติไมเซชัน

1. ที่มาและความสำคัญ

อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ เป็นอุตสาหกรรมหลักที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เพราะปูนซีเมนต์เป็นวัตถุดิบหลักสำหรับงานก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคพื้นฐาน อาทิเช่น งานก่อสร้างถนน เขื่อน สะพาน อ่างเก็บน้ำ ตลอดจนงานก่อสร้างอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการผลิตปูนซีเมนต์เป็นอุตสาหกรรมหนักที่ต้องใช้ทั้งเทคโนโลยีและเงินทุนจำนวนมาก ส่งผลให้การคืนทุนต้องใช้ระยะเวลานาน โดยปัจจุบันมีผู้ผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทยรวมทั้งสิ้น 8 ราย มีโรงงานผลิตปูนซีเมนต์รวม 15 แห่งทั่วประเทศ โดยตั้งอยู่ที่จังหวัดสระบุรีมากที่สุดจำนวน 8 แห่ง

จากสภาวะการแข่งขันที่รุนแรงในปัจจุบัน จากปัจจัยในด้านราคา ปริมาณ คุณภาพ ความต้องการของลูกค้าที่เปลี่ยนแปลงไป สภาวะต้นทุนการขนส่งที่สูงขึ้นจากราคาน้ำมัน และราคาขายปูนซีเมนต์ที่อยู่ภายใต้การกำกับดูแลจากรัฐบาล ทำให้ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์มีแนวโน้มที่จะทำกำไรได้ต่ำกว่าอดีตหรือขาดทุนได้ ผู้ประกอบการจึงต้องปรับเปลี่ยนกลยุทธ์เพื่อรับมือกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้ โดยจะต้องตอบสนองลูกค้าให้เกิดความพึงพอใจในระดับที่สามารถสร้างผลกำไรให้ธุรกิจสามารถอยู่รอดได้

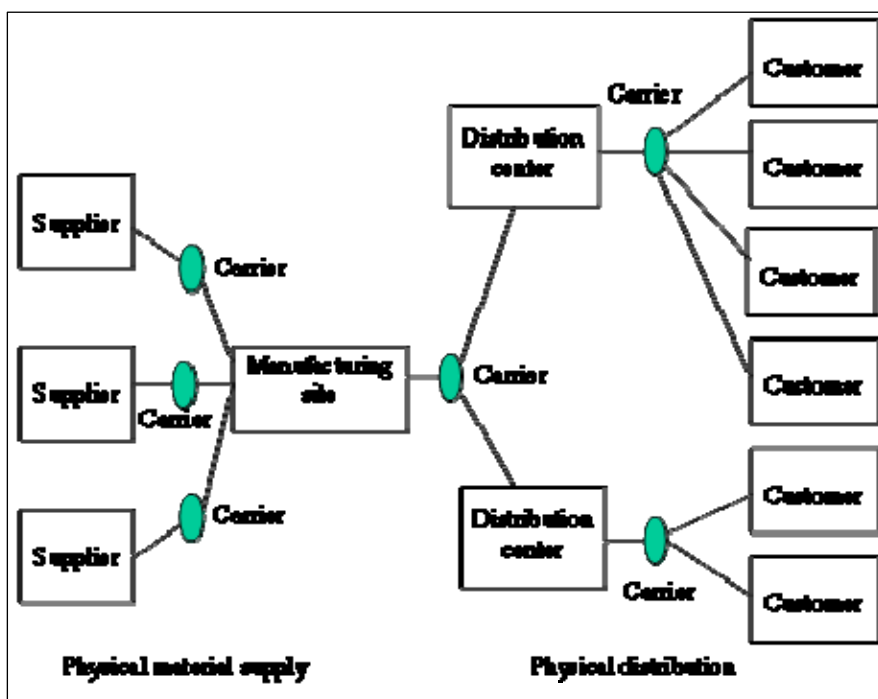


การวางแผนในการกระจายสินค้านับเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่ง เพราะเกี่ยวข้องกับการลงทุนก่อสร้างคลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้า การขนส่งสินค้า ปริมาณสินค้าคงคลัง และการตอบสนองความต้องการของลูกค้า การวางแผนกระจายสินค้าให้เหมาะสมจะช่วยลดต้นทุน และตอบสนองความต้องการลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลกระทบจากการมีศูนย์กระจายสินค้ามากเกินไปจะส่งผลให้ มีค่าใช้จ่ายการขนถ่ายซ้ำซ้อน เกิดค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการศูนย์กระจายสินค้า และสูญเสียโอกาสในการนำทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดไปใช้ในส่วนที่จำเป็นหรือให้ผลตอบแทนมากกว่า ในทางกลับกันการมีศูนย์กระจายสินค้าน้อยเกินไปก็จะทำให้ระยะทางการขนส่งไกลขึ้น ส่งผลให้ต้นทุนขนส่งสูงตามไปด้วย และอาจตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ไม่ทั่วถึง

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การกระจายสินค้า จากเครือข่ายเดิมที่มีอยู่แล้วของบริษัทปูนซีเมนต์ ABC โดยทำการวิเคราะห์หาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าที่เหมาะสมสำหรับสถานการณ์ปัจจุบัน นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางด้าน Spreadsheet เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าปูนซีเมนต์ที่เหมาะสมอีกด้วย

2. บทความปริทัศน์และทฤษฎีพื้นฐาน

การจัดจำหน่ายสินค้า เป็นการจัดการเชิงกลยุทธ์และเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการโลจิสติกส์ในด้านขาออกของโซ่อุปทาน ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อกระจายสินค้าออกสู่ตลาด เป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มในห่วงโซ่คุณค่า เนื่องจากก่อให้เกิดอรรถประโยชน์จากเวลาและสถานที่ซึ่งมาจากการนำสินค้าที่ผลิตเสร็จแล้วไปส่งยังลูกค้าในเวลาที่คุณค้าต้องการ ซึ่งการจัดจำหน่ายสินค้าจึงต้องเกี่ยวข้องกับต้นทุนในการจัดส่งสินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า (Stock and Lambert, 2001)



รูปที่ 1: การไหลผ่านของวัตถุดิบและสินค้าในโซ่อุปทาน (Stock and Lambert, 2001)



การขนส่งและกระจายสินค้าเป็นสิ่งสำคัญในการสร้างผลประโยชน์ให้กับบริษัทเพราะส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนของบริษัทและความพึงพอใจของลูกค้า ดังนั้น ทางเลือกในการออกแบบโครงข่ายสามารถพิจารณาได้หลายกรณี ดังเช่น การใช้นโยบาย (Langevin and Riopel, 2005)

- ผู้ผลิตเก็บสินค้า แล้วส่งสินค้าโดยตรงไปที่ลูกค้า
- ผู้ผลิตเก็บสินค้า แล้วส่งสินค้าผ่านจุดรับสินค้า
- ตัวแทนขนส่งเดียวเก็บสินค้าและทำการขนส่ง
- ตัวแทนขนส่งกระจายอยู่ใกล้กลุ่มลูกค้า เก็บสินค้าแล้วส่งสินค้าโดยตรงไปที่ลูกค้า
- ผู้ผลิต/ตัวแทนขนส่งเก็บสินค้า แล้วลูกค้ามารับสินค้าเอง
- เก็บสินค้าไว้ที่ตัวแทนจำหน่าย แล้วลูกค้ามารับสินค้าเอง

สังเกตได้ว่า แต่ละทางเลือกในการออกแบบโครงข่ายการขนส่งและกระจายสินค้า จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ทั้งในแง่ของค่าใช้จ่ายและระดับการให้บริการ โดยมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ อาทิเช่น จำนวนลูกค้าที่จะใช้บริการ ระยะทางระหว่างลูกค้าและผู้จัดจำหน่าย ปริมาณความต้องการ และระดับการให้บริการ เป็นต้น ดังนั้น จึงมีงานวิจัยในอดีตเป็นจำนวนมากที่นำเสนอการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านการกระจายสินค้า อาทิเช่น

Heskett et al. (1973) แสดงการเปรียบเทียบถึงประโยชน์หลักของกลยุทธ์ของสินค้าคงคลังแบบรวมศูนย์กลางและแบบกระจายศูนย์กลาง และยังได้แจกแจงปัจจัยที่เป็นไปได้ที่ส่งผลดีในแต่ละแบบ ดังที่งานวิจัยของ Patton (1986) ได้พิจารณาเอกสารผลการวิจัยด้านการกระจายสินค้าที่ผ่านมา ระหว่างนโยบายการรวมศูนย์กลางและการกระจายศูนย์กลาง สรุปได้ว่า การรวมศูนย์กลางทำให้ลดค่าขนส่งระหว่างโรงงานกับคลังสินค้า ช่วยพัฒนาการบริหารสินค้าคงคลัง ลดปริมาณสินค้าเผื่อขาด และเพิ่มโอกาสในการเจรจาต่อรองหาบริการขนส่งสินค้าที่ประหยัดจากขนาดได้ ส่วนการกระจายศูนย์กลางทำให้มีการเติมเต็มสินค้าได้รวดเร็ว ช่วยลดต้นทุนค่าขนส่งจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าให้ต่ำลง และมีสต็อกสินค้าพร้อมขายในการเพิ่มยอดขายได้ในทันทีที่ลูกค้าต้องการ

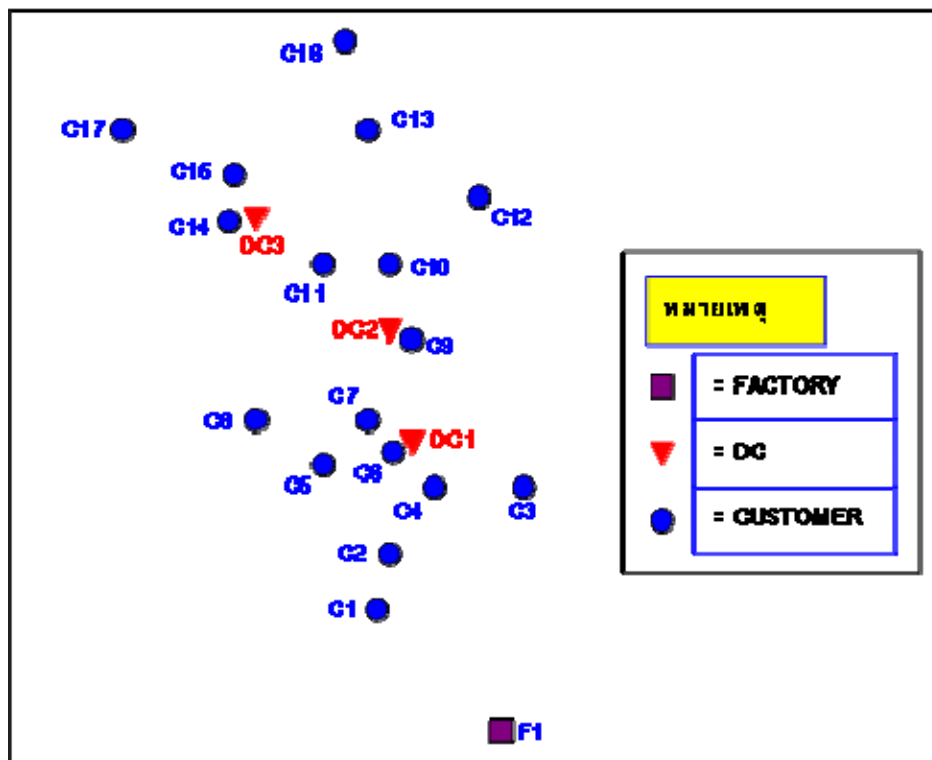
Das and Tyagi (1997) ทำการวิเคราะห์การรวมศูนย์และกระจายศูนย์ที่เหมาะสมด้วยวิธี ออพติไมซ์เซชัน โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง แบบอนุกรมหลายสมการภายใต้วัตถุประสงค์เดียว ซึ่งวัตถุประสงค์หลักของบทวิจัยเพื่อพิจารณาระดับความเหมาะสมของการรวมศูนย์กลางในมิติเชิงปริมาณที่สวนทางกัน ระหว่างต้นทุนสินค้าคงคลังกับต้นทุนการขนส่งที่ให้ต้นทุนทั้งระบบต่ำที่สุด

Nozick and Turnquist (2001) ได้ทำการวิจัยให้กับผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์ที่มีสินค้า 700 ผลิตภัณฑ์ จำหน่ายในทวีปอเมริกาโดยที่ 200 ผลิตภัณฑ์ มียอดขายต่อปีเฉลี่ย 8,000 หน่วย อีก 225 ผลิตภัณฑ์มียอดขายต่อปีเฉลี่ย 6,000 หน่วย และอีก 275 ผลิตภัณฑ์ มียอดขายต่อปีเฉลี่ย 4,000 หน่วย ทำให้มียอดขายต่อปีเฉลี่ยทั้งสิ้น 4,050,000 หน่วย เพื่อที่จะหาตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้า (Distribution center: DC) ในเชิงบูรณาการระหว่าง ต้นทุนการคลังสินค้า ต้นทุนสินค้าคงคลัง ต้นทุนการขนส่ง และ ต้นทุนการให้บริการลูกค้า ซึ่งวิธีการศึกษาได้รวมเอาแนวความคิดของทฤษฎีแถวคอย การวิเคราะห์หาทำเลที่ตั้งด้วยกำหนดการเชิงเส้นแบบศูนย์-หนึ่ง (Zero-One Linear Programing) และการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi Objectives Decision Making) มาประยุกต์รวมเข้าด้วยกัน

การนำหลักการและวิธีการต่าง ๆ เหล่านี้ มาประยุกต์ใช้จะทำให้ผู้ที่ต้องตัดสินใจหรือต้องการวางแผนกลยุทธ์สำหรับหน่วยงาน สามารถเข้าใจต้นทุนการให้บริการลูกค้าที่สวนทางกันกับต้นทุนที่เกี่ยวข้อง และสามารถหาค่าที่เหมาะสมในการตัดสินใจได้ง่ายขึ้น ดังวิธีการตามลักษณะของปัญหาที่แสดงในหัวข้อถัดไป

3. ลักษณะการกระจายสินค้าของบริษัท ABC

บริษัทปูนซีเมนต์ ABC ได้ตัดสินใจสร้างศูนย์กระจายสินค้า (DC) ปูนซีเมนต์ประเภทผง 3 แห่งในภาคเหนือของประเทศไทย เมื่อประมาณปี พ.ศ.2540 สำหรับให้บริการลูกค้าที่กระจายอยู่โดยรอบศูนย์กระจายสินค้า 14 จังหวัด แสดงดังรูปที่ 2 และระยะทางระหว่างโรงงาน DC และลูกค้า แสดงดังตารางที่ 1 และ 2 โดยโรงงาน 1 แห่งในจังหวัดสระบุรีทำหน้าที่ผลิตและป้อนสินค้าให้กับศูนย์กระจายสินค้าปูนซีเมนต์โดยทางรถไฟ เมื่อขบวนรถไฟลำเลียงสินค้ามาถึง DC พนักงานจะทำการเชื่อมต่อบรรทุกขนถ่ายปูนซีเมนต์เพื่อส่งปูนเข้าไปเก็บในไซโล แล้วส่งข้อมูลความต้องการสินค้าผ่านระบบออนไลน์ไปยัง DC ปลายทางและโรงงาน เมื่อ DC หรือโรงงานได้รับข้อมูลคำสั่งให้ออกสินค้าให้กับลูกค้าแล้ว จึงทำการปล่อยสินค้าออกจากไซโลไปยังรถบรรทุกปูนซีเมนต์แบบพ่วง ที่มีขนาดบรรทุกสุทธิ 35 ตัน (Full Truck Load, FTL) ต่อจากนั้นจึงทำการขนส่งต่อไปยังลูกค้าอีกทอดหนึ่ง หรืออาจเป็นอีกกรณีหนึ่งที่ลูกค้าจะนำรถบรรทุกมารับสินค้าเองก็ได้ จนกระทั่งลูกค้าได้รับสินค้าครบตามใบส่งสินค้า เป็นอันจบขั้นตอนกระบวนการจัดส่งสินค้า



รูปที่ 2: เครือข่ายการกระจายสินค้าในภาคเหนือ ของบริษัทปูนซีเมนต์ ABC

จากปริมาณความต้องการของลูกค้าปูนซีเมนต์ผ่าน DC บางแห่งของบริษัทการศึกษา ABC พบว่า ปริมาณความต้องการมีความผันผวนค่อนข้างสูง แต่บาง DC มีแนวโน้มที่ลดลงมากจนเกิดข้อสงสัยว่าเมื่อสภาวะแวดล้อมทางธุรกิจเปลี่ยนไป อาทิ ตำแหน่งและปริมาณความต้องการของลูกค้าเปลี่ยนแปลง ค่าใช้จ่ายในการขนส่งมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ค่าใช้จ่ายในด้านสินค้าคงคลังเปลี่ยนแปลงและนโยบายระดับการให้บริการลูกค้าเปลี่ยนแปลง เป็นต้น



ตารางที่ 1: ระยะทางระหว่างโรงงาน ศูนย์กระจายสินค้าและลูกค้าซึ่งกระจายสินค้าโดยรถบรรทุก

สถานที่	ศูนย์กระจายสินค้า; DC (หน่วย- กม.)			
	F1	DC1	DC2	DC3
F1	0	334	435	634
C1	193	171	281	472
C2	214	130	240	430
C3	232	182	283	482
C4	288	60	170	381
C5	330	101	171	317
C6	334	5*	110	321
C7	391	61	91	278
C8	397	148	172	253
C9	435	110	10*	221
C10	490	177	77	167
C11	559	246	146	77
C12	604	291	191	285
C13	633	320	220	169
C14	634	321	221	15*
C15	662	349	248	34
C16	727	414	314	214
C17	873	560	459	241
ระยะทางรวม	7,996	3,985	3,849	4,996

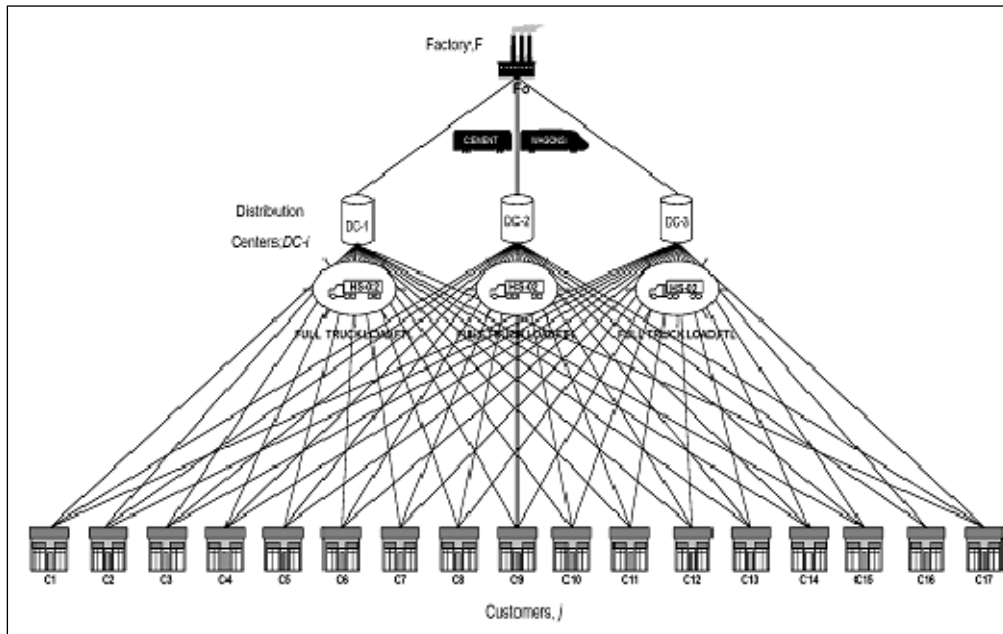
หมายเหตุ: 1. กำหนดให้อำเภอเมืองในแต่ละจังหวัดเป็นจุดศูนย์รวมของความต้องการสินค้า
2. *ระยะทางโดยประมาณระหว่างที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้าและอำเภอเมืองคำนวณโดยใช้โปรแกรมออนไลน์ Map server ของกรมทางหลวง (กรมทางหลวง, 2550)

ตารางที่ 2: ข้อมูลการขนส่งปูนซีเมนต์ทางรถไฟจากโรงงานไปยังศูนย์กระจายสินค้า

DC	ศูนย์กระจายสินค้า	ระยะทางจากโรงงาน (กม.)	ช่วงเวลานำ (วัน)	ค่าระวาง (บาท/ ตัน)
DC1	พิษณุโลก	346	2	272
DC2	อุตรดิตถ์	452	3	349
DC3	ลำพูน	693	5	511

ที่มา: แหล่งข้อมูลบริษัทปูนซีเมนต์ ABC

ในภาวะความผันผวนและการแข่งขันทางการค้าที่รุนแรง ทำให้แนวโน้มในด้านผลประกอบการมีทิศทางที่ลดต่ำลง การที่บริษัทปูนซีเมนต์ ABC มีจำนวนศูนย์จ่ายสินค้า 3 แห่ง อาจเป็นจำนวนที่ไม่เหมาะสมในภาวะปัจจุบัน ซึ่งอาจเป็นภาระในการบริหารจัดการ เพราะจำนวนและตำแหน่งที่ตั้งอาจมากเกินไปจนเกิดการซ้ำซ้อนในพื้นที่ที่ให้บริการ หรืออาจมีน้อยเกินไปไม่เพียงพอต่อการรองรับความต้องการของลูกค้าได้ ดังนั้นปัญหาในการวิจัยครั้งนี้ คือจำนวนศูนย์กระจายสินค้าของบริษัทปูนซีเมนต์ ABC ที่มีอยู่แล้ว 3 แห่งในภาคเหนือของประเทศไทย แสดงดังรูปที่ 3 เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันหรือไม่



รูปที่ 3: ระบบการกระจายสินค้าในภาคเหนือ ของบริษัทปูนซีเมนต์ ABC

4. แบบจำลองการกระจายสินค้า

4.1. ทางเลือกวิธีการกระจายสินค้า

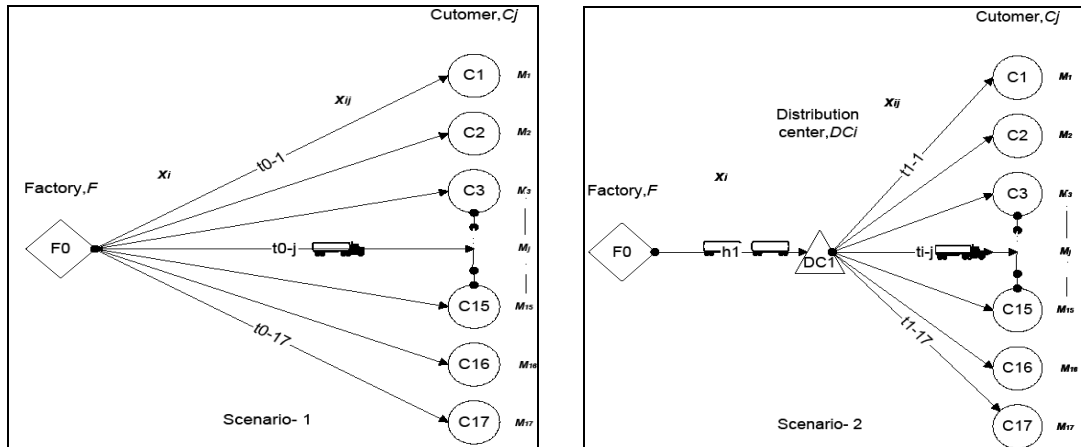
งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม โดยที่ตัวแปรการตัดสินใจมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงทั้งหมด และทำการวิเคราะห์ต้นทุนรวมในการจัดส่งสินค้าจากโรงงานผลิต 1 แห่ง ผ่านเครือข่ายศูนย์กระจายสินค้าของบริษัท ที่มีอยู่แล้ว 3 แห่ง ให้ครอบคลุมลูกค้าในพื้นที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า 3 แห่ง และลูกค้าที่กระจายอยู่โดยรอบอีก 14 แห่ง รวมเป็นลูกค้าทั้งสิ้น 17 แห่ง ผู้วิจัยได้แจกแจงทางเลือกวิธีการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า ของบริษัทปูนซีเมนต์ ABC ที่เป็นไปได้ 9 ทางเลือก (Scenarios) ดังต่อไปนี้

- ทางเลือกที่ 0 การจ่ายปูนซีเมนต์ตามรูปแบบและพฤติกรรมเดิม คือ การจัดส่งผ่าน DC1, DC2, DC3 โดยไม่มีการอพยพสินค้าเซชันหาต้นทุนในการจัดส่งที่ต่ำที่สุด
- ทางเลือกที่ 1 การจัดส่งโดยตรงจากโรงงาน (Direct Shipment)
- ทางเลือกที่ 2 การจัดส่งผ่าน DC1 (ไม่มี DC2, DC3)
- ทางเลือกที่ 3 การจัดส่งผ่าน DC2 (ไม่มี DC1, DC3)
- ทางเลือกที่ 4 การจัดส่งผ่าน DC3 (ไม่มี DC1, DC2)
- ทางเลือกที่ 5 การจัดส่งผ่าน DC1, DC2 (ไม่มี DC3)

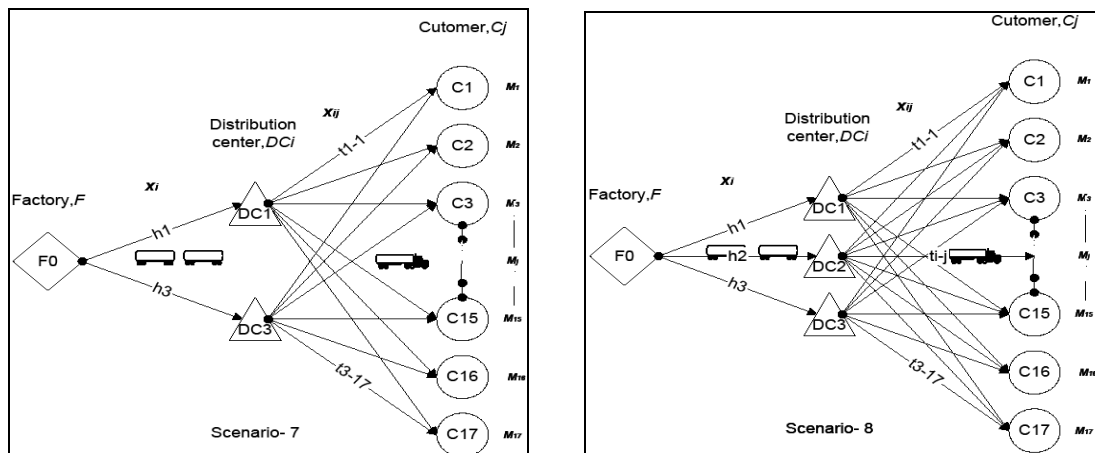


- ทางเลือกที่ 6 การจัดส่งผ่าน DC1, DC3 (ไม่มี DC2)
- ทางเลือกที่ 7 การจัดส่งผ่าน DC2, DC3 (ไม่มี DC1)
- ทางเลือกที่ 8 การจัดส่งผ่าน DC1, DC2 และ DC3

ตัวอย่างรายละเอียดทางเลือกแสดงดังรูปที่ 4 และ 5 ตามลำดับ การสมมติให้มีการจ่ายสินค้าโดยตรงจากโรงงานโดยไม่ต้องผ่าน DC ไปยังลูกค้า สำหรับทางเลือกที่ 1 และการจ่ายสินค้าจากโรงงานผ่านเฉพาะ DC1 ไปยังลูกค้าสำหรับทางเลือกที่ 2



รูปที่ 4: แบบจำลองการจัดส่งปูนซีเมนต์ทางเลือกที่ 1 และ 2



รูปที่ 5: แบบจำลองการจัดส่งปูนซีเมนต์ทางเลือกที่ 7 และ 8

4.2. การพัฒนาแบบจำลองปัญหาในรูปแบบของกำหนดการเชิงเส้น

เพื่อที่จะวิเคราะห์ปัญหาการจัดจำหน่ายสินค้าปูนซีเมนต์ตามทางเลือกที่เป็นไปได้ จากปัจจัยต้นทุนที่เกี่ยวข้องโดยมีวัตถุประสงค์การวิเคราะห์ที่ต้นทุนรวมทั้งระบบต่ำที่สุด ผู้วิจัยได้ยึดแนวทางการศึกษาตามแบบจำลองของ Das and Tyagi (1997) และ Nozick and Turnquist (2001) มาพัฒนาเพิ่มเติม และจัดกลุ่มให้สอดคล้องกับแนวทางของผู้วิจัยทำให้ได้แบบจำลองปัญหาใหม่ แต่อยู่ภายใต้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เดิมดังต่อไปนี้



- ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

$$\min z = \text{Aggregate}[TC + OC + CC + SSC + SC] \quad (1)$$

- ภายใต้เงื่อนไขบังคับ

$$\sum_j x_{ij} = 1, \quad \forall j \quad \text{เมื่อ } j \text{ มีค่าตั้งแต่ } 1,2,\dots,17. \quad (2)$$

$$x_{ij} \in (0, 1), \quad \forall i, j \quad \text{เมื่อ } i \text{ มีค่าตั้งแต่ } 1,2,3 \text{ (} n=3 \text{)} \quad (3)$$

$$x'_{ij} \in (0, 1), \quad \forall i, j \quad (4)$$

$$(x_{ij} + x'_{ij}) = 1 \quad \forall i, j \quad (5)$$

$$\sum_i x_i \leq n + f \quad (6)$$

$$x_i \in (0, 1), \quad \forall i \quad (7)$$

โดยที่ TC คือ ต้นทุนการขนส่งรวม (Aggregate Transportation Cost)

OC คือ ต้นทุนการสั่งซื้อรวม (Aggregate Ordering Cost)

CC คือ ต้นทุนการถือครองสินค้ารวม (Aggregate Carrying Cost)

SSC คือ ต้นทุนการเก็บสินค้าเผื่อขาดรวม (Aggregate Safety Stock Cost)

SC คือ ต้นทุนการสูญเสียโอกาสรวม (Aggregate Shortage Cost)

n คือ จำนวน DC (ในงานวิจัยนี้ $n=3$)

f คือ จำนวน โรงงาน (ในงานวิจัยนี้ $f=1$)

$x_{ij} = 1$ ถ้า DC ที่ i ถูกเลือกให้ส่งสินค้าโดยลูกค้าที่ j ; 0 เมื่อไม่ถูกเลือก

$x_i = 1$ ถ้า DC ที่ i ถูกเลือกให้บริการลูกค้า, 0 เมื่อไม่ได้บริการลูกค้า

$x'_{ij} = 1$ ถ้า DC ที่ i ไม่สามารถครอบคลุมความต้องการที่ j เมื่อ $S_j > 321$ กม.), 0 เมื่อส่งสินค้า

ได้เมื่อ $S_j \leq 321$ กิโลเมตร (มีค่า = 200 ไมล์ ซึ่งอ้างอิงจาก Nozick and Turnquist (2001) และปรับปรุงค่า S_j เป็นกิโลเมตร โดยผู้วิจัย)

S_j = ระยะทางระหว่าง DC ที่ i ไปถึงลูกค้าที่ j (กม.)

สำหรับการคำนวณต้นทุนทั้งหมดมีรายละเอียดดังนี้ ต้นทุนการขนส่งรวม (TC) ผู้วิจัยเสนอการคำนวณ โดยพิจารณาจาก ค่าขนส่งรวมจากทางรถยนต์ และรถไฟ ดังสมการที่ (8)

$$TC = \sum_i \sum_j (x_{ij} \mu_j t_{ij}) + \sum_i (x_i h_i Q_i) \quad (8)$$

ต้นทุนการสั่งซื้อรวม (OC) คำนวณโดยอ้างอิงจาก Das and Tyagi (1997) ดังนี้

$$OC = F_i \sum_i \frac{\bar{D}}{Q_i} = \sqrt{F_i H_i / 2} \sum_i \sqrt{\sum_j x_{ij} \mu_j} \quad (9)$$

ต้นทุนการถือครองสินค้ารวม (CC) คำนวณโดยอ้างอิงจาก Das and Tyagi (1997) ดังสมการที่ (10)

$$CC = H_i \sum_i \frac{Q_i}{2} = \sqrt{F_i H_i / 2} \sum_i \sqrt{\sum_j x_{ij} \mu_j} \quad (10)$$

ต้นทุนการเก็บสินค้าเผื่อขาดรวม (SSC) อ้างอิงจาก Das and Tyagi (1997) โดยทางผู้วิจัยได้ดัดแปลงการคำนวณค่า H_i และ L_i สรุปการคำนวณหาค่า SSC ได้ดังนี้



$$SSC = H_i Z_\alpha \sqrt{L_i} \sum_i \sqrt{Var(D_i)} = H_i Z_\alpha \sqrt{L_i} \sum_i \sqrt{\sum_j x_{ij} \sigma_j^2} \quad (11)$$

ต้นทุนการสูญเสียโอกาสรวม (SC) พัฒนาแบบจำลองโดยผู้วิจัยซึ่งคำนวณดังสมการ

$$SSC = LSC1 + LSC2 = \sum_i \sum_j \left(\alpha \beta_1 x_{ij} \mu_j + \sum_i \sum_j (\beta_2 x_{ij}' \mu_j) \right) \quad (12)$$

$$Q_i = \sqrt{\frac{2D_i F_i}{H_i}} = \sqrt{2F_i / H_i} \sqrt{\sum_j x_{ij} \mu_j} \quad (13)$$

โดยที่ $\bar{D}_i = E(D_i) = \sum_j x_{ij} \mu_j$ คือ ผลรวมค่าเฉลี่ยความต้องการสินค้ารายปีของ DC ที่ i (ตัน/ปี)

h_i คือ อัตราค่าระวางการขนส่งโดยรถไฟจากโรงงานไป DC ที่ i (บาท/ตัน)

t_{ij} คือ ต้นทุนการขนส่งโดยรถยนต์จาก DC ที่ i ไปยังลูกค้า j (บาท)

$Var(D_i) = \sum_j x_{ij} \sigma_j^2$ คือ ผลรวมความแปรปรวนของความต้องการสินค้าของ DC ที่ i

$EOQ = Q_i$ คือ ปริมาณการสั่งซื้อที่ประหยัด (EOQ) ของ DC ที่ i (ตันต่อครั้ง)

$LSC1$ คือ ค่าสูญเสียโอกาสรวมจากความไม่แน่นอนของระดับการให้บริการ

$LSC2$ คือ ค่าสูญเสียโอกาสรวมจากข้อจำกัดของรถที่มีการจัดส่ง

$E(d_j) = \mu_j$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความต้องการสินค้ารายปีของลูกค้า j (ตันต่อปี)

$Var(d_j) = \sigma_j^2$ คือ ความแปรปรวนของความต้องการรายปีของลูกค้า j

d_j คือ ความต้องการสินค้าของลูกค้า j (ตัน)

D_i คือ ความต้องการสินค้ารายปีของลูกค้าที่ถูกจัดส่งผ่าน DC ที่ i (ตัน/ปี)

U คือ ค่าคงที่ต้นทุนการขนส่งต่อหน่วยระยะทางโดยรถยนต์ (บาท/กม.)

F_i คือ ค่าเฉลี่ยต้นทุนการสั่งเติมสินค้าต่อครั้งจาก DC ที่ i ไปยังโรงงาน (บาท/ครั้ง)

H_i คือ ค่าเฉลี่ยต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลังรายปีต่อหน่วยของ DC ที่ i (บาท/ปี)

L_i คือ เวลานำของการจัดส่งสินค้าจากโรงงานไปยัง DC ที่ i (วัน)

Z_α คือ ค่าคะแนนมาตรฐานของข้อมูลที่มีการแจกแจงแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ α

$(1 - \alpha)$ คือ ค่าระดับความเชื่อมั่นของ DC ที่จะให้บริการลูกค้าได้ที่ระดับนัยสำคัญ α

α คือ ระดับนัยสำคัญ (ความเสี่ยง) ของ DC ที่จะให้บริการลูกค้าไม่ได้ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1

β_1 คือ ค่าคงที่ของอัตราสูญเสียโอกาสในการขายต่อหน่วยสินค้า (บาท/ตัน) จากความไม่แน่นอนของระดับการให้บริการ

β_2 คือ ค่าคงที่ของอัตราสูญเสียโอกาสในการขายต่อหน่วยสินค้า (บาท/ตัน) จากข้อจำกัดของรถที่มีการจัดส่ง

ในการวิจัยครั้งนี้กำหนดให้ $\beta_1 = \beta_2$ เนื่องจากสมมติให้ราคาขายสินค้าเป็นอัตราเดียวกันโดยไม่ขึ้นกับตำแหน่งที่ขายสินค้า และเลือกใช้ค่าสูญเสียโอกาสสูงสุดที่ 25% ของราคาขาย เพื่อที่จะได้เห็นผลกระทบที่ชัดเจนขึ้น (ค่าที่เหมาะสมของ β_1 และ β_2 มีค่าอยู่ระหว่าง 6-25% ของราคาขายป้อนหน้าโรงงาน ซึ่งอ้างอิงจาก หนูช ตั้งจิตวิทยา, 2544) นอกจากนี้ได้ใช้ค่า $\alpha = 0.85$ หรือระดับการให้บริการที่ 85% ตามนโยบายปัจจุบันนั่นเอง



5. ผลการวิเคราะห์

การจัดจำหน่ายสินค้าปุ๋ยเคมีจากโรงงานในจังหวัดสระบุรี ผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมีที่มีอยู่แล้ว 3 แห่ง เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายโดยรวมจากด้านการขนส่ง ต้นทุนสินค้าคงคลัง และต้นทุนระดับการให้บริการ จากทางเลือกทั้ง 9 รูปแบบของกลยุทธ์ในการตัดสินใจเลือกวิธีการจัดจำหน่ายสินค้าปุ๋ยเคมี โดยเรียงลำดับจากกรณีที่ดีที่สุด (ค่าใช้จ่ายต่ำสุด) ไปหาแย่ที่สุด (ค่าใช้จ่ายมากที่สุด) ได้ดังนี้

- อันดับที่ 1 การจัดส่งผ่าน DC1, DC2 และ DC3 คือ จัดส่งจากโรงงานผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมีทั้งสามแห่ง ไปยังลูกค้า มีต้นทุนต่ำสุด โดยมีการอพติไมซ์เซชันการจัดส่งที่มีต้นทุนต่ำสุด
- อันดับที่ 2 การจัดส่งผ่าน DC1, DC2 และ DC3 (รูปแบบเดิม) คือ จัดส่งจากโรงงานผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมีทั้งสาม ไปยังลูกค้า โดยไม่มีการอพติไมซ์เซชันการจัดส่งที่มีต้นทุนต่ำสุด
- อันดับที่ 3 การจัดส่งผ่าน DC1 และ DC3 (ไม่มี DC2) คือ จัดส่งจากโรงงานผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมี DC1 และ DC3 ไปยังลูกค้า โดยการอพติไมซ์เซชันการจัดส่งผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมีที่มีต้นทุนต่ำสุดทุกครั้ง
- อันดับที่ 4 การจัดส่งผ่าน DC1 (ไม่มี DC2 และ DC3) คือ จัดส่งจากโรงงานผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมี DC1 ไปยังลูกค้าเท่านั้น
- อันดับที่ 5 การจัดส่งผ่าน DC1 และ DC2 (ไม่มี DC3) คือ จัดส่งจากโรงงานผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมี DC1 และ DC2 ไปยังลูกค้า โดยการอพติไมซ์เซชันการจัดส่งผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมีที่มีต้นทุนต่ำสุดทุกครั้ง
- อันดับที่ 6 การจัดส่งผ่าน DC2 และ DC3 (ไม่มี DC1) คือ จัดส่งจากโรงงานผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมี DC2 และ DC3 ไปยังลูกค้า โดยการอพติไมซ์เซชันการจัดส่งผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมีที่มีต้นทุนต่ำสุดทุกครั้ง
- อันดับที่ 7 การจัดส่งผ่าน DC2 (ไม่มี DC1 และ DC3) คือ จัดส่งจากโรงงานผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมี DC2 ไปยังลูกค้าเท่านั้น
- อันดับที่ 8 การจัดส่งผ่าน DC3 (ไม่มี DC1 และ DC2) คือ จัดส่งจากโรงงานผ่านศูนย์จ่ายปุ๋ยเคมี DC3 ไปยังลูกค้าเท่านั้น
- อันดับที่ 9 การจัดส่งโดยตรง (Direct Shipment) จากโรงงานสระบุรีเท่านั้น

สังเกตได้ว่า เครือข่ายการกระจายสินค้าแบบเดิมเมื่อประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีอพติไมซ์เซชันมีความเหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ผลรวมของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ทั้งนี้สาเหตุมาจากปัจจัยหลัก คือ ต้นทุนการขนส่ง ซึ่งเป็นต้นทุนที่มีอิทธิพลชี้้นำต้นทุนทั้งหมด สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Das and Tyagi (1997) และ Nozick and Turnquist (2001) เพราะการมีเครือข่ายการกระจายสินค้ากระจายอยู่อย่างเหมาะสมจะช่วยลดระยะทางในการขนส่ง ทำให้ต้นทุนรวมทั้งระบบต่ำกว่าการรวมศูนย์กลางการกระจายสินค้าไว้จุดเดียว

6. บทสรุป

รูปแบบทางเลือกที่ดีที่สุดจะพิจารณาจากทางเลือกทั้ง 9 รูปแบบ จากการพิจารณาด้านต้นทุนทั้งระบบที่ต่ำที่สุด โดยต้นทุนที่พิจารณาประกอบด้วยต้นทุนสินค้าคงคลัง ต้นทุนการขนส่ง และต้นทุนการให้บริการลูกค้า พบว่าการมีศูนย์กระจายสินค้า 3 แห่งเพื่อกระจายสินค้าตามเดิม มีความเหมาะสมในเรื่องของต้นทุนทั้งระบบต่ำที่สุดและมีการเก็บสินค้าเผื่อขาดที่ระดับ 85 % อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังไม่ได้นำเสนอถึงรูปแบบการ



ขนส่งที่เหมาะสมในกรณีนี้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องหรือนโยบายของบริษัทเปลี่ยนแปลงไป จะส่งผลอย่างไรต่อรูปแบบการขนส่งและจำนวน DC ที่เหมาะสม

ดังนั้น สำหรับงานวิจัยในอนาคต ผู้วิจัยจะศึกษาถึงลักษณะของโครงข่ายที่เหมาะสม เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุน และระดับการให้บริการเปลี่ยนแปลงไป หรือทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity analysis) เพื่อวิเคราะห์หาจำนวนศูนย์กระจายสินค้าปูนซีเมนต์ที่เหมาะสม จากทางเลือกที่น่าเสนอทั้ง 9 รูปแบบในลำดับต่อไป

บรรณานุกรม

- [1] กรมทางหลวง, 2551, “การคำนวณหาระยะการเดินทางโดยรถยนต์ที่สั้นที่สุดแบบจุดถึงจุดโดยโปรแกรมออนไลน์ Map server”, <http://www.map-server.doh.go.th/> [19 ธันวาคม 2550].
- [2] นงนุช ตั้งจิตวิทยา, 2544, “การศึกษาสภาพการแข่งขันของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ในประเทศไทย”, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [3] Das, C., & Tyagi, R., 1997, “Role of inventory and transportation Cost in determining the optimal degree of centralization”, *International Journal of Transportation Research Part E (Logistics and Transportation Review)*, 33(3), 171-179.
- [4] Heskett, J. L., Glaskowsky, N. A., & Ivie, R. M., 1973, *Business logistics*. New York: The Ronald Press Company.
- [5] Langevin, A., Riopel, D., 2005, *Logistics systems: design and optimization*, New York: Springer.
- [6] Nozick, L. K., Turnquist, M. A., 1998, “Inventory, transportation, service quality and the location of distribution centers”, *European Journal of Operational Research*, 129 (2001), 362-371.
- [7] Stock, J. R., Lambert, D. M., 2001, *Strategic logistics management*, 4e, New York: McGraw-Hill.