บทความวิจัย

การศึกษาจำนวนและตำแหน่งสถานีขนส่งสินค้าทางรางที่เหมาะสม: กรณีศึกษาการขนส่งน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สุกฤษฎิ์ ไกรนรา และ เอกชัย ศิริกิจพาณิชย์กูล*
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 0 2797 0999 ต่อ 1302-1304,1342,1395 อีเมล: fengacs@ku.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.03.004
รับเมื่อ 15 มิถุนายน 2563 แก้ไขเมื่อ 7 สิงหาคม 2563 ตอบรับเมื่อ 8 ตุลาคม 2563 เผยแพร่ออนไลน์ 18 มีนาคม 2565
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ประเทศไทยส่งออกน้ำตาลทรายมากเป็นอันดับ 2 ของโลก ซึ่งส่วนใหญ่การส่งออกของน้ำตาลทรายใช้การขนส่งทางน้ำระหว่างประเทศเป็นหลัก ในส่วนของการขนส่งน้ำตาลทรายจากโรงงานไปยังท่าเรือภายในประเทศยังคงใช้การขนส่งทางถนนเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม หากเทียบกับค่าขนส่งระหว่างทางถนนกับทางรางจะพบว่า การขนส่งสินค้าทางรางนั้นมีต้นทุนการขนส่งที่ประหยัดกว่า งานวิจัยนี้นำเสนอการกำหนดจำนวน และตำแหน่งสถานีขนส่งสินค้าทางรางที่เหมาะสม ด้วยวิธีการวิเคราะห์จัดกลุ่ม (K-means) โดยอาศัยปัจจัยด้านปริมาณการผลิต ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง และระยะทางจากแต่ละโรงงานผลิตน้ำตาลไปยังสถานีรถไฟที่ใกล้ที่สุด เมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายจากการขนส่งสินค้าที่คิดตามผลผลิตของโรงงานน้ำตาลเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการขนส่งทั้งสองพบว่า การขนส่งสินค้าทางรางสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากการขนส่งได้ถึงร้อยละ 73.48 และเมื่อทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการก่อสร้างสถานีขนส่งสินค้าทางรางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่นำเสนอในงานวิจัยนี้พบว่า ใน พ.ศ. 2593 โครงการมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกคิดเป็น 6.24 พันล้านบาท อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 13.70 ต่อปี

คำสำคัญ: การแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน สถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง น้ำตาลทราย การขนส่งทางราง

การอ้างอิงบทความ: สุกฤษฎิ์ ไกรนรา และ เอกชัย ศิริกิจพาณิชย์กูล, "การศึกษาจำนวนและตำแหน่งสถานีขนส่งสินค้าทางรางที่เหมาะสม: กรณีศึกษาการขนส่งน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 32, ฉบับที่ 3, หน้า 555–566, ก.ค.–ก.ย. 2565.

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 32, ฉบับที่ 3 ก.ค.–ก.ย. 2565
The Journal of KMUTNB., Vol. 32, No. 3, Jul.–Sep. 2022

Research Article

Study of Optimal Number and Location of Intermodal Railway Yards: A Case Study of Sugar Transportation in Northeastern Region of Thailand

Sukrit Krainara and Ackchai Sirikijpanichkul*
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 0 2797 0999 Ext. 1302-1304,1342,1395, E–mail: fengacs@ku.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.03.004
Received 15 June 2020; Revised 7 August 2020; Accepted 8 October 2020; Published online: 18 March 2022
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Thailand is the second largest sugar exporter in the world. Most sugar is transported from its factories to domestic ports via road freight. However, railway has proven to be a more cost-effective alternative mode. This research is aimed at determining the optimal number and locations of intermodal railway yards by adopting cluster analysis technique called K-means. The clustering decision criteria include factory production capacity, transportation cost and distance between each factory to its nearest railway station. The results show that transportation of sugar by rail in the northeastern region of Thailand via intermodal railway yards as proposed in this research can save transportation cost by 73.48 percent with respect to that of road transportation. The economic analysis shows that by the year 2050, the net present value of the project is 6.24 billion baht where the economic internal rate of return is 13.70 percent per annum.

Keywords: K-means Cluster Analysis, Intermodal Railway Yards, Sugar, Rail Freight

Please cite this article as: S. Krainara and A. Sirikijpanichkul, "Study of optimal number and location of intermodal railway yards: A case study of sugar transportation in northeastern region of Thailand," *The Journal of KMUTNB*, vol. 32, no. 3, pp. 555–566, Jul.–Sep. 2022 (in Thai).

1. บทนำ

น้ำตาลทรายเป็นผลผลิตแปรรูปที่ได้มาจากอ้อยโดย ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศที่มีการผลิตน้ำตาลทรายมากเป็นอันดับ 4 ของโลก โดยมีผลผลิตน้ำตาลทราย อยู่ที่ 14.7 ล้านตันต่อปี [1] และยังเป็นประเทศที่ส่งออกน้ำตาลทรายมากเป็นอันดับ 2 ของโลก ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 13.8 ของตลาดน้ำตาลโลก [2] ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นภูมิภาคที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุดในประเทศไทย จากสถิติการปลูกอ้อยในประเทศพบว่า พ.ศ. 2560–2561 ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อยจำนวน 5,044,952 ไร่ และยังเป็นภูมิภาคที่มีโรงงานน้ำตาลตั้งอยู่มากที่สุดในประเทศอีกด้วย สำหรับรูปแบบการขนส่งสินค้า จากสถิติการขนส่งสินค้าภายในประเทศ พ.ศ. 2558 พบว่า การขนส่งสินค้าทางถนนมีปริมาณมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 80.86 ของรูปแบบการขนส่งทั้งหมด ส่วนการขนส่งสินค้าทางถนนระหว่างประเทศก็ยังได้รับความนิยมเป็นอันดับสอง รองจากการขนส่งสินค้าทางเรือ [2] อย่างไรก็ตาม แม้การขนส่งสินค้าทางถนนจะเป็นที่นิยมและมีความสะดวกรวดเร็วเพียงใด แต่เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งพบว่าการขนส่งสินค้าทางถนนมีต้นทุนที่สูงกว่าการขนส่งรูปแบบอื่นๆ นอกจากนี้การขนส่งสินค้าทางถนนก็ยังไม่เหมาะสมกับการขนส่งสินค้าเที่ยวละปริมาณมาก

ปัจจุบันรัฐบาลได้มีการผลักดันการพัฒนาระบบรางเพื่อสนับสนุนการขนส่งสินค้าของประเทศ โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีการวางแผนในการสร้างสถานีขนส่งสินค้าทางรางเนื่องจากได้เล็งเห็นว่าภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งผลิตสินค้าทางการเกษตรที่สำคัญ และยังอยู่ใกล้ชายแดนไทย-ลาว ซึ่งมีการขนส่งสินค้าระหว่างกัน เช่น ข้าว แป้ง น้ำตาล ยางพารา โดยข้อดีของการขนส่งสินค้าทางราง คือ สามารถขนส่งสินค้าได้ครั้งละปริมาณมาก และยังช่วยประหยัดต้นทุนในการขนส่งสินค้าต่อเที่ยว ดังนั้นการพิจารณาหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการสร้างสถานีขนส่งสินค้าทางรางในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีส่วนช่วยส่งเสริมให้ระบบการขนส่งสินค้าของประเทศมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์การจัดกลุ่มแบบ K-means เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาจำนวนและตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของสถานีขนส่งสินค้าทางราง โดยจากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น งานวิจัยของ H. M. Bittela [3] ทำการวิเคราะห์ตำแหน่งของจุดกระจายพลังงานภายในเมือง เพื่อเพิ่มจำนวนตำแหน่งของจุดกระจายพลังงานโดยนำเทคนิคการพิจารณาตำแหน่งแบบการจัดกลุ่ม K-means และ Kuoal และคณะ [4] ได้ศึกษาที่ตั้งของโรงงานพลังงานชีวพลังงาน โดยเทคนิคการจัดกลุ่มแบบ K-means และ Self-organizing Maps ร่วมกันทำให้ได้ตำแหน่งที่มีความเหมาะสมและมีต้นทุนต่ำที่สุด สำหรับการวิเคราะห์จำนวนกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดงานวิจัยดังกล่าวได้นำวิธี Elbow Method มาใช้ในการหาค่า k และงานวิจัย Yu และคณะ [5] ทำการวิเคราะห์การจัดกลุ่มเขม่าควันที่เกิดจากการเผาไหม้ ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของเขม่าควันที่มีความแตกต่างกันของน้ำหนักได้ 6 กลุ่ม

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาจำนวน และตำแหน่งสถานีขนส่งสินค้าทางรางที่เหมาะสมของการขนส่งน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการกำหนดจำนวนและตำแหน่งของสถานีขนส่งสินค้าทางรางที่เหมาะสม โดยมุ่งเน้นไปที่เส้นทางรถไฟสายตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative Data) เป็นการนำข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่ได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งโรงงานน้ำตาลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณการผลิตของแต่ละโรงงาน ระยะทางที่ใช้ในการขนส่งจากโรงงานน้ำตาลไปยังท่าเรือ และข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งของสถานีรถไฟในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน โดยพื้นที่ศึกษาครอบคลุมพื้นที่โดยรอบเส้นทางรถไฟจากสถานีรถไฟชุมทางถนนจิระผ่านจังหวัดขอนแก่น และไปสิ้นสุดปลายทางที่สถานีรถไฟหนองคาย เป็นระยะทาง 355 กิโลเมตร รวมทั้งหมด 44 สถานี

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์การจัดกลุ่มแบบ K-means ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์หาจำนวนและตำแหน่งที่ตั้งที่เหมาะสมของสถานีขนส่งสินค้าทางราง โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ [6]

ขั้นตอนที่ 1 แบ่งข้อมูลออกเป็น K กลุ่ม ซึ่งมีการแบ่งได้หลายวิธีดังนี้

1) แบ่งโดยสุ่ม

2) แบ่งโดยผู้ศึกษาเอง

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาจุดศูนย์กลางกลุ่มของแต่ละกลุ่ม C คือ $\overline{x_c}$

ขั้นตอนที่ 3 มีวิธีการพิจารณา 2 แบบ

1) คำนวณหาระยะห่างจากแต่ละหน่วยไปยังจุดศูนย์กลางกลุ่มของทุกกลุ่มและจะพิจารณาย้ายหน่วยไปยังกลุ่มที่มีระยะห่างต่ำสุด

2) คำนวณระยะห่างกำลังสองของแต่ละหน่วยไปยังจุดศูนย์กลางกลุ่มที่หน่วยนั้นอยู่ โดยกำหนดให้ ESS (Explained Sum of Square) เท่ากับกำลังสองของระยะห่างระหว่างแต่ละหน่วยกับจุดกลางกลุ่ม

$$ESS = \sum_{i=1}^{n} (x_i - \overline{x_{c_{(i)}}})(x_i - \overline{x_{c_{(i)}}})$$

โดยที่ $C_{(i)}$ หมายถึง กลุ่มของหน่วยที่ i

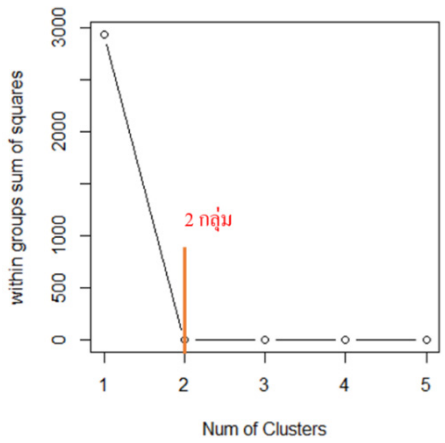
ESS = ผลบวกของระยะห่างจากแต่ละหน่วยไปยังจุดกลางกลุ่มรวมทุกกลุ่ม กลุ่มใดมีค่า ESS ต่ำ แสดงว่าหน่วยที่อยู่ในกลุ่มนั้นมีความคล้ายคลึงกัน

ขั้นตอนที่ 4 การพิจารณาการย้ายกลุ่ม จะต้องใช้เกณฑ์ในการย้ายตามค่าที่ได้มีการคำนวณออกมาในขั้นตอนที่ 3

1) คำนวณระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของกลุ่มใหม่ของแต่ละกลุ่ม

2) ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนที่ 3 จนกระทั่งจุดศูนย์กลางของกลุ่มหยุดนิ่ง

เมื่อได้ผลลัพธ์จากการจัดกลุ่มแล้วจึงทำการคิดค่าใช้จ่ายจากระยะทางของแต่ละโรงงานไปยังสถานีรถไฟที่เป็นศูนย์กลาง และคิดค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้าทางรางไปยังบริเวณท่าเรือแหลมฉบัง เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในรูปแบบการขนส่งแบบเดิมที่ใช้รถบรรทุกในการขนส่ง



รูปที่ 1 การเลือกจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมด้วยวิธี Elbow

3. ผลการทดลอง

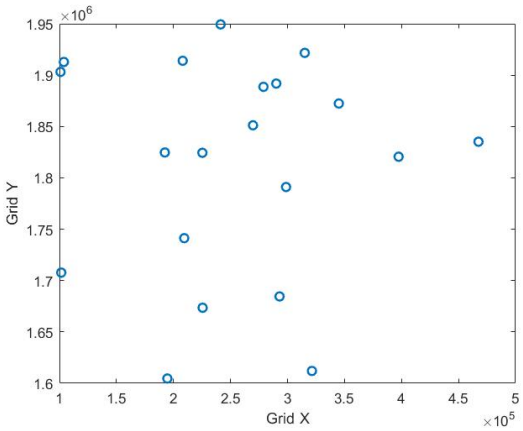
จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รวบรวมมาข้างต้นสามารถนำไปวิเคราะห์ตามขั้นตอนต่างๆ ตามทฤษฎี ดังต่อไปนี้

3.1 การกำหนดจำนวนกลุ่ม

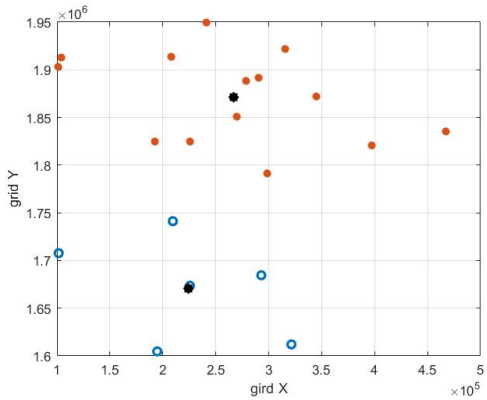
การกำหนดจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดเป็นปัญหาพื้นฐานของการจัดกลุ่ม ซึ่งวิธี K-means ไม่ได้มีการอธิบายถึงการกำหนดจำนวนกลุ่มที่แน่นอนหรือให้ใช้การสุ่มจำนวนกลุ่มเอง และทดลองว่ามีกี่กลุ่มถึงจะเหมาะสมและดีที่สุด ในการศึกษานี้ผู้วิจัยใช้วิธี Elbow Method เพื่อกำหนดจำนวนกลุ่มที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวิเคราะห์ ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นการวัด ค่า Error ของผลรวมระยะห่างระหว่าง Object กับ Centroid หรือเรียกว่า Within Groups Sum of Squares (WGSS) ซึ่งการวนซ้ำแต่ละรอบจะทำให้ค่าของ WGSS ลดลง จากจำนวนกลุ่มที่เพิ่มขึ้นสมาชิกในแต่ละกลุ่มก็จะลดลง ค่า ESS เป็นค่าที่ทำให้เส้นกราฟเกิดความโค้ง และเมื่อวิเคราะห์เส้นกราฟแล้วพบว่า จำนวนกลุ่ม (k) ที่เหมาะสมที่สุดมีค่าเท่ากับ 2 ดังแสดงในรูปที่ 1

3.2 การวิเคราะห์ตำแหน่งด้วย K-means

ในการจัดกลุ่มด้วยวิธี K-means ผู้วิจัยได้นำข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งโรงงานผลิตน้ำตาลทั้ง 20 แห่ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาใช้ในการวิเคราะห์จัดกลุ่มเพื่อหาตำแหน่ง



รูปที่ 2 ตำแหน่งโรงงานน้ำตาล



รูปที่ 3 ตำแหน่ง Centroid และกลุ่มของแต่ละโรงงาน

จุดศูนย์กลางของกลุ่มซึ่งอยู่ใกล้กับโรงงานภายในกลุ่มที่สุด โดยผู้วิจัยได้ใช้ตัวแปรตำแหน่งของโรงงานผลิตน้ำตาล ไปพล็อต (Plot) ในโปรแกรม MATLAB และเมื่อทราบตำแหน่งของสถานีขนส่งสินค้าแล้ว จึงทำการวิเคราะห์ตัวแปรค่าความคุ้มทุน ซึ่งจะคำนวณซ้ำจนได้ตำแหน่งที่คุ้มทุนที่สุด ทำให้ได้ตำแหน่งของโรงงานแต่ละโรงงาน ดังรูปที่ 2

เมื่อทำการพล็อตตำแหน่งโรงงานทั้ง 20 แห่ง แล้วจึงทำการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม โดยจำนวนกลุ่มที่สามารถวิเคราะห์ได้จากวิธี Elbow คือ $k = 2$ ทำให้สามารถวิเคราะห์จัดกลุ่มโดยวิธี K-means โดยอาศัยโปรแกรม MATLAB ได้ผลดังแสดงในรูปที่ 3

จากผลการวิเคราะห์หาตำแหน่งศูนย์กลางของทั้ง 2 กลุ่ม ทำให้ทราบว่า ตำแหน่ง Centroid ของกลุ่มที่ 1 ตรงกับพิกัด X, Y ที่ 224276.7999,1670629.379 และในจุดที่ 2 ตรงกับพิกัด X, Y ที่ 266764.7459, 1871481.907 และเมื่อนำพิกัด X, Y ของกลุ่มที่ 1 ไปพล็อตในแผนที่พบว่า ตำแหน่งของสถานีขนส่งสินค้าทางรางของกลุ่มที่ 1 และ 2 อยู่ใกล้กับสถานีรถไฟโนนสูง และสถานีรถไฟเขาสวนกวาง ตามลำดับ โดยในกลุ่มที่ 1 ที่อยู่บริเวณสถานีรถไฟโนนสูงมีโรงงานโดยรอบในกลุ่ม 6 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 1 และในกลุ่มที่ 2 บริเวณสถานีรถไฟเขาสวนกวางมีโรงงานโดยรอบในกลุ่ม 14 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 โรงงานน้ำตาลในกลุ่มที่ 1

กลุ่มที่ 1		
ลำดับ	**โรงงาน**	**จังหวัด**
1	โรงงานน้ำตาลสุรินทร์	สุรินทร์
2	โรงงานอุตสาหกรรมโคราช	นครราชสีมา
3	โรงงานอุตสาหกรรมอ่างเวียน	นครราชสีมา
4	โรงงานน้ำตาลครบุรี	นครราชสีมา
5	โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์	บุรีรัมย์
6	โรงงานน้ำตาลระยอง (ชัยภูมิ)	ชัยภูมิ

ตารางที่ 2 โรงงานน้ำตาลในกลุ่มที่ 2

กลุ่มที่ 2		
ลำดับ	**โรงงาน**	**จังหวัด**
1	โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลอีสาน	กาฬสินธุ์
2	โรงงานน้ำตาลมิตรกาฬสินธุ์	กาฬสินธุ์
3	โรงงานน้ำตาลวังขนาย (มหาวัง)	มหาสารคาม
4	โรงงานน้ำตาลเกษตรผล 2	อุดรธานี
5	โรงงานรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม	ขอนแก่น
6	โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม	อุดรธานี
7	โรงงานน้ำตาลกุมภวาปี	อุดรธานี
8	โรงงานน้ำตาลขอนแก่น	ขอนแก่น
9	โรงงานน้ำตาลสหเรือง	มุกดาหาร
10	โรงงานรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม	ชัยภูมิ
11	โรงงานน้ำตาลเอราวัณ	หนองบัวลำภู
12	โรงงานน้ำตาลไทยกาญจนบุรี	อุดรธานี
13	โรงงานรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม (มิตรภูหลวง)	เลย
14	โรงงานน้ำตาลขอนแก่น (วังสะพุง)	เลย

3.3 การคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าและบริการ

ผู้วิจัยได้คำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งตั้งแต่การขนส่งทางถนนจากจุดต้นทาง คือ โรงงานผลิตน้ำตาลไปยังบริเวณสถานีขนส่งสินค้าทางรางที่เหมาะสม และการขนส่งทางรางจากสถานีขนส่งสินค้าทางรางไปยังท่าเรือแหลมฉบัง ซึ่งจะต้องมีการนำค่าใช้จ่ายของการขนส่งสินค้าทางรางไปเปรียบเทียบความคุ้มค่ากับการขนส่งสินค้าแบบเดิมคือการใช้รถบรรทุก โดยผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมต้นแบบการคำนวณค่าขนส่งของรถบรรทุกที่ถูกจัดทำขึ้นโดยหน่วยงานของกรมขนส่งทางบก [7] และสำหรับการขนส่งทางรางผู้วิจัยได้ใช้ฐานข้อมูลค่าใช้จ่ายการขนส่งจาก [8] โดยสามารถวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายได้ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการขนส่งสินค้าจากโรงงานในกลุ่มที่ 1

กลุ่มที่ 1 สถานีโนนสูง				
ค่าใช่จ่ายจากโรงงาน–สถานีขนส่งสินค้าทางราง				
โรงงาน	**ระยะทาง (กม)**	**ค่าใช้จ่ายต่อคัน (บาท)**	**จำนวนคัน (ไป-กลับ)**	**รวมค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)**
โรงงานน้ำตาลสุรินทร์	182	3,598.42	10,914	39,274,102.08
โรงงานอุตสาหกรรมโคราช	41	806.68	16,492	13,303,936.61
โรงงานอุตสาหกรรมอ่างเวียน (ราชสีมา)	79	1,567.88	11,865	18,602,669.81
โรงงานน้ำตาลครบุรี	108	2,135.33	13,120	28,015,049.26
โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์	120	2,372.59	11,346	26,918,386.52
โรงงานน้ำตาลระยอง (ชัยภูมิ)	59	1,166.52	4,617	5,385,667.11
รวมค่าใช้จ่ายจากโรงงานไปยังสถานีขนส่งสินค้าทางรางโนนสูง				131,499,811.39
ค่าใช้จ่ายสถานีขนส่งสินค้าทางราง–ท่าเรือแหลมฉบัง				
สถานีขนส่งสินค้าทางราง	**ระยะทาง (กม)**	**ค่าใช้จ่ายต่อขบวน (บาท)**	**จำนวนขบวน (ไป-กลับ)**	**รวมค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)**
สถานีโนนสูง	392	8,417.00	1,709	14,384,653.00
ค่าเช่า บทต. บรรทุกสินค้า				14,388,000.00
รวมค่าใช้จ่ายจากสถานีขนส่งสินค้าทางรางโนนสูงไปยังท่าเรือแหลมฉบัง				28,772,653.00
รวมค่าใช้จ่ายจากการขนส่งทั้งหมด				160,272,464.39

ตารางที่ 4 ต้นทุนค่าก่อสร้างสถานีที่ 1

ต้นทุนของโครงการ			
ค่าใช้จ่ายการก่อสร้างโครงการกลุ่มที่ 1	**รวมค่าใช้จ่าย (บาท)**	**ตัวปรับค่า**	**มูลค่า (เศรษฐศาสตร์)**
ค่าออกแบบรายละเอียด	35,000,000	0.8925	31,237,500
ค่าก่อสร้างอาคารและโครงสร้างพื้นฐาน	1,080,000,000	0.8925	963,900,000
ค่าอุปกรณ์ในการดำเนินงาน	390,000,000	0.8925	348,075,000
ค่าใช้จ่ายตามมาตรการสิ่งแวดล้อม	20,000,000	0.8925	17,850,000
ค่าควบคุมงานก่อสร้าง	35,000,000	0.8925	31,237,500
รวมค่าใช้จ่ายการก่อสร้าง	1,560,000,000	-	1,392,300,000

***หมายเหตุ**: ค่าใช้จ่ายดังกล่าวไม่รวมค่าชดเชยที่ดินและค่าปรับสภาพพื้นที่

เพื่อให้การคำนวณค่าใช้จ่ายมีความสอดคล้องกันผู้วิจัยได้ใช้ค่าธรรมเนียมน้ำมันของวันที่ 31 มกราคม 2563 อยู่ที่ 26.49 บาท มาใช้เป็นค่าธรรมเนียมน้ำมัน ในการคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งทั้งหมด และในรถไฟ 1 ขบวน สามารถบรรทุกตู้สินค้าได้มากถึง 40 ตู้ โดย 1 ตู้ สามารถบรรทุกน้ำหนักได้ประมาณ 25 ตัน ไม่รวมน้ำหนักตู้

ตารางที่ 4 แสดงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากค่าออกแบบรายละเอียด ค่าก่อสร้างอาคารและค่าอุปกรณ์ในการดำเนินงาน ฯลฯ ของสถานีที่ 1 โดยได้มีการนำข้อมูลค่าใช้จ่ายมาจาก [9] โดยในกลุ่มที่ 1 นี้ ได้เลือกขนาดพื้นที่สถานีขนส่งสินค้าทางรางในขนาดกลางมีพื้นที่ 600 ไร่ ซึ่งสามารถรองรับตู้คอนเทนเนอร์ได้มากถึง 100,000–200,000 ตู้ต่อปี และแสดงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของต้นทุนที่มาจากมูลค่าทางการเงินโดยใช้ตัวคูณปรับค่า [10] เป็นมูลค่าก่อนปรับมูลค่าในปีฐาน และสามารถคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการขนส่งสินค้าจากโรงงานในกลุ่มที่ 2 ได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการขนส่งสินค้าจากโรงงานในกลุ่มที่ 2

กลุ่มที่ 2 สถานีเขาสวนกวาง				
ค่าใช่จ่ายจากโรงงาน–สถานีขนส่งสินค้าทางราง				
โรงงาน	**ระยะทาง (กม)**	**ค่าใช้จ่ายต่อคัน (บาท)**	**จำนวนคัน (ไป-กลับ)**	**รวมค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)**
โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลอีสาน	107	2,115.56	6,370	13,476,362.60
โรงงานน้ำตาลมิตรกาฬสินธุ์	171	3,380.94	14,729	49,796,853.85
โรงงานน้ำตาลวังขนาย (มหาวัง)	102	2,016.70	3,903	7,870,655.56
โรงงานน้ำตาลเกษตรผล 2	35	692.00	6,298	4,358,236.69
โรงงานรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม (ขอนแก่น)	79.3	1,567.88	15,276	23,950,572.23
โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม	105	2,076.01	4,786	9,935,161.47
โรงงานน้ำตาลกุมภวาปี	46.3	915.42	6,101	5,585,156.52
โรงงานน้ำตาลขอนแก่น	21.6	427.07	11,974	5,113,595.33
โรงงานน้ำตาลสหเรือง	246	4,863.80	7,182	34,930,101.49
โรงงานรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม (ชัยภูมิ)	134	2,649.39	15,631	41,412,358.97
โรงงานน้ำตาลเอราวัณ	122	2,412.13	12,964	31,269,909.82
โรงงานน้ำตาลไทยกาญจนบุรี (อุดรธานี)	117	2,313.27	6,709	15,520,256.39
โรงงานรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม (มิตรภูหลวง)	166	3,282.08	14,159	46,469,651.65
โรงงานน้ำตาลขอนแก่น (วังสะพุง)	168	3,321.62	8,052	26,746,996.61
รวมค่าใช้จ่ายจากโรงงานไปยังสถานีขนส่งสินค้าทางรางเขาสวนกวาง				316,435,869.18
ค่าใช้จ่ายจากสถานีขนส่งสินค้าทางราง–ท่าเรือแหลมฉบัง				
สถานีขนส่งสินค้าทางราง	**ระยะทาง (กม)**	**ค่าใช้จ่ายต่อขบวน (บาท)**	**จำนวนขบวน (ไป-กลับ)**	**รวมค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)**
สถานีเขาสวนกวาง	598	11,415.00	3,354	38,285,910.00
ค่าเช่า บทต. บรรทุสินค้า				28,776,000.00
รวมค่าใช้จ่ายจากสถานีขนส่งสินค้าทางรางเขาสวนกวางไปยังท่าเรือแหลมฉบัง				67,061,910.00
รวมค่าใช้จ่ายจากการขนส่งทั้งหมด				383,497,779.18

ในกลุ่มที่ 2 นี้ ได้เลือกขนาดพื้นที่สถานีขนส่งสินค้าทางรางในขนาดกลางซึ่งมีพื้นที่ 1,300 ไร่ และสามารถรองรับตู้คอนเทนเนอร์ได้มากถึง 200,000–600,000 ตู้ต่อปี ในกรณีนี้จะเห็นได้ว่า สถานีขนส่งสินค้าทางรางทั้ง 2 แห่ง มีขนาดของสถานีที่ต่างกัน การเลือกขนาดของสถานีขนส่งสินค้าทางรางที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับจำนวนตู้คอนเทนเนอร์สินค้าทั้งหมดที่มาจากโรงงานผู้ผลิต โดยจะแสดงต้นทุนค่าก่อสร้างของสถานีในกลุ่มที่ 2 ดังตารางที่ 6

จากการคำนวณค่าใช้จ่ายการขนส่งแบบเดิมด้วยรถบรรทุก ผู้วิจัยได้วิเคราะห์จากเส้นทางที่สั้นที่สุดของแต่ละโรงงานไปยังท่าเรือแหลมฉบัง สามารถคำนวณค่าใช้จ่ายได้เท่ากับ 2,050,558,264 ล้านบาทต่อปี

เมื่อนำค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้ของการขนส่งสินค้าทางรางมาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายของการขนส่งสินค้าทางรถบรรทุกพบว่า การขนส่งสินค้าทางรางสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง จากการขนส่งทางถนนซึ่งคิดเป็นมูลค่าประมาณ 2,050,558,264 บาทต่อปี ลงเหลือประมาณ 543,770,243 ล้านบาทต่อปี หรือลดลงประมาณร้อยละ 73.48 ต่อปี

การศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการก่อสร้างสถานีขนส่งสินค้าทางราง มีกระแสเงินลงทุนของโครงการเป็นดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 6 ต้นทุนค่าก่อสร้างสถานีที่ 2

ต้นทุนของโครงการ			
ค่าใช้จ่ายการก่อสร้างโครงการกลุ่มที่ 2	**รวมค่าใช้จ่าย (บาท)**	**ตัวปรับค่า**	**มูลค่า (เศรษฐศาสตร์)**
ค่าออกแบบรายละเอียด	80,000,000.00	0.8925	71,400,000
ค่าก่อสร้างอาคารและโครงสร้างพื้นฐาน	2,700,000,000.00	0.8925	2,409,750,000
ค่าอุปกรณ์ในการดำเนินงาน	980,000,000.00	0.8925	874,650,000
ค่าใช้จ่ายตามมาตรการสิ่งแวดล้อม	20,000,000.00	0.8925	17,850,000
ค่าควบคุมงานก่อสร้าง	80,000,000.00	0.8925	71,400,000
รวมค่าใช้จ่ายการก่อสร้าง	3,860,000,000.00	-	3,445,050,000

***หมายเหตุ**: ค่าใช้จ่ายดังกล่าวไม่รวมค่าชดเชยที่ดินและค่าปรับสภาพพื้นที่

ตารางที่ 7 คำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก [7]

ค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก (โรงงาน–ท่าเรือแหลมฉบัง)				
โรงงาน	**ระยะทาง (กม)**	**ค่าใช้จ่ายต่อคัน (บาท)**	**จำนวนรถบรรทุก (ไป-กลับ)**	**รวมค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)**
โรงงานน้ำตาลสุรินทร์	397	7849.31	10,914	85,669,433.32
โรงงานอุตสาหกรรมน้ำตาลอีสาน	645	12752.66	6,370	81,235,923.51
โรงงานน้ำตาลมิตรกาฬสินธุ์	623	12317.68	14,729	181,423,423.89
โรงงานน้ำตาลวังขนาย (มหาวัง)	509	10063.72	3,903	39,276,081.59
โรงงานน้ำตาลเกษตรผล 2	567	11210.48	6,298	70,603,938.23
โรงงานอุตสาหกรรมโคราช	350	6920.05	16,492	114,126,923.35
โรงงานรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม (ขอนแก่น)	518	10241.67	15,276	156,449,382.02
โรงงานอุตสาหกรรมอ่างเวียน (ราชสีมา)	405	8007.48	11,865	95,007,594.00
โรงงานน้ำตาลครบุรี	277	5476.72	13,120	71,853,334.41
โรงงานน้ำตาลทรายขาวเริ่มอุดม	629	12436.31	4,786	59,516,451.25

ตารางที่ 7 คำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก [7] (ต่อ)

ค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้าด้วยรถบรรทุก (โรงงาน–ท่าเรือแหลมฉบัง)				
โรงงาน	**ระยะทาง (กม)**	**ค่าใช้จ่ายต่อคัน (บาท)**	**จำนวนรถบรรทุก (ไป-กลับ)**	**รวมค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)**
โรงงานน้ำตาลกุมภวาปี	580	11467.51	6,101	69,965,522.08
โรงงานน้ำตาลขอนแก่น	532	10518.47	11,974	125,944,690.79
โรงงานน้ำตาลสหเรือง	680	13444.66	7,182	96,554,820.98
โรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์	439	8679.72	11,346	98,476,373.01
โรงงานรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม (ชัยภูมิ)	512	10,123.04	15,631	158,232,259.65
โรงงานน้ำตาลเอราวัณ	621	12,278.14	12,964	159,169,004.37
โรงงานน้ำตาลไทยกาญจนบุรี (อุดรธานี)	653	12,910.83	6,709	86,621,705.11
โรงงานรวมเกษตรกรอุตสาหกรรม (มิตรภูหลวง)	608	12,021.11	14,159	170,202,065.21
โรงงานน้ำตาลขอนแก่น (วังสะพุง)	611	12,080.42	8,052	97,276,314.81
โรงงานน้ำตาลระยอง (ชัยภูมิ)	361	7,137.53	4,617	32,953,023.15
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด				2,050,558,264.71

ตารางที่ 8 กระแสเงินลงทุนของโครงการ

ปี	**Cost**			**Benefit**			**ผลประโยชน์สุทธิ**
	ค่าลงทุนก่อสร้าง	**ค่าดำเนินการ**	**รวม (บาท)**	**ผลต่างค่าขนส่ง**	**มูลค่าซาก**	**รวม (บาท)**	
0	4,837,350,000	-	4,837,350,000	-	-	-	–4,837,350,000
1	-	-		-	-	-	-
2	-	-		-	-	-	-
3	-	78,718,500	78,718,500	1,539,937,357	-	1,539,937,357	1,461,218,857
4	-	79,168,320	79,168,320	1,638,493,348	-	1,638,493,348	1,559,325,028
5	-	79,627,136	79,627,136	1,743,356,922	-	1,743,356,922	1,663,729,786
6	-	80,095,129	80,095,129	1,854,931,765	-	1,854,931,765	1,774,836,636
7	-	80,572,482	80,572,482	1,973,647,398	-	1,973,647,398	1,893,074,916
8	-	81,059,381	81,059,381	2,099,960,831	-	2,099,960,831	2,018,901,450
9	-	81,556,019	81,556,019	2,234,358,325	-	2,234,358,325	2,152,802,306
10	-	82,062,589	82,062,589	2,377,357,257	-	2,377,357,257	2,295,294,668
11	-	82,579,291	82,579,291	2,529,508,122	-	2,529,508,122	2,446,928,831
12	-	83,106,327	83,106,327	2,691,396,642	-	2,691,396,642	2,608,290,315
13	-	83,643,904	83,643,904	2,863,646,027	-	2,863,646,027	2,780,002,123
14	-	84,192,232	84,192,232	3,046,919,372	-	3,046,919,372	2,962,727,141
15	-	84,751,526	84,751,526	3,241,922,212	-	3,241,922,212	3,157,170,686
16	-	85,322,007	85,322,007	3,449,405,234	-	3,449,405,234	3,364,083,227
17	-	85,903,897	85,903,897	3,670,167,169	-	3,670,167,169	3,584,263,272
18	-	86,497,425	86,497,425	3,905,057,868	-	3,905,057,868	3,818,560,443

ตารางที่ 8 กระแสเงินลงทุนของโครงการ (ต่อ)

ปี	Cost			Benefit			ผลประโยชน์สุทธิ
	ค่าลงทุนก่อสร้าง	ค่าดำเนินการ	รวม (บาท)	ผลต่างค่าขนส่ง	มูลค่าซาก	รวม (บาท)	
19	-	87,102,823	87,102,823	4,154,981,571	-	4,154,981,571	4,067,878,748
20	-	87,720,330	87,720,330	4,420,900,392	-	4,420,900,392	4,333,180,062
21	-	88,350,186	88,350,186	4,703,838,017	-	4,703,838,017	4,615,487,830
22	-	88,992,640	88,992,640	5,004,883,650	-	5,004,883,650	4,915,891,010
23	-	89,647,943	89,647,943	5,325,196,203	-	5,325,196,203	5,235,548,261
24	-	90,316,352	90,316,352	5,666,008,760	-	5,666,008,760	5,575,692,409
25	-	90,998,129	90,998,129	6,028,633,321	-	6,028,633,321	5,937,635,192
26	-	91,693,541	91,693,541	6,414,465,854	-	6,414,465,854	6,322,772,312
27	-	92,402,862	92,402,862	6,824,991,668	-	6,824,991,668	6,732,588,806
28	-	93,126,369	93,126,369	7,261,791,135	-	7,261,791,135	7,168,664,766
29	-	93,864,347	93,864,347	7,726,545,768	-	7,726,545,768	7,632,681,421
30	-	94,617,084	94,617,084	8,221,044,697	21,600,000	8,242,644,697	8,148,027,613

จากตารางที่ 8 กระแสเงินสดค่าดำเนินการและผลต่างค่าขนส่งได้ทำการคูณด้วยตัวคูณปรับค่าทางเศรษฐศาสตร์ [10] โดยมีสมมติฐานอัตราคิดลด (Discount Rate) ร้อยละ 12 ต่อปี อัตราการเติบโตของการขนส่งสินค้า ร้อยละ 6.4 ต่อปี ตลอดอายุโครงการ 30 ปี แล้วจึงวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ ผลที่ได้จากการคำนวณแสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

โครงการก่อสร้าง	NPV (พันล้านบาท)	IRR (ร้อยละต่อปี)	B/C
สถานีขนส่งสินค้าทางราง	6.24	13.70	2.70

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของกรณีศึกษาหากมีการก่อสร้างโครงการทั้ง 2 แห่ง ระยะเวลาในการวิเคราะห์อยู่ที่ 30 ปี มูลค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ของโครงการปี 2593 จะมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อยู่ที่ประมาณ 6.24 พันล้านบาท โดยมีอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (IRR) ที่ประมาณร้อยละ 13.70 ต่อปี ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 12 ต่อปี อ้างอิงจากงานศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในโครงการก่อสร้างทางเลี่ยงเมืองนครสวรรค์ของกรมทางหลวง [11] และงานจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาท่าเรือบกของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร [9] ดังนั้น โครงการก่อสร้างสถานีขนส่งสินค้าทางราง จึงมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

4. อภิปรายผลและสรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาตำแหน่งของสถานีขนส่งสินค้าทางรางที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งน้ำตาลทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยได้พิจารณาปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการกำหนดตำแหน่ง ประกอบด้วย 4 ปัจจัย คือ ระยะทางการขนส่งสินค้าทางถนน ระยะทางการขนส่งสินค้าทางราง ปริมาณการผลิตน้ำตาลของโรงงาน และต้นทุนการขนส่งสินค้า [12] ซึ่งปัจจัยทั้งหมดเหล่านี้ล้วนเป็นแนวทางที่สำคัญเพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์เปรียบเทียบการลงทุนความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ระหว่างการขนส่งสินค้าทางรางกับการขนส่งสินค้าทางถนน ซึ่งการขนส่งทางรางมีศักยภาพในการลดต้นทุนการขนส่งได้ดีกว่าการขนส่งทางถนนโดยรถไฟ 1 ขบวน สามารถบรรทุกตู้คอนเทนเนอร์ได้มากถึง 40 ตู้ เทียบกับการขนส่งทางถนนที่ต้องใช้รถบรรทุกถึง 40 คัน

สำหรับผลการทดสอบการจัดตำแหน่งสถานีรถไฟศูนย์กลางที่เหมาะสมของโรงงานน้ำตาลกลุ่มที่ 1 คือ สถานีรถไฟโนนสูง และกลุ่มที่ 2 คือ สถานีรถไฟเขาสวนกวางพบว่า การขนส่งทางถนนจากโรงงานน้ำตาลไปยังสถานีขนส่งสินค้า และขนส่งทางรางต่อไปยังท่าเรือแหลมฉบังเปรียบเทียบกับการขนส่งทางถนนจากโรงงานตรงไปยังท่าเรือแหลมฉบัง สามารถลดต้นทุนการขนส่งลงได้มากถึงร้อยละ 74 และ 73 ตามลำดับ

เมื่อทำการพิจารณาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับการลงทุนการขนส่งด้วยระบบรางในระยะยาวแล้วพบว่า ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐศาสตร์มีความเหมาะสมแก่การลงทุนคล้ายคลึงกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [13], [14] ซึ่งอาจจะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสม และการตัดสินใจของผู้ประกอบการเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และผลประกอบการของธุรกิจประกอบด้วย

งานวิจัยนี้คาดว่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบขนส่งสินค้าทางรางของประเทศไทย ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการขนส่งสินค้าภายในประเทศและยังสอดคล้องกับนโยบายของภาครัฐที่มีแนวทางการพัฒนาระบบขนส่งสินค้าทางรางให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งยังเป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าทางเลือกที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ การรถไฟแห่งประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อข้อมูล และผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่งานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Office of the Cane and Sugar Board. (2018). *The production report granulated sugar yearly of factory nationwide*. [Online] (in Thai). Available: http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9040.pdf

[2] R. Preecha, M. Jungtrakoon, K. Seekongpet, and W. Ratchawetchakul. (2017). *New context of Thai cane and sugar factory*.[Online] (in Thai). Available: https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/NorthEastern/Doclib_Seminar60/41_Paper_SugarcaneIndust.pdf

[3] H. M. Bittela, A. T. D. Perera, D. Mauree, and J.-L. Scartezzinia, "Locating multi energy systems for a neighborhood in Geneva using K-means clustering," *Energy Procedia*, vol. 122, pp. 169–174, 2017.

[4] R. Kuo, L. Ho, and C. M. Hu, "Integration of self-organizing feature map and K-means algorithm for market segmentation," *Computers & Operations Research*, vol. 29, no. 11, pp. 1475–1493, 2002.

[5] W. Yu, F. Zhao, W. Yang, and H. Xu, "Integrated analysis of CFD simulation data with K-means clustering algorithm for soot formation under varied combustion conditions," *Applied Thermal Engineering*, vol. 153, pp. 299-305, 2019.

[6] V. Kanlaya, *Multivariate Analysis (Cluster Analysis)*. Bangkok: Department of Statistics Chulalongkorn Business School, 2009 (in Thai).

[7] V. Varameth. (2016). *A project to study transportation cost and distribution of goods to support the development of freight stations all over the coutry*. [Online] (in Thai). Available: http://www.thaitruckcenter.com/tdsc/ViewFile.aspx?fpath=FileDoc&sname=kudltcost_v122.xlsm&fname=kudltcost_v122.xlsm

[8] State Railway of Thailand, "Container group," State Railway of Thailand, Bangkok, Thailand, 2019 (in Thai).

[9] Office of Transport and Traffic Policy and P lanning. (2014). *The education development for increase efficiency of continuous transport*

Various system connect with area final report. [Online] (in Thai). Available: http://www.otp.go.th/uploads/tiny_uploads/ProjectOTP/2556/Project5-ProjectBase/e-book/index.html

[10] M. Mathagul, " Economic value analysis of a delayed public construction project : A case study of the Nakhon Sawan province eastern bypass project," *UBU Engineering Journal*, vol. 6, no. 1, pp. 9–21, 2013 (in Thai).

[11] Department of Highway. (2010). *Study on economic engineering and environmental impact the Nakhon Sawan province eastern bypass project*. [Online] (in Thai). Available: http://planning.doh.go.th/node/432

[12] D. Ribbink, A. van Riel, and J. Semeijn, "Policy decisions and modal choice: An example from the European Union," *Transportation Journal*, vol. 44, no. 1, pp. 33–44, 2005.

[13] C. Inmuang. (2010, August). *Modeling transport costs and modal shifts in freight transport: A case of Thailand*. [Online] (in Thai). Available: https://thesis.eur.nl/pub/33259/Inmuang-C.-Modeling-Transport-Costs-and-Modal-Shifts-in-Freight-Transport-A-Case-of-Thailand.pdf

[14] T.-E. S. Hanssen, T. A. Mathisen, and F. Jørgensen, "Generalized transport costs in intermodal freight transport," *Social and Behavioral Sciences*, vol. 54, pp. 189–200, 2012.