

## บทความวิจัย

การเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสม  
โดยตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งSELECTING OPTIMAL DISTRIBUTION ROUTE  
BY ZERO-ONE GOAL PROGRAMMING MODEL

นิธิเดช คูหาทองสัมฤทธิ์

ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพมหานคร 10240

Nitidetch Koothongsumrit

Department of Statistics, Faculty of Science, Ramkhamhaeng University, Bangkok, 10240

E-mail: NitidetchGTpart2@hotmail.com

## บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ต้องการนำเสนอวิธีการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมโดยการประยุกต์ตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งที่มีการพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนและระยะเวลาในการขนส่ง เกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางขนส่งสินค้า ประกอบไปด้วย จำนวนช่องทางจราจรต่อทิศทาง ความกว้างของช่องทางจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุผิวจราจร ความคดเคี้ยวความลาดชันของถนน การเสื่อมสภาพ ความเสียหายของผิวหน้าจราจร และจุดอันตรายในเส้นทาง พร้อมทั้งนำวิธีการที่นำเสนอประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าจากสถานีขนส่งสินค้าร่มเกล้ามายังท่าเรือกรุงเทพ ผลการวิจัยพบว่าวิธีการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าที่มีการพิจารณาลักษณะทางกายภาพโดยการประยุกต์ใช้ตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งนั้นสามารถเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าที่มีต้นทุนการขนส่งและระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพภายใต้ความต้องการของผู้ตัดสินใจ ส่วนด้านระยะเวลาในการขนส่งจะเป็นเวลาที่ใกล้เคียงกับเวลาที่ผู้ตัดสินใจกำหนดมากที่สุดแต่ไม่เกินค่าที่ผู้ตัดสินใจกำหนด นอกจากนี้ผู้ตัดสินใจสามารถกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจแต่ละเกณฑ์ได้ตามความต้องการ หรือให้ความสำคัญกับเกณฑ์การตัดสินใจได้ตามความเหมาะสม

**คำสำคัญ:** การเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสม ลักษณะทางกายภาพของเส้นทาง ตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง

## ABSTRACT

The objective of this research is to propose method for selecting distribution route by zero-one goal programming model. The model investigates the quantitative decision criteria which are cost of transportation and transit time, the qualitative decision criteria which are physical characteristics of route: number of lanes each direction, lane width, shoulder width, road surface, curve and slope of route, deterioration of road surface and black spot. Moreover, the model was applied to case study route selection from Rom Klao Commodity Transport Station to Bangkok Port. The results showed that the model can select the appropriate distribution route which are optimal cost of transportation and risk levels of physical characteristics based upon user constraints. The transit time of optimal distribution route is nearby the time which is determined by user. Moreover, user can give the significant weight for decision criteria as needed.

**Keywords:** Selecting Optimal Distribution Routes, Physical Characteristic of Routes, Zero-one Goal Programming Model

## บทนำ

สภาวะทางเศรษฐกิจของประเทศไทยในปัจจุบันอยู่ในช่วงวิกฤตทำให้ผู้ประกอบการจำเป็นต้องปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงและสภาวะการแข่งขันที่เพิ่มมากขึ้น โดยกระบวนการทางโลจิสติกส์ถือเป็นกิจกรรมหนึ่งซึ่งช่วยทำให้การประกอบธุรกิจเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การขนส่งสินค้าภายในระยะเวลาที่กำหนดในปริมาณที่ถูกต้อง ลูกค้าได้รับสินค้าในสภาพที่สมบูรณ์ที่สุด ความสามารถในการขนส่งและกระจายสินค้าได้ในอาณาเขตที่กว้างไม่จำกัดเฉพาะพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง ลดความเสี่ยงจากการเกิดอุบัติเหตุในการขนส่งสินค้า เป็นต้น โดยการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้านับเป็นกลยุทธ์ หรือเทคนิคหนึ่งซึ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทางโลจิสติกส์ แต่จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่า การดำเนินธุรกิจโดยทั่วไปยังขาดกลยุทธ์ หรือเทคนิคที่ใช้ในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า พบว่ามีงานวิจัยจำนวนมากที่นำตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง (Zero-one Goal Programming : ZOGP) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายหลักเกณฑ์ (Multi Criteria Decision Making : MCDM) ซึ่งประกอบไปด้วยหลายทางเลือกและมีเกณฑ์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ โดยตัวแบบ

โปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งจะเป็นการเลือกคำตอบ หรือชุดคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยมีการกำหนดตัวแปรตัดสินใจเป็นเพียงสองค่า คือ ศูนย์ หรือหนึ่งที่ทำให้ค่าเบี่ยงเบนโดยรวมจากเป้าหมายที่ต้องการทั้งหมดต่ำที่สุด เมื่อศูนย์แทนการไม่เลือกและหนึ่งแทนการเลือก งานวิจัยที่นำตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งมาประยุกต์ใช้ในการเลือกเส้นทางทางการขนส่งสินค้า ได้แก่ งานวิจัยของ Meethom (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางทางการขนส่งสินค้า จากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม พิจารณาจากปัจจัยเชิงปริมาณ เช่น ต้นทุนในการขนส่งสินค้า ระยะเวลาในการขนส่งสินค้า ปัจจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายด้านอื่นที่นอกเหนือจากการขนส่ง ความเสียหายหรือสูญหายที่เกิดในเส้นทางจากการขนส่งสินค้าและที่พักลูกสินค้า การสอบกลับได้ของสินค้า ตู้บรรจุสินค้า พาหนะที่ขนส่ง และการดำเนินการส่งกลับ ฯลฯ งานวิจัยของ Kengpol & Meethom (2009) และงานวิจัยของ Meethom & Pornchaivivat (2011) ที่ออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบจากประเทศไทยไปยังสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามที่มีการประเมินระดับความเชื่อมั่นของเส้นทาง งานวิจัยของ Kengpol et al. (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบของกลุ่มภูมิภาคลุ่มน้ำโขง โดยพิจารณาเลือกเส้นทางจากปัจจัย ได้แก่ ต้นทุนของเส้นทางทางการขนส่งสินค้า ระยะเวลาในการขนส่งสินค้าของเส้นทางนั้น ความเสี่ยงจากตัวสินค้า ความเสี่ยงจากโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์ในการอำนวยความสะดวก และความเสี่ยงอื่น ๆ ของการขนส่งสินค้าในเส้นทาง งานวิจัยของ Kengpol et al. (2012) ที่ได้พัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบระหว่างประเทศไทยกับสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนามภายใต้เงื่อนไขต้นทุนค่าขนส่ง ระยะเวลาในการขนส่งสินค้า และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่จำกัด งานวิจัยของ Meethom & Chimmanee (2014) ที่ได้ประยุกต์ใช้วิธีการเลือกเส้นทางทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบในการตัดสินใจเลือกเส้นทางทางการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศไทยกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือของสาธารณรัฐอินเดีย งานวิจัยของ Kengpol et al. (2014) ได้พัฒนากรอบแนวคิดสำหรับระบบสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเส้นทางทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบที่สามารถลดต้นทุนค่าขนส่ง ระยะเวลาในการขนส่งสินค้า ความเสี่ยงของเส้นทางทางการขนส่ง และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผู้วิจัยพบว่างานวิจัยที่ได้กล่าวมาในข้างต้นได้ศึกษาเกี่ยวกับการเลือกเส้นทางทางการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบโดยการประยุกต์ใช้ตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งที่มีการพิจารณาเฉพาะเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนและระยะเวลาของการขนส่งสินค้า เกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ ได้แก่ เกณฑ์การตัดสินใจที่ไม่สามารถวัดค่าออกเป็นตัวเลขได้ และความเสี่ยงของเส้นทางทางการขนส่งสินค้า แต่ยังไม่มียานวิจัยใดประยุกต์ใช้ตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งมาร่วมในการพิจารณาเลือกเส้นทางทางการขนส่งสินค้าที่มีการพิจารณาถึงลักษณะทางกายภาพ

ของเส้นทางการขนส่งสินค้า (Physical Characteristics of Route) โดยลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าอาจมีผลต่อความสำเร็จในการขนส่งสินค้า เช่น ถ้าช่องจราจรกว้างผู้ขับขี่จะมีความคล่องตัวของการเคลื่อนยานพาหนะมากขึ้น หรือลักษณะของเกาะกลางอาจเป็นอุปสรรคทำให้เกิดอุบัติเหตุ เป็นต้น เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงต้องการพิจารณาลักษณะทางกายภาพของเส้นทางตามแนวทงงานวิจัยของ Meethom (2013) ที่พัฒนาเกณฑ์ในการประเมินศักยภาพเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน ได้แก่ จำนวนช่องทางจราจรต่อทิศทาง ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุผิวจราจร ความคดเคี้ยวความลาดชันของถนน การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร จุดอันตรายในเส้นทาง ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นและความสามารถในการเชื่อมต่อกับต่างประเทศ โดยการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะวิเคราะห์ระดับความเสี่ยงของลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนน ทั้งนี้ความสามารถในการเชื่อมต่อการขนส่งรูปแบบอื่นและความสามารถในการเชื่อมต่อกับต่างประเทศจะไม่ถูกนำมาวิเคราะห์เนื่องจากเป็นเกณฑ์การตัดสินใจในการประเมินศักยภาพไม่สอดคล้องกับการประเมินระดับความเสี่ยง

จากปัญหาและความสำคัญที่ได้กล่าวมาในข้างต้นทั้งหมด ดังนั้นการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงต้องการนำเสนอรูปแบบการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่มีการพิจารณาเกณฑ์การตัดสินใจเชิงปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนการขนส่งและระยะเวลาในการขนส่งสินค้า เกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนประกอบไปด้วย จำนวนช่องทางจราจรต่อทิศทาง ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุผิวจราจร ความคดเคี้ยวความลาดชันของถนน การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร และจุดอันตรายในเส้นทาง โดยประยุกต์ตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งที่มีการกำหนดน้ำหนักความสำคัญด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำวิธีการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์แก่ผู้ประกอบการ หรือผู้ที่เกี่ยวข้องในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าต่อไป

#### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

นำเสนอแนวคิดในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่พิจารณาถึงเกณฑ์การตัดสินใจปริมาณ ได้แก่ ต้นทุนการขนส่งและระยะเวลาในการขนส่งสินค้า เกณฑ์การตัดสินใจเชิงคุณภาพ ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้า โดยการประยุกต์ใช้ตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง

#### ขอบเขตการวิจัย

1. การศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาเฉพาะรูปแบบการขนส่งสินค้าทางถนนด้วยรถกระบะบรรทุกประเภท 2 เพลา 4 ล้อ ที่ขนส่งสินค้าแบบเต็มคันรถเท่านั้น

2. การศึกษาวิจัยนี้ทำการประยุกต์กับกรณีศึกษาการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนจากสถานีขนส่งสินค้าร่มเกล้าไปยังท่าเรือกรุงเทพเท่านั้น

### วิธีการ

การวิจัยครั้งนี้ต้องการนำเสนอแนวคิดในการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนทางถนนที่พิจารณาต้นทุนการขนส่ง ระยะเวลาในการขนส่งสินค้า ระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพของเส้นทาง พร้อมทั้งประยุกต์ใช้แนวคิดการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าประยุกต์ใช้กับกรณีศึกษาการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนจากสถานีขนส่งสินค้าร่มเกล้าไปยังท่าเรือกรุงเทพ ประกอบไปด้วยวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

รวบรวมข้อมูลเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนจากสถานีขนส่งสินค้าร่มเกล้าไปยังท่าเรือกรุงเทพ จากการศึกษพบว่าเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดจำนวน 5 เส้นทาง ได้แก่ เส้นทางที่ 1 ถนนหมายเลข 7, ทางพิเศษศรีรัช และทางพิเศษเฉลิมมหานคร เส้นทางที่ 2 ถนนหมายเลข 7, ถนนหมายเลข 9, ถนนบางนาตราดและทางพิเศษเฉลิมมหานคร เส้นทางที่ 3 ถนนลาดกระบังและถนนสุขุมวิท 77 เส้นทางที่ 4 ถนนหมายเลข 7 และถนนสุขุมวิท 77 และสุดท้ายเส้นทางที่ 5 ถนนหมายเลข 7 และถนนสุขุมวิท 71 โดยเส้นทางทั้งหมดมีค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการขนส่งสินค้าแสดงดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** เส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนจากสถานีขนส่งสินค้าร่มเกล้าไปยังท่าเรือกรุงเทพทั้งหมด

เส้นทางขนส่งสินค้า	ระยะเวลา (นาที)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1. ถนนหมายเลข 7 - ทางพิเศษศรีรัช - ทางพิเศษเฉลิม มหานคร (DR <sub>1</sub> )	35	9,500	34.2
2. ถนนหมายเลข 7 - ถนนหมายเลข 9 - ถนนบางนา ตราด - ทางพิเศษเฉลิมมหานคร (DR <sub>2</sub> )	37	10,500	36.3
3. ถนนลาดกระบัง - ถนนสุขุมวิท 77 (DR <sub>3</sub> )	44	7,800	24.6
4. ถนนหมายเลข 7 - ถนนสุขุมวิท 77 (DR <sub>4</sub> )	47	9,000	27.4
5. ถนนหมายเลข 7 - ถนนสุขุมวิท 71 (DR <sub>5</sub> )	50	8,300	26.8

2. คำนวณหาระดับความเสี่ยงลักษณะทางกายภาพของเส้นทางขนส่งสินค้า การศึกษาวิจัยครั้งนี้นอกจากพิจารณาต้นทุน (DC<sub>0</sub>) และระยะเวลาในการขนส่งสินค้า (DC<sub>1</sub>) แล้วยังพิจารณาถึงลักษณะทางกายภาพของเส้นทางตามแนวทางการวิจัยของ Meethom (2013) โดยผู้วิจัยได้กำหนดวิธีในการประเมินระดับความเสี่ยงของลักษณะทางกายภาพแสดงดังตารางที่ 2 และมีรายละเอียดดังนี้

2.1 จำนวนช่องทางจราจรต่อทิศทาง ( $DC_1$ ) พิจารณาจากจำนวนช่องทางจราจรต่อ ทิศทาง และการมีเกาะกลางแบ่งกันทิศทางจราจร ระดับความเสี่ยงของจำนวนช่องทางจราจรต่อทิศทาง โดยใช้ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยอัตราส่วนระยะทางในระดับความเสี่ยงนั้นกับระยะทางทั้งหมด

2.2 ความกว้างของช่องจราจร ( $DC_2$ ) พิจารณาจากจำนวนความกว้างของช่องทางวิ่งต่อ ทิศทาง ระดับความเสี่ยงของความกว้างของช่องจราจร โดยใช้ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยอัตราส่วน ระยะทางในระดับความเสี่ยงนั้นกับระยะทางทั้งหมด

2.3 ความกว้างของไหล่ทาง ( $DC_3$ ) พิจารณาจากความกว้างของส่วนช่องทางที่ติดอยู่กับ ผิวจราจรด้านข้างของผิวจราจร ระดับความเสี่ยงความกว้างของไหล่ทาง โดยใช้ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำ หนักด้วยอัตราส่วนระยะทางในระดับความเสี่ยงนั้นกับระยะทางทั้งหมด

2.4 วัสดุผิวจราจร ( $DC_4$ ) พิจารณาจากวัสดุที่นำมาใช้ทำผิวหน้าของถนน ระดับความ เสี่ยงวัสดุผิวจราจร โดยใช้ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักด้วยอัตราส่วนระยะทางในระดับความเสี่ยงนั้นกับ ระยะทางทั้งหมด

2.5 ความคดเคี้ยวความลาดชันของถนน ( $DC_5$ ) พิจารณาจากความคดเคี้ยว ความลาดชัน ของถนนทางขึ้นลงเขา ระดับความเสี่ยงความคดเคี้ยวความลาดชันของถนน โดยคิดเป็นร้อยละของ ระยะทางที่มีความคดเคี้ยวลาดชันต่อระยะทางทั้งหมด

2.6 การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร ( $DC_6$ ) พิจารณาจากการเสื่อมสภาพ ความเสียหาย การซ่อมแซมของผิวหน้า ระดับความเสี่ยงการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้า จราจร โดยคิดเป็นร้อยละของระยะทางที่มีการเสื่อมสภาพ ความเสียหายของผิวหน้าต่อระยะทาง ทั้งหมด

2.7 จุดอันตรายในเส้นทาง ( $DC_7$ ) พิจารณาจากจำนวนจุดอันตรายในเส้นทาง เช่น ทางโค้ง หักศอก สะพาน จุดเปิดเกาะกลางถนน จุดตัดทางแยก ทางร่วม ระดับความเสี่ยงจุดอันตรายในเส้นทาง โดยพิจารณาจำนวนจุดอันตรายในเส้นทางต่อกิโลเมตร

**ตารางที่ 2** เกณฑ์ในการประเมินระดับความเสี่ยงลักษณะทางกายภาพ

เกณฑ์การ ตัดสินใจ	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4	ระดับ 5
จำนวนช่องทางจราจรต่อทิศทาง ( $DC_1$ )	มีมากกว่า 4 ช่องทางต่อ ทิศทางขึ้นไป	มี 4 ช่องทางต่อ ทิศทาง	มี 3 ช่องทางต่อ ทิศทางที่	มี 2 ช่องทางต่อ ทิศทาง	มีช่องทางต่อ ทิศทางน้อยกว่า 1 หรือ 1 ช่องทาง ต่อทิศทาง

เกณฑ์การตัดสินใจ	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4	ระดับ 5
ความกว้างของช่องจราจร (DC <sub>2</sub> )	ช่องทางวิ่งกว้างตั้งแต่ 3.50 เมตรขึ้นไป	ช่องทางวิ่งกว้างตั้งแต่ 3.25-3.50 เมตร	ช่องทางวิ่งกว้างตั้งแต่ 3-3.25 เมตร	ช่องทางวิ่งกว้างตั้งแต่ 2-3 เมตร	ช่องทางวิ่งกว้างไม่เกิน 2 เมตร
ความกว้างของไหล่ทาง (DC <sub>3</sub> )	มีไหล่ทางกว้างตั้งแต่ 2 เมตรขึ้นไป	มีไหล่ทางกว้างตั้งแต่ 1.50-2 เมตร	มีไหล่ทางกว้างตั้งแต่ 1-1.50 เมตร	มีไหล่ทางกว้างตั้งแต่ 0.50-1 เมตร	มีไหล่ทางกว้างน้อยกว่า 0.50 เมตร
วัสดุผิวจราจร (DC <sub>4</sub> )	ผิวจราจรเป็นคอนกรีต/แอสฟัลต์	ผิวจราจรเป็นคอนกรีต	ผิวจราจรเป็นแอสฟัลต์	ผิวจราจรเป็นลูกรัง	ผิวจราจรเป็นดิน
ความแคบแค้วและความลาดชันของถนน (DC <sub>5</sub> )	ร้อยละ 0-10 ของระยะทางทั้งหมด	ร้อยละ 11-20 ของระยะทางทั้งหมด	ร้อยละ 21-30 ของระยะทางทั้งหมด	ร้อยละ 31-40 ของระยะทางทั้งหมด	มากกว่าร้อยละ 40 ของระยะทางทั้งหมด
การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร (DC <sub>6</sub> )	ร้อยละ 0-10 ของระยะทางทั้งหมด	ร้อยละ 11-20 ของระยะทางทั้งหมด	ร้อยละ 21-30 ของระยะทางทั้งหมด	ร้อยละ 31-40 ของระยะทางทั้งหมด	มากกว่าร้อยละ 40 ของระยะทางทั้งหมด
จุดอันตรายในเส้นทาง (DC <sub>7</sub> )	จำนวนจุดอันตรายในเส้นทางน้อยกว่า 1 จุด/กิโลเมตร	จำนวนจุดอันตรายในเส้นทาง 1-3 จุด/กิโลเมตร	จำนวนจุดอันตรายในเส้นทาง 3-5 จุด/กิโลเมตร	จำนวนจุดอันตรายในเส้นทาง 5-7 จุด/กิโลเมตร	จำนวนจุดอันตรายในเส้นทางมากกว่า 7 จุด/กิโลเมตร

3. กำหนดน้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจ ในขั้นตอนนี้จะเป็นการกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจทั้งหมดโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านโลจิสติกส์อย่างน้อย 10 ปี จำนวน 3 ราย (E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub> และ E<sub>3</sub>) ทำการประเมินความสำคัญโดยใช้ชุดตัวเลข 9 ระดับสำหรับการเปรียบเทียบของ Saaty (1990) จากนั้นทำการคำนวณน้ำหนักความสำคัญและตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล (Consistency Ratio : C.R.) ด้วยโปรแกรมเอ็กเซลเวิร์ทซ้อยส์ 11 สำหรับการพิจารณาจากค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของข้อมูลที่ยอมรับได้นั้นจะพิจารณาตามแนวทางงานวิจัยของ Saaty (1980) โดยจากค่าอัตราส่วนความสอดคล้องของข้อมูลไม่ควรเกิน 0.05 สำหรับกรณี 3x3, ไม่ควรเกิน 0.08 สำหรับกรณี 4x4 และไม่ควรเกิน 0.1 สำหรับกรณีมากกว่า 5x5 หากค่าอัตราส่วนความสอดคล้องไม่เป็นไปตามที่กำหนดผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบความสำคัญใหม่ หรือตัดเกณฑ์การตัดสินใจนั้นทิ้งจากการตัดสินใจ ทั้งนี้หากค่าอัตราส่วนความสอดคล้องไม่เป็นไปตามที่

กำหนดผู้วิจัยจะทำการเปรียบเทียบความสำคัญใหม่ หรือตัดเกณฑ์การตัดสินใจนั้นทิ้งจากการตัดสินใจ (Koothongsumrit, 2017)

4. สร้างสมการเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่ง ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการสร้างตัวแบบสมการสำหรับเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมโดยประยุกต์ใช้การโปรแกรมแบบเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งซึ่งเป็นการเลือกคำตอบ หรือชุดคำตอบที่เหมาะสมที่สุดโดยมีการกำหนดตัวแปรตัดสินใจเป็นเพียงสองค่า คือ ศูนย์หรือหนึ่งที่ทำให้ค่าเบี่ยงเบนโดยรวมจากเป้าหมายที่ต้องการทั้งหมดต่ำที่สุด เมื่อศูนย์แทนการไม่เลือกและหนึ่งแทนการเลือก ภายใต้ต้นทุน ระยะเวลาในการขนส่งและระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพของเส้นทางที่ผู้ตัดสินใจได้กำหนดขึ้น ตัวอย่างตัวแบบสมการเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งมีรายละเอียดดังนี้

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^k (w_i d_i^- + w_i d_i^+) \quad (1)$$

$$= w_c (d_c^+) + w_t (d_t^+) + w_{r1} (d_{r1}^+) + \dots + w_{rk} (d_{rk}^+) \quad (2)$$

เงื่อนไข

$$\text{ด้านต้นทุนการขนส่ง} = c_1 X_1 + c_2 X_2 + \dots + c_m X_m - d_i^+ = C \quad (3)$$

$$\text{ด้านระยะเวลาการขนส่ง} = t_1 X_1 + t_2 X_2 + \dots + t_m X_m - d_i^+ = T \quad (4)$$

$$\text{ด้านความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพที่ } k = r_{k1} X_1 + r_{k2} X_2 + \dots + r_{km} X_m - d_i^+ = R_k \quad (5)$$

$$X_1 + X_2 + \dots + X_m = 1 \quad (6)$$

$$W_i, d_i^+ \geq 0 \quad ; i = 1, 2, \dots, m \quad (7)$$

$$X_j = 0 \text{ หรือ } 1 \quad ; j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

จากสมการเป้าหมายและเงื่อนไขผู้วิจัยได้ทำการปรับบรรทัดฐานให้กับหน่วยของต้นทุน ระยะเวลาการขนส่ง และระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพเพื่อเป็นมาตรฐานเดียวกันดังนี้

$$c_j = [(\text{ต้นทุนที่กำหนด} - \text{ต้นทุนการขนส่งของเส้นทาง } j) * 100] / \text{ต้นทุนที่กำหนด} \quad (9)$$

$$C_j = [(\text{ต้นทุนที่กำหนด} - \text{ต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุดของเส้นทางทั้งหมด}) * 100] / \text{ต้นทุนที่กำหนด} \quad (10)$$

$$t_j = (\text{ระยะเวลาในการขนส่งของเส้นทาง } j / \text{ระยะเวลาการขนส่งที่กำหนด}) * 100 \quad (11)$$

$$T = 100\% \quad (12)$$

$$r_{kj} = [(\text{ระดับความเสี่ยงที่กำหนด} - \text{ระดับความเสี่ยงของเส้นทาง } j) * 100] / \text{ระดับความเสี่ยงที่กำหนด} \quad (13)$$

$$R_k = [(\text{ระดับความเสี่ยงที่กำหนด} - \text{ระดับความเสี่ยงที่ต่ำที่สุดของเส้นทางทั้งหมด}) * 100] / \text{ระดับความเสี่ยงที่กำหนด} \quad (14)$$

5. เลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยเส้นทางการที่ถูกเลือกจะต้องเป็นเส้นทางที่มีค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายน้อยที่สุด (Minimum D) ทั้งนี้ในการเลือกเส้นทางการนั้น หากเส้นทางการขนส่งสินค้าที่มีต้นทุน ระยะเวลาในการขนส่ง และระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพเกินกว่าที่กำหนดเส้นทางการขนส่งนั้นจะไม่ถูกเลือกและตัดทิ้งจากการพิจารณา

### ผลการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้แนวคิดการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้ากับกรณีศึกษาการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนจากสถานีขนส่งสินค้าร่มเกล้าไปยังท่าเรือกรุงเทพ โดยมีผลการศึกษาตามขั้นตอนที่กล่าวในข้างต้นดังนี้

1. ผลการคำนวณหาระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้า ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้ง 5 เส้นทาง ทำการสำรวจเริ่มจากเส้นทางที่ 1 จนถึงเส้นทางที่ 5 จุดเริ่มต้นของการสำรวจคือสถานีร่มเกล้าและจุดปลายทางคือท่าเรือกรุงเทพ จากนั้นคำนวณระดับความเสี่ยงตามที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2 ผลการคำนวณหาระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้งหมดสรุปได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพของเส้นทางการขนส่งสินค้า

เส้นทาง	เกณฑ์การตัดสินใจ						
	DC <sub>1</sub>	DC <sub>2</sub>	DC <sub>3</sub>	DC <sub>4</sub>	DC <sub>5</sub>	DC <sub>6</sub>	DC <sub>7</sub>
DR <sub>1</sub>	2.986	2.752	2.675	1.321	2.000	1.000	2.000
DR <sub>2</sub>	2.508	2.455	1.983	1.643	2.000	1.000	2.000
DR <sub>3</sub>	3.071	3.241	3.541	1.454	1.000	1.000	4.000
DR <sub>4</sub>	2.783	2.889	2.965	1.012	2.000	2.000	2.000
DR <sub>5</sub>	2.977	2.875	2.446	1.122	2.000	2.000	2.000

2. ผลการกำหนดน้ำหนักความสำคัญด้วยกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้นำเกณฑ์การตัดสินใจทั้ง 9 เกณฑ์ทำการประเมินความสำคัญโดยผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ด้านโลจิสติกส์อย่างน้อย 10 ปี จำนวน 3 ราย ทั้งนี้ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 รายนั้นเป็นผู้บริหารระดับสูงที่ทำงานในบริษัทด้านขนส่งสินค้าภายในประเทศที่แตกต่างกัน จากนั้นผู้วิจัยได้นำผลการประเมินความสำคัญของผู้เชี่ยวชาญแต่ละรายมาคำนวณน้ำหนักความสำคัญด้วยโปรแกรมเอ็กซ์เพิร์ตซ้อยส์ 11 สุดท้ายนำผลการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ย ผลการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของผู้เชี่ยวชาญแสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

	เกณฑ์การตัดสินใจ									
	DC <sub>c</sub>	DC <sub>t</sub>	DC <sub>1</sub>	DC <sub>2</sub>	DC <sub>3</sub>	DC <sub>4</sub>	DC <sub>5</sub>	DC <sub>6</sub>	DC <sub>7</sub>	C.R.
E <sub>1</sub>	0.106	0.095	0.136	0.149	0.17	0.1	0.085	0.076	0.083	0.090
E <sub>2</sub>	0.087	0.149	0.131	0.091	0.074	0.077	0.116	0.122	0.153	0.090
E <sub>3</sub>	0.125	0.119	0.113	0.114	0.139	0.077	0.145	0.095	0.074	0.080
เฉลี่ย	0.106	0.121	0.127	0.118	0.128	0.085	0.115	0.098	0.103	

3. ตัวแบบสมการสำหรับเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวคิดของโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งในการสร้างตัวแบบสมการสำหรับเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสม เมื่อกำหนดให้ศูนย์แทนการไม่เลือกเส้นทางและหนึ่งแทนการเลือกเส้นทาง สำหรับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้กำหนดให้ต้นทุนการขนส่งเท่ากับ 10,000 บาท ระยะเวลาในการขนส่งเท่ากับ 50 นาที และระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพทุกตัวต้องมีระดับความเสี่ยงไม่เกิน 3 ผลการกำหนดตัวแบบสมการสำหรับเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมแสดงดังนี้

สมการเป้าหมาย

$$\text{Minimize } Z = 0.106(d_c^+) + 0.121(d_t^+) + 0.127(d_{r1}^+) + 0.118(d_{r2}^+) + 0.128(d_{r3}^+) + 0.085(d_{r4}^+) + 0.115(d_{r5}^+) + 0.098(d_{r6}^+) + 0.103(d_{r7}^+)$$

เงื่อนไข

$$\text{ต้นทุนการขนส่ง} = 5X_1 - 5X_2 + 22X_3 + 10X_4 + 17X_5 - d_c^+ = 22$$

$$\text{ระยะเวลาการขนส่ง} = 70X_1 + 74X_2 + 88X_3 + 94X_4 + 100X_5 - d_t^+ = 100$$

$$\text{จำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง} = 0.467X_1 + 16.4X_2 - 2.367X_3 + 7.233X_4 + 0.767X_5 - d_{r1}^+ = 16.40$$

$$\text{ความกว้างของช่องจราจร} = 8.267X_1 + 18.167X_2 - 8.033X_3 + 3.700X_4 + 4.167X_5 - d_{r2}^+ = 18.167$$

$$\text{ความกว้างของไหล่ทาง} = 10.833X_1 + 33.9X_2 - 18.033X_3 + 1.167X_4 + 18.467X_5 - d_{r3}^+ = 33.9$$

$$\text{วัสดุผิวจราจร} = 55.967X_1 + 45.233X_2 + 51.533X_3 + 66.267X_4 + 62.6X_5 - d_{r4}^+ = 66.267$$

$$\text{ความคดเคี้ยวความลาดชันของถนน} = 33.333X_1 + 33.333X_2 + 66.667X_3 + 33.333X_4 + 33.333X_5 - d_{r5}^+ = 66.667$$

$$\text{การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร} = 66.667X_1 + 66.667X_2 + 66.667X_3 + 33.333X_4 + 33.333X_5 - d_{r6}^+ = 66.667$$

$$\text{จุดอันตรายในเส้นทาง} = 33.333X_1 + 33.333X_2 - 33.333X_3 + 33.333X_4 + 33.333X_5 - d_{r7}^+ = 33.333$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 = 1$$

$$W_i, d_i^+ \geq 0; i = 1, 2, \dots, m$$

$$X_j = 0 \text{ หรือ } 1; j = 1, 2, \dots, n$$

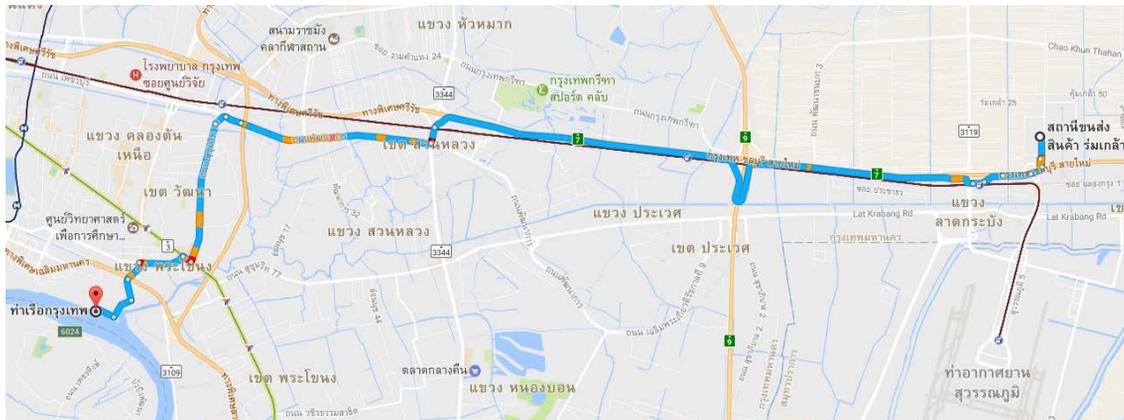
จากการกำหนดตัวแบบสมการเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งในการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมภายใต้ต้นทุนการขนส่งสินค้าไม่เกิน 10,000 บาท ระยะเวลาในการขนส่งสินค้าไม่เกิน 50 นาที ระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพต้องไม่เกินระดับ 3 สุดท้ายผู้วิจัยได้นำข้อมูลต้นทุนและระยะเวลาในการขนส่งสินค้าของแต่ละเส้นทางดังตารางที่ 1 และข้อมูลระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพของแต่ละเส้นทางดังตารางที่ 3 มาคำนวณค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมาย (D) แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการคำนวณค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายของเส้นทางการขนส่งสินค้า

เกณฑ์การตัดสินใจ	เส้นทาง				
	DR <sub>1</sub>	DR <sub>2</sub>	DR <sub>3</sub>	DR <sub>4</sub>	DR <sub>5</sub>
ต้นทุนการขนส่ง (DC <sub>c</sub> ) : บาท	9,500	10,500	7,800	9,000	8,300
ระยะเวลาการขนส่ง (DC <sub>t</sub> ) : นาที	35	37	44	47	50
ระดับความเสี่ยงจากจำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง (DC <sub>1</sub> ) : ระดับ	2.986	2.508	3.071	2.783	2.977
ระดับความเสี่ยงจากความกว้างของช่องจราจร (DC <sub>2</sub> ) : ระดับ	2.752	2.455	3.241	2.889	2.875
ระดับความเสี่ยงจากความกว้างของไหล่ทาง (DC <sub>3</sub> ) : ระดับ	2.675	1.983	3.541	2.965	2.446
ระดับความเสี่ยงจากวัสดุผิวจราจร (DC <sub>4</sub> ) : ระดับ	1.321	1.643	1.454	1.012	1.122
ระดับความเสี่ยงจากความคดเคี้ยวความลาดชันของถนน (DC <sub>5</sub> ) : ระดับ	2.000	2.000	1.000	2.000	2.000
ระดับความเสี่ยงจากการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร (DC <sub>6</sub> ) : ระดับ	1.000	1.000	1.000	2.000	2.000
ระดับความเสี่ยงจากจุดอันตรายในเส้นทาง (DC <sub>7</sub> ) : ระดับ	2.000	2.000	4.000	2.000	2.000
<b>ค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมาย (D)</b>	<b>16.2851</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>16.1591</b>	<b>13.5546</b>

ผลการคำนวณค่าเบี่ยงเบนเป้าหมาย (D) ของเส้นทางการขนส่งสินค้าทั้งหมดพบว่าเส้นทางถนนหมายเลข 7 - ทางพิเศษศรีรัช - ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ( $DR_1$ ) มีค่าเบี่ยงเบนเป้าหมายเท่ากับ 16.2851 เส้นทางถนนหมายเลข 7 - ถนนหมายเลข 9 - ถนนบางนาตราด - ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ( $DR_2$ ) ไม่มีค่าเบี่ยงเบนเป้าหมายเนื่องจากมีต้นทุนค่าขนส่งเกินที่กำหนดจึงไม่นำมาพิจารณาเป็นทางเลือก เส้นทางถนนลาดกระบัง - ถนนสุขุมวิท 77 ( $DR_3$ ) ไม่มีค่าเบี่ยงเบนเป้าหมายเนื่องจากระดับความเสี่ยงจากจำนวนช่องจราจรต่อทิศทาง, ความกว้างของ, ความกว้างของไหล่ทางและจุดอันตรายในเส้นทางมีระดับความเสี่ยงเกินที่กำหนดจึงไม่นำมาพิจารณาเป็นทางเลือก เส้นทางถนนหมายเลข 7 - ถนนสุขุมวิท 77 ( $DR_4$ ) มีค่าเบี่ยงเบนเป้าหมายเท่ากับ 16.1591 และสุดท้ายเส้นทางถนนหมายเลข 7 - ถนนสุขุมวิท 71 ( $DR_5$ ) มีค่าเบี่ยงเบนเป้าหมายเท่ากับ 13.5546 ตามลำดับ

จากผลการคำนวณค่าเบี่ยงเบนเป้าหมายพบว่าเส้นทางถนนหมายเลข 7 - ถนนสุขุมวิท 71 ( $DR_5$ ) เป็นเส้นทางที่มีความเหมาะสมในการนำมาเป็นเส้นทางในการขนส่งสินค้าทางถนนจากสถานีขนส่งสินค้าร่มเกล้าถึงท่าเรือกรุงเทพมากที่สุด โดยมีค่าเบี่ยงเบนจากเป้าหมายต่ำสุดเท่ากับ 13.5546 ใช้ต้นทุนการขนส่งเท่ากับ 8,300 บาท ระยะเวลาการขนส่งเท่ากับ 50 นาที ระดับความเสี่ยงจากจำนวนช่องจราจรต่อทิศทางเท่ากับ 2.977 ระดับความเสี่ยงจากความกว้างของช่องจราจรเท่ากับ 2.875 ระดับความเสี่ยงจากความกว้างของไหล่ทางเท่ากับ 2.446 ระดับความเสี่ยงจากวัสดุผิวจราจรเท่ากับ 1.122 ระดับความเสี่ยงจากความคดเคี้ยวความลาดชันของถนนเท่ากับ 2.000 ระดับความเสี่ยงจากการเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจรเท่ากับ 2.000 และระดับความเสี่ยงจากจุดอันตรายในเส้นทางมีค่าเท่ากับ 2.000 ตามลำดับ ส่วนเส้นทางถนนหมายเลข 7 - ทางพิเศษศรีรัช - ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ( $DR_1$ ) มีความเหมาะสมเป็นลำดับที่สอง และเส้นทางถนนหมายเลข 7 - ถนนสุขุมวิท 77 ( $DR_4$ ) มีความเหมาะสมน้อยที่สุด หรือเป็นทางเลือกสุดท้าย แสดงแผนที่เส้นทางการขนส่งสินค้าที่ความเหมาะสมมากที่สุด (เส้นทางถนนหมายเลข 7 - ถนนสุขุมวิท 71) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เส้นทางการขนส่งสินค้าที่ความเหมาะสมมากที่สุด  
(เส้นทางถนนหมายเลข 7 - ถนนสุขุมวิท 71)

### สรุปและวิจารณ์ผล

การเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าทางถนนที่เหมาะสมโดยการประยุกต์ใช้ตัวแบบโปรแกรมเป้าหมายแบบศูนย์หนึ่งที่พิจารณาต้นทุน และระยะเวลาในการขนส่ง รวมถึงลักษณะทางกายภาพของเส้นทางขนส่งสินค้า ได้แก่ จำนวนช่องทางจราจรต่อทิศทาง ความกว้างของช่องจราจร ความกว้างของไหล่ทาง วัสดุผิวจราจร ความคดเคี้ยวความลาดชันของถนน การเสื่อมสภาพความเสียหายของผิวหน้าจราจร และจุดอันตรายในเส้นทาง เป็นวิธีการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าที่มีความสมเหตุสมผล โดยผลจากการคำนวณจะได้เส้นทางที่มีต้นทุน ระยะเวลาในการขนส่งสินค้า และระดับความเสี่ยงจากลักษณะทางกายภาพภายใต้ความต้องการของผู้ตัดสินใจ เส้นทางขนส่งสินค้าที่เลือกได้จะมีต้นทุน ระยะเวลา และระดับความเสี่ยงไม่เกินที่ผู้ตัดสินใจกำหนด นอกจากนี้หากผู้ตัดสินใจสามารถกำหนดน้ำหนักความสำคัญให้กับเกณฑ์การตัดสินใจได้ตามความต้องการ หรือตามความเหมาะสม สำหรับการศึกษาวิจัยในอนาคตอาจจะพิจารณาถึงลักษณะทางกายภาพทางถนนอื่น เช่น ลักษณะภูมิประเทศ ระยะการมองไกล รัศมีทางโค้ง ฯลฯ หรือพิจารณาถึงลักษณะทางกายภาพของเส้นทางขนส่งสินค้ารูปแบบอื่น เช่น การขนส่งสินค้าทางรถไฟ เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

- Kengpol, A., & Meethom, W. (2009). **Design of a Decision Support System for Selecting Multimodal Transportation Route: An Integrated Model Using AHP and ZOGP Case Study Thailand-Vietnam**. 2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (2304-2308). Hong Kong.
- Kengpol, A., Meethom, W. & Touminen, M. (2012). The development of a decision support system in multimodal transportation routing within Greater Mekong Sub-Region countries. **International Journal of Production Economics**. 120(2), 691-701.
- Kengpol, A., Tuamsee, S. & Meethom, W. (2012). Design of a decision support system on selection of multimodal transportation with environmental consideration between Thailand and Vietnam. **Asian International Journal of Science and Technology in Production and Manufacturing Engineering**. 5(2), 55-63.
- Kengpol, A., Tuamsee, S. & Touminen, M. (2014). The development of a framework for route selection in multimodal transportation. **The International Journal of Logistics Management**. 25(3), 581-610.
- Koohathongsumrit, N. (2017). Optimization route selecting by multi-criteria decision making analysis. **RMUTP Research Journal**. 11(1), 137-150. (in Thai)
- Meethom, W. (2010). **Design of a Decision Support System in Multimodal Transportation between Thai and Vietnam**. Ph.D. Program in Industrial Engineering. Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok. (in Thai)
- Meethom, W. & Pornchaivivat, Somchai. (2011). Design of decision support system for multimodal transportation route selecting between Thai and Vietnam. **KKU Engineering Journal**. 38(2), 187-195. (in Thai)
- Meethom, W. (2013). Road transport potential assessment criteria. **MUT Journal of Business Administration**. 10(2), 61-80. (in Thai)
- Meethom, W. & Chimmanee, S. (2014). The decision making of the freight route between Thailand and North East India by AHP and ZOGP. **MUT Journal of Business Administration**. 11(2), 21-42. (in Thai)
- Saaty, T.L. (1980). **The Analytic Hierarchy Process**. 1<sup>st</sup> Edition. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T.L. (1990). How to make a decision: **The analytic hierarchy process**. **European Journal of Operational Research**. 48(1), 9-26.