บทความวิจัย

การประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) และแนวคิดพื้นฐานของวิธี FMADM (Fuzzy Multi-Attribute Decision-Making Approach) ในการคัดเลือกพื้นที่สถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

พนกฤษณ คลังบุญครอง
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
วุฒิไกร ไชยปัญหา*
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 0405 4945 อีเมล: w.chaipanha@gmail.com DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.07.011
รับเมื่อ 22 กุมภาพันธ์ 2564 แก้ไขเมื่อ 2 เมษายน 2564 ตอบรับเมื่อ 5 เมษายน 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 27 กรกฎาคม 2565
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการ Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Method (FMADM) บูรณาการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น วิธีค่าคะแนนฟัซซี และการรวมค่าคะแนนโดยวิธี Simple Additive Weight (SAW) ในการหาค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยที่ซึ่งการตัดสินใจคัดเลือกสถานที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ ผลการศึกษาพบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้านวิศวกรรมสูงที่สุด เท่ากับ 0.490 รองลงมาคือ ปัจจัยหลักทางด้านเศรษฐกิจที่ค่าน้ำหนักความสำคัญ เท่ากับ 0.325 และปัจจัยหลักทางด้านสิ่งแวดล้อมมีค่าน้ำหนักความสำคัญต่ำสุด เท่ากับ 0.185 โดยความต้องการในการขนส่งสินค้าเป็นปัจจัยรองด้านวิศวกรรมที่มีความสำคัญสูงสุดมีค่าน้ำหนักเท่ากับ 0.212 และเมื่อทำการคำนวณค่าคะแนนโดยพิจารณาคุณสมบัติของที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์กับค่าน้ำหนักปัจจัย สรุปได้ว่า สถานีหนองคายใหม่ (จังหวัดหนองคาย) และสถานีทุ่งโพธิ์ (จังหวัดสุราษฎร์ธานี) เป็นพื้นที่สถานีที่มีศักยภาพสูงสุดสำหรับเสนอเป็นพื้นที่ก่อสร้างสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ในลำดับแรก ซึ่งได้ค่าคะแนนเท่ากับ 0.799 และ 0.781 ตามลำดับ

คำสำคัญ: กระบวนการตัดสินใจแบบหลายคุณสมบัติที่คลุมเครือ วิธีวิเคราะห์ตามลำดับชั้น การคัดเลือกพื้นที่ สถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

การอ้างอิงบทความ: พนกฤษณ คลังบุญครอง และ วุฒิไกร ไชยปัญหา, "การประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) และแนวคิดพื้นฐานของวิธี FMADM (Fuzzy Multi-Attribute Decision-Making Approach) ในการคัดเลือกพื้นที่สถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 2565, doi: 10.14416/j.kmutnb.2022.07.011.

Research Article

Application of Analytical Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Multi-Attribute Decision-Making Approach (FMADM) in the Site Selection of Container Yard Terminal

Pongrid Klungboonkrong
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand
Wuttikrai Chaipanha*
Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khon Kaen Campus, Khon Kaen, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 0405 4945, E–mail: w.chaipanha@gmail.com
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.07.011
Received 22 February 2021; Revised 2 April 2021; Accepted 5 April 2021; Published online: 27 July 2022
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

This study applied the Fuzzy Multiple Attribute Decision-Making Method (FMADM) to integrate the Analytical Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Scoring, and Simple Additive Weight (SAW) together in order to determine the weights of the important factors behind the site selection of the container yard terminal. The study showed that the experts gave the highest weight to the engineering factor (0.490), followed by the economic factor, with the weight of 0.325 whereas the environmental factor was given the lowest weight of 0.185. The demand for transportation of goods was the second highest factor in terms of engineering, with the weight given at 0.212. When the scores were calculated by considering the characteristics of the location of containers yard against the factor weights, it could be concluded that the new Nongkhai Station in Nongkhai Province and Thung Pho Station in Surat Thani Province are the stations that have the highest potentialities to be proposed as the first priorities for the construction of the container yard terminal; with the weights of 0.799 and 0.781, respectively.

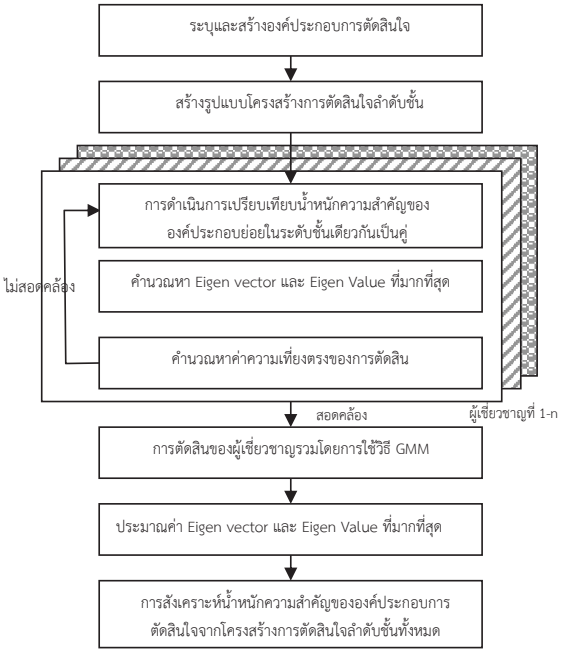
Keywords: Analytical Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Multi-Attribute Decision-Making (FMADM), Site Selection, Container Yard Terminal

Please cite this article in press as: P. Klungboonkrong and W. Chaipanha, "Application of analytical hierarchy process (AHP) and fuzzy multi-attribute decision-making approach (FMADM) in the site selection of container yard terminal," *The Journal of KMUTNB*, 2022 (in Thai), doi: 10.14416/j.kmutnb.2022.07.011

1. บทนำ

จากแนวทางการพัฒนาระบบขนส่งทางรางโดยเชื่อมต่อเส้นทางให้มีประสิทธิภาพ และลดการใช้พลังงานในภาคการขนส่ง การก่อสร้างสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์เพื่อการจัดการลอจิสติกส์ จึงเป็นโครงการหนึ่งในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งที่สำคัญ ประกอบกับแนวโน้มการขยายตัวทางเศรษฐกิจในภาคตะวันออกและตะวันออกเฉียงเหนืออย่างต่อเนื่อง และสถานีบรรจุและแยกสินค้ากล่อง (Inland Container Depot; ICD) ที่ลาดกระบัง มีการใช้งานเกินความจุเนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ ทำให้ไม่สามารถรองรับการพัฒนาระบบการจัดการขนส่งสินค้าและบริการ เพื่อการส่งออกของประเทศได้อย่างเพียงพอ จึงจำเป็นต้องวางแผนและเตรียมพร้อมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการขนส่งสินค้า (Logistics) ในการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ เชื่อมโยงโครงข่ายการบริหารจัดการสินค้าและบริการ ทั้งพื้นที่ชนบท เมือง และระหว่างประเทศ การคัดเลือกสถานที่ก่อสร้างสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์จึงเป็นประเด็นหนึ่งที่สำคัญ ซึ่งจะนำไปสู่ความสำเร็จของโครงการ ทั้งนี้ มีปัจจัยหลายประการที่มีผลกระทบต่อการพิจารณาคัดเลือกสถานที่ดังกล่าว ซึ่งแต่ละปัจจัยก็มีความสำคัญไม่เท่ากัน ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางด้านวิศวกรรม เศรษฐกิจ หรือสิ่งแวดล้อม โดยบางปัจจัยสามารถระบุค่าเป็นตัวเลขได้ บางปัจจัยไม่สามารถระบุได้ และมีความคลุมเครือและมีความซับซ้อนกระบวนการตัดสินใจ

การวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการ Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Method (FMADM) ซึ่งบูรณาการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytical Hierarchy Process; AHP) วิธีค่าคะแนนฟัซซี (Fuzzy Scoring Method; FSM) และการรวมค่าคะแนนโดยวิธี Simple Additive Weight (SAW) ในการหาค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยที่ซึ่งการตัดสินใจคัดเลือกสถานที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ จากปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ ได้อย่างเป็นระบบและเหมาะสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกและจัดลำดับความสำคัญของพื้นที่สถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์สำหรับการจัดการลอจิสติกส์และการขนส่งสินค้าทางรถไฟในอนาคต โดยการประยุกต์ใช้วิธีวิเคราะห์ตามลำดับชั้น AHP และ FMADM



รูปที่ 1 วิธีดำเนินการของ AHP [2]

วรรณกรรมและการศึกษาที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

1.1 วิธีวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP)

Saaty [1] การวิเคราะห์เพื่อจัดเรียงลำดับความสำคัญด้วยวิธีการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) แบ่งขั้นตอนเป็น 3 ส่วนหลัก ดังแสดงในรูปที่ 1

1) Decomposition การกำหนดและจำแนกองค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกระบวนการตัดสินใจออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อจัดกระบวนการตัดสินใจให้เป็นรูปแบบโครงสร้างการตัดสินใจแบบลำดับชั้น (Hierarchy Structure)

2) Prioritisation การให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละองค์ประกอบการตัดสินใจในแต่ละระดับชั้นของโครงสร้างการตัดสินใจแบบลำดับชั้น โดยอาศัยการเปรียบเทียบน้ำหนักความสำคัญ ซึ่งได้มาจากผลการสัมภาษณ์ผู้ตัดสินใจแต่ละคน หรือจากความคิดเห็นที่เป็นมติของกลุ่มผู้ตัดสินใจ

3) Synthesis โดยทั่วไปกระบวนการตัดสินใจ AHP จะประยุกต์ใช้ “Principle of Hierarchy Composition”

ในการบูรณาการน้ำหนักความสำคัญแต่ละค่าของปัจจัยเป็นน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์รวม (Global Relative Importance) เพื่อนำไปพิจารณาหาทางเลือกที่ดีที่สุด

1.2 วิธี FMADM (Fuzzy Multi-Attribute Decision-Making Approach)

1) Fuzzy Number

Chen และ Hwang [3] การเปลี่ยนข้อมูลที่เป็นคำพูดให้เป็นค่าตัวเลขฟัซซี ระบบการประมาณประกอบด้วยระบบการแปลงคำพูด 5 คำ ที่คลุมเครือ (ต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก) ดังแสดงในรูปที่ 2

2) Crisp Score

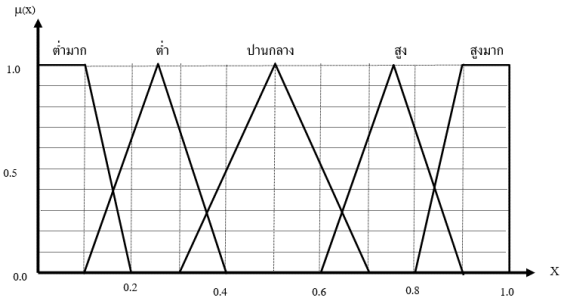
Chen และ Hwang [3] ใช้วิธี Fuzzy Scoring Method ในการประมาณค่าคะแนนที่เป็นตัวเลข (CRISP) จากตัวเลขฟัซซี ซึ่งวิธีการคำนวณหาค่าคะแนนนี้มีพื้นฐานมาจากวิธี Fuzzy Ranking Method ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดย Chen [5] วิธีของ Chen และ Hwang [3] ใช้ทั้งด้านซ้ายและขวาของวิธีการให้ค่าคะแนนแบบอัตถประโยชน์ (Utility Scoring Method) ในการหาค่าคะแนนรวมสำหรับตัวเลขฟัซซีแต่ละค่า ดังแสดงในรูปที่ 3

Chen และ Hwang [3] แสดงให้เห็นว่าถ้าค่าตัวเลขฟัซซีสามารถแสดงให้อยู่ในรูปแบบสี่เหลี่ยมคางหมู (รูปที่ 3) (M_{tpz} = (a,b,c,d)) ค่าคะแนนอรรถประโยชน์รวม ($\mu T(i)$) สามารถคำนวณได้โดยง่ายจากสมการที่ (1) แสดงผลการคำนวณค่าคะแนนอรรถประโยชน์รวม ($\mu T(i)$) ดังตารางที่ 1

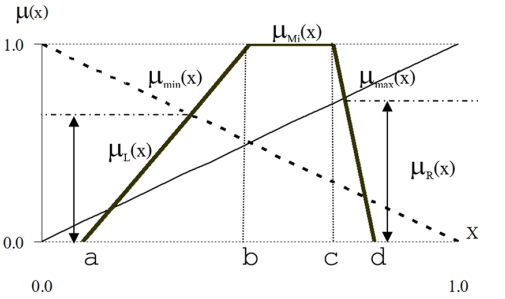
$$C = \frac{1}{2}\left(\frac{d}{(1-c+d)} + \frac{b}{(b-a+1)}\right) \quad (1)$$

3) การประยุกต์วิธี MADM ในการจัดเรียงลำดับความสำคัญของทางเลือก

ประยุกต์ใช้วิธี MADM ในการจัดเรียงลำดับความสำคัญของทางเลือกทั้งหมด ซึ่งวิธี Simple Additive Weight (SAW) มักจะถูกนำมาใช้ เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจและวัดค่า รวมทั้งสามารถให้เหตุผลที่ดีในการ



รูปที่ 2 การแปลง 5 คำพูดที่คลุมเครือให้เป็น Fuzzy Number [4]



รูปที่ 3 แผนภาพการคำนวณค่าคะแนนฟัซซีโดยวิธีของ Cheng และ Hwang [6]

ตารางที่ 1 การคำนวณหาค่าอรรถประโยชน์รวมสำหรับ 5 ระดับคำพูด [3]

ตัวเลขฟัซซี M(i)	องค์ประกอบของ Mtpz (i)				ค่าคะแนนอรรถประโยชน์รวม μT(i)	ค่าคะแนนอรรถประโยชน์รวมที่ปรับค่าแล้ว
	a	b	c	d		
ต่ำมาก (Very low)	0	0	0.1	0.2	0.0909	0.1000
ต่ำ (Low)	0.1	0.25	0.25	0.4	0.2826	0.3109
ปานกลาง (Medium)	0.3	0.5	0.5	0.7	0.5000	0.5500
สูง (High)	0.6	0.75	0.75	0.9	0.7174	0.7891
สูงมาก (Very High)	0.8	0.9	1.0	1.0	0.9091	1.000

จัดลำดับความสำคัญของปัญหา MADM [2] ดังนั้น ในการให้ค่าระดับความสำคัญของเกณฑ์ที่พิจารณาสามารถหาได้จากสมการที่ (2) และสมการที่ (3)

$$CI_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \times r_{ij} \quad (2)$$

โดยที่

$$\sum_{j=1}^{n} w_j = 1, w_j \rangle\ 0 \quad (3)$$

เมื่อ

CI_i = Composite Index ของทางเลือก i

w_j = ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยย่อย j

r_{ij} = ค่าน้ำหนักของค่าคะแนนของทางเลือก i เมื่อพิจารณาภายใต้ปัจจัยย่อย j

n = จำนวนปัจจัยย่อยทั้งหมดที่พิจารณา

1.3 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Wey [7] ได้คัดเลือกสถานที่สำหรับโครงการ Joint Development Station ร่วมกับสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินในเมืองไถจง ประเทศไต้หวัน โดยใช้วิธี AHP ซึ่งบูรณาการกับวิธี Data Envelopment Analysis (DEA) โดยปัจจัยที่ใช้พิจารณาจะเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่โดยรอบสถานีในสภาพปัจจุบัน ซึ่งพบว่า ปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ของการพัฒนามีค่าน้ำหนักมากที่สุด และการศึกษาระบุว่า สถานี S5 เหมาะสมกับการพัฒนามากที่สุด

Bhandari และคณะ [8] ทำการศึกษาการจัดลำดับความสำคัญโครงการก่อสร้างถนนในประเทศเนปาล โดยใช้วิธี AHP มีปัจจัยหลักที่ใช้ในการคัดเลือกโครงการ 3 ปัจจัย คือ 1) ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ 2) ปัจจัยด้านการคาดหวังทางสังคม และ 3) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า ปัจจัยด้านเศรษฐกิจส่งผลต่อลำดับความสำคัญโครงการก่อสร้างถนนมากที่สุด

ณัฐพงศ์ และคณะ [9] ทำการศึกษาเพื่อคัดเลือกสถานที่สำหรับพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานี (TOD) ประเภทศูนย์กลางเมือง (Urban Center) ตามแนวเส้นทางระบบรถไฟฟ้ารางเบา (Light Rail Transit; LRT) พื้นที่ผังเมืองรวมขอนแก่น โดยประยุกต์ใช้การบูรณาการวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ (AHP), วิธีค่าคะแนนฟัซซี (FSM) และ Simple Additive Weight (SAW) โดยได้พิจารณาปัจจัยหลัก 2 ประการ ได้แก่ ปัจจัยด้านศักยภาพความพร้อมทางกายภาพ และปัจจัยด้านศักยภาพการดึงดูดการลงทุนด้านที่ดินในอนาคต พบว่า สถานีเซนเตอร์พอยท์มีค่าคะแนนมากที่สุด (0.777) รองลงมาคือสถานีมหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (0.766) และสถานีประตูเมือง (0.733) ตามลำดับ

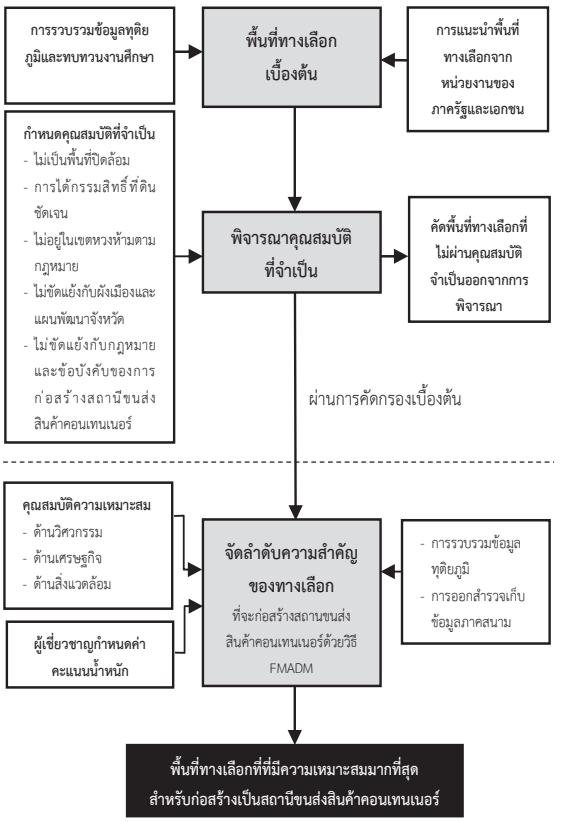
จากการทบทวนการศึกษาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในอดีตจะเห็นได้ว่าวิธี AHP ได้ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์และแก้ปัญหาที่มีความคลุมเครือ และมีความซับซ้อนของกระบวนการตัดสินใจอย่างหลากหลายและเป็นกระบวนการที่เป็นที่ยอมรับและมีความน่าเชื่อถือ งานวิจัยนี้ได้นำเสนออีกหนึ่งรูปแบบการวิเคราะห์ซึ่งได้บูรณาการการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) วิธีค่าคะแนนฟัซซี Fuzzy (FSM) และการรวมค่าคะแนนโดยวิธี Simple Additive Weight (SAW) ในการหาค่าคะแนนความสำคัญของปัจจัยในการตัดสินใจคัดเลือกตำแหน่งที่ตั้งของสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานสนับสนุนการขนส่งทางรางและระบบลอจิสติกส์ที่มีการศึกษาค่อนข้างน้อย รวมทั้งมีปัจจัยในการพิจารณาจำนวนในการศึกษาที่มีความซับซ้อนจำนวนมากที่มีผลต่อสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ขั้นตอนการคัดกรองสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์เบื้องต้น และนำไปสู่การคัดเลือกพื้นที่มีความเหมาะสมมากที่สุด สำหรับก่อสร้างเป็นสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ ดังแสดงในรูปที่ 4

2.1 ทางเลือกที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

การกำหนดคุณสมบัติที่ที่ใช้ในการคัดกรองพื้นที่สถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์เบื้องต้น เช่น เป็นพื้นที่ที่มีการเข้า-ออก ได้ทั้งทางรถไฟและทางถนน หรือสามารถพัฒนา



รูปที่ 4 ขั้นตอนการคัดกรองพื้นที่สถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

เส้นทางเข้า-ออก เช่น ไม่เป็นพื้นที่ที่ถูกปิดล้อมจากสิ่งปลูกสร้างหรือที่ดินที่ไม่สามารถเวนคืน มีศักยภาพของการได้มาซึ่งกรรมสิทธิ์ที่ดินสำหรับการก่อสร้างสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ ไม่อยู่ในเขตหวงห้ามตามกฎหมาย และเป็นพื้นที่สามารถพัฒนาให้เป็นสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ได้โดยไม่ขัดแย้งกับผังเมือง แผนพัฒนาจังหวัด และโครงการพัฒนาพื้นที่ต่างๆ ของรัฐ โดยพื้นที่ที่ผ่านการคัดกรองเบื้องต้น (แสดงดังรูปที่ 5) ดังต่อไปนี้

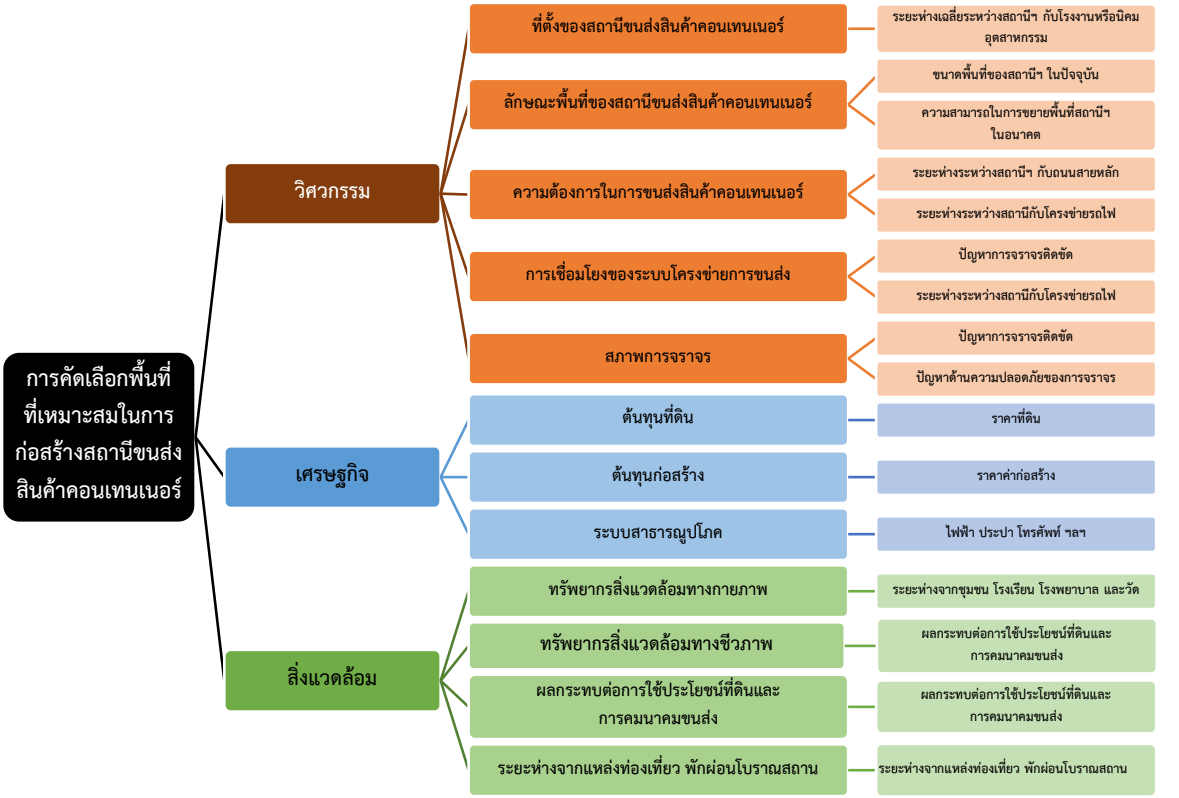
- ห้างฉัตร (จังหวัดลำปาง)
- บ้านตูม (จังหวัดพิษณุโลก)
- หนองคายแห่งใหม่ (จังหวัดหนองคาย)
- ท่าพระ (จังหวัดขอนแก่น)
- บุ่งหวาย (จังหวัดอุบลราชธานี)

รูปที่ 5 ทางเลือกที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

- ทุ่งมะเม่า (จังหวัดประจวบคีรีขันธ์)
- ทุ่งโพธิ์ (จังหวัดสุราษฎร์ธานี)
- นาม่วง (จังหวัดสงขลา)

2.2 การจำแนกองค์ประกอบการตัดสินใจออกเป็นส่วนย่อยๆ (Decomposition)

โครงสร้างการตัดสินใจแบบลำดับชั้นตามวิธี AHP สำหรับการศึกษานี้ ดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แผนภูมิโครงสร้างการตัดสินใจแบบลำดับชั้น เพื่อคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้างสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

2.3 การจัดลำดับความสำคัญ (Prioritisation)

ทำการรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้งสิ้น จำนวน 12 คน ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ครอบคลุมทุกมิติในการวิเคราะห์ และพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมที่จะก่อสร้างเป็นที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ โดยกำหนดสัดส่วนของผู้เชี่ยวชาญให้มีความเหมาะสมและใกล้เคียงกันเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความได้เปรียบเสียเปรียบในการให้ค่าน้ำหนักปัจจัยด้านใดด้านหนึ่งเป็นพิเศษ แยกเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการขนส่งสินค้าและลอจิสติกส์ 2 คน ด้านการขนส่งสินค้าโดยคอนเทนเนอร์ 2 คน ด้านการขนส่งสินค้าผ่าน ICD 3 คน ด้านเศรษฐศาสตร์ 2 คน และด้านสิ่งแวดล้อม 3 คน โดยการพิจารณาค่าคะแนนระดับความสำคัญของเกณฑ์หลักสำหรับการเปรียบเทียบเป็นคู่ เพื่อให้ค่าคะแนนน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่มีผลต่อการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมที่จะก่อสร้างเป็นที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ ดังแสดงในตารางที่ 2

จากการทบทวนการศึกษาในอดีตที่ผ่านมา เช่น The Feasibility Study on Measures to Promote the Container Handling System Through Laem Chabang Port in the Kingdom of Thailand: Final Report (Summary) โครงการศึกษาความเหมาะสมในการจัดตั้งศูนย์บริการขนส่งสินค้าด้วยคอนเทนเนอร์ (Inland Container Depot; ICD) ทางรถไฟ ณ จังหวัดขอนแก่น [6] โครงการศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ วิศวกรรมและสิ่งแวดล้อม และสำรวจออกแบบเพื่อก่อสร้างสถานีขนส่งทางลำน้ำเพื่อการประหยัดพลังงาน [4] ร่วมกับการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ และการสำรวจภาคสนามสามารถกำหนดค่าคะแนน

ตารางที่ 2 ค่าคะแนนระดับความสำคัญของเกณฑ์หลักสำหรับการเปรียบเทียบเป็นคู่

ค่าคะแนนความสำคัญเปรียบเทียบ	คำจำกัดความ	คำอธิบาย
1	สำคัญเท่ากัน	การวินิจฉัยของทั้งสองปัจจัยมีผลเท่ากัน
3	สำคัญกว่าปานกลาง	การวินิจฉัยพบว่าปัจจัยหนึ่งสำคัญมากกว่าปัจจัยหนึ่งปานกลาง
5	สำคัญกว่ามาก	การวินิจฉัยพบว่าปัจจัยหนึ่งสำคัญมากกว่าปัจจัยหนึ่งมาก
7	สำคัญกว่ามากมาก	การวินิจฉัยพบว่าปัจจัยหนึ่งสำคัญมากกว่าปัจจัยหนึ่งมากมาก
9	สำคัญสูงสุด	มีหลักฐานสนับสนุนความพึงพอใจในปัจจัยหนึ่งสำคัญกว่าปัจจัยหนึ่งมากที่สุดเท่าที่เป็นไปได้
2, 4, 6, 8	เพื่อลดช่วงการพิจารณาให้มีความเหมาะสม	เพื่อลดช่องว่างในการวินิจฉัยเปรียบเทียบในลักษณะที่ก้ำกึ่งและไม่สามารถอธิบายด้วยคำพูดที่เหมาะสม

ของแต่ละปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 3 และผลการให้คะแนนคุณสมบัติของสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ ดังแสดงในตารางที่ 4

2.4 การสังเคราะห์ (Synthesis)

เมื่อได้ค่าน้ำหนักความสำคัญแต่ละปัจจัยย่อย ในทุกการตัดสินใจเปรียบเทียบในแต่ละชั้นของโครงสร้างการตัดสินใจแบบลำดับชั้น โดยทั่วไปกระบวนการตัดสินใจ AHP ที่ปรึกษาได้ประยุกต์ใช้ “Principle of Hierarchy Composition” ในการบูรณาการน้ำหนักความสำคัญแต่ละค่าของปัจจัยเป็นน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์รวม (Global Relative Importance) เพื่อนำไปพิจารณาหาทางเลือกที่ดีที่สุด โดยน้ำหนักความสำคัญ จะเป็นตัวช่วยให้ผู้ตัดสินใจในการกำหนดลำดับของทางเลือก รวมถึงสามารถระบุทางเลือกที่ดีที่สุดโดยการพิจารณาน้ำหนักความสำคัญสัมพัทธ์รวม

ตารางที่ 3 การแบ่งช่วงคะแนนแต่ละปัจจัย

ข้อ	รายการ		หน่วยหรือขนาด	เกณฑ์คะแนน				
	วิศวกรรม	ปัจจัย		A (1.000)	B (0.7891)	C (0.5500)	D (0.3109)	E (0.1000)
1.	1.1 ที่ตั้งของสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์	1.1.1 ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างสถานีกับโรงงานหรือนิคมอุตสาหกรรม	กิโลเมตร	≤ 10	10.1–20	20.1–30	30.1–50	> 50
	1.2 ลักษณะพื้นที่ของสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์	1.2.1 ขนาดพื้นที่ของสถานีในปัจจุบัน	ไร่	> 40	30.1–40	20.1–30	10.1–20	≤10
		1.2.2 ความสามารถในการขยายพื้นที่สถานีในอนาคต	ไร่	> 20	15.1–20	10.1–15	5.1–10	≤ 5
	1.3 ความต้องการในการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์	1.3.1 ปริมาณการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน	ตัน/ปี	> 200,000	150,001 –200,000	100,001 –150,000	50,001 –100,000	≤ 50,000
		1.3.2 แนวโน้มปริมาณการขนส่งสินค้าในอนาคต	ตัน/ปี	> 800,000	600,001 –800,000	400,001 –600,000	200,001 –400,000	≤ 200,000
	1.4 การเชื่อมโยงของระบบโครงข่ายการขนส่ง	1.4.1 ระยะห่างระหว่างสถานีกับถนนสายหลัก	กิโลเมตร	≤ 5	5.1–10	10.1–15	15.1–20	> 20
		1.4.2 ระยะห่างระหว่างสถานีกับโครงข่ายรถไฟ	กิโลเมตร	≤ 1	1.1–5	5.1–10	10.1–15	> 15

ตารางที่ 3 การแบ่งช่วงคะแนนแต่ละปัจจัย (ต่อ)

ข้อ	รายการ		หน่วยหรือขนาด	เกณฑ์คะแนน				
	วิศวกรรม	ปัจจัย		A (1.000)	B (0.7891)	C (0.5500)	D (0.3109)	E (0.1000)
1. (ต่อ)	1.5 สภาพการจราจร	1.5.1 ปัญหาการจราจรติดขัด	น้อยมาก–มากสุด	น้อยมาก	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากสุด
		1.5.2 ปัญหาด้านความปลอดภัยของการจราจร	น้อยมาก–มากสุด	น้อยมาก	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากสุด
2.	**เศรษฐกิจ**	**ปัจจัย**						
	2.1 ต้นทุนที่ดิน	2.1.1 ราคาที่ดิน	บาทต่อไร่	≤ 500,000	500,001–1,000,000	1,000,001–1,500,000	1,500,001–2,000,000	> 2,000,000
	2.2 ต้นทุนก่อสร้าง	2.2.1 ราคาค่าก่อสร้าง	ต่ำ–สูงมาก	ต่ำ	ค่อนข้างต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
	2.3 ระบบสาธารณูปโภค	2.3.1 ไฟฟ้า ประปา โทรศัพท์ ฯลฯ	ครบสมบูรณ์–ไม่พร้อม	มีความสมบูรณ์มาก	ค่อนข้างสมบูรณ์	ปานกลาง	มีความสมบูรณ์น้อย	มีความสมบูรณ์น้อยมาก
3.	**สิ่งแวดล้อมและสังคม**	**ปัจจัย**						
	3.1 ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ	3.1.1 ระยะห่างจากชุมชน โรงเรียน โรงพยาบาล และวัด	เมตร	> 1,000	751–1,000	501–750	251–500	≤ 250
	3.2 ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ	3.2.1 ระยะห่างจากพื้นที่ป่าไม้ ลุ่มน้ำ	เมตร	> 4,000	3,001–4,000	2,001–3,000	1,001–2,000	≤ 1,000
	3.3 คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์	3.3.1 ผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินและการคมนาคมขนส่ง	น้อยมาก–มากสุด	น้อยมาก	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากสุด
	3.4 คุณค่าต่อคุณภาพชีวิต	3.4.1 ระยะห่างจากแหล่งท่องเที่ยว พักผ่อน โบราณสถาน	เมตร	> 2,000	1,501–2,000	1,001–1,500	501–1,000	≤ 500

ตารางที่ 4 คะแนนคุณสมบัติของสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

ข้อ	รายการ		สถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์							
	วิศวกรรม	ปัจจัย	ห้างฉัตร	บ้านตูม	หนองคายใหม่	ท่าพระ	บุ่งหวาย	ทุ่งมะเม่า	ทุ่งโพธิ์	นามวง
1.	1.1 ที่ตั้งของสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์	1.1.1 ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างสถานีกับโรงงานหรือนิคมอุตสาหกรรม	B	B	B	C	B	B	B	B
	1.2 ลักษณะพื้นที่ของสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์	1.2.1 ขนาดพื้นที่ของสถานีในปัจจุบัน	C	C	A	A	A	A	A	A
		1.2.2 ความสามารถในการขยายพื้นที่สถานีในอนาคต	E	B	E	E	B	A	E	E

ตารางที่ 5 คะแนนคุณสมบัติของสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ (ต่อ)

ข้อ	รายการ		สถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์							
	วิศวกรรม	ปัจจัย	ห้างฉัตร	บ้านตูม	หนองคายใหม่	ท่าพระ	บุ่งหวาย	ทุ่งมะเม่า	ทุ่งโพธิ์	นามวง
1. (ต่อ)	1.3 ความต้องการในการขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์	1.3.1 ปริมาณการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน	E	E	E	E	E	E	D	E
		1.3.2 แนวโน้มปริมาณการขนส่งสินค้าในอนาคต	E	D	A	B	D	E	C	E
	1.4 การเชื่อมโยงของระบบโครงข่ายการขนส่ง	1.4.1 ระยะห่างระหว่างสถานีฯ กับถนนสายหลัก	A	A	A	A	A	A	A	A
		1.4.2 ระยะห่างระหว่างสถานีกับโครงข่ายรถไฟ	A	A	A	A	A	A	A	A
	1.5 สภาพการจราจร	1.5.1 ปัญหาการจราจรติดขัด	C	C	B	C	C	B	A	D
		1.5.2 ปัญหาด้านความปลอดภัยของการจราจร	C	C	B	C	C	C	A	D
2.	**เศรษฐกิจ**	**ปัจจัย**								
	2.1 ต้นทุนที่ดิน	2.1.1 ราคาที่ดิน	C	A	B	B	A	A	A	B
	2.2 ต้นทุนก่อสร้าง	2.2.1 ราคาค่าก่อสร้าง	C	C	A	C	C	C	B	E
	2.3 ระบบสาธารณูปโภค	2.3.1 ไฟฟ้า ประปา โทรศัพท์ ฯลฯ	C	E	A	C	E	C	B	E
3.	**สิ่งแวดล้อมและสังคม**	**ปัจจัย**								
	3.1 ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ	3.1.1 ระยะห่างจากชุมชน โรงเรียน โรงพยาบาล และวัด	E	A	C	E	E	C	A	E
	3.2 ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ	3.2.1 ระยะห่างจากพื้นที่ป่าไม้ ลุ่มน้ำ	A	A	A	A	A	A	A	A
	3.3 คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์	3.3.1 ผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินและการคมนาคมขนส่ง	C	A	B	C	A	A	B	D
	3.4 คุณค่าต่อคุณภาพชีวิต	3.4.1 ระยะห่างจากแหล่งท่องเที่ยวพักผ่อนโบราณสถาน	A	A	B	A	A	A	A	A

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญตามวิธีวิเคราะห์ตามลำดับชั้น

หลังจากทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่ให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยตามวิธี AHP โดยการเปรียบเทียบความสำคัญของทุกคู่ปัจจัยหลัก ปัจจัยรอง และปัจจัยย่อยทุกปัจจัยในมุมมอง และประสบการณ์ของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน และได้ทำการตรวจสอบความสอดคล้องด้วยอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio; C.R.) จากข้อมูลการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 12 คน จากทุกปัจจัยที่มีการเปรียบเทียบมีค่า C.R. น้อยกว่า 0.10 ซึ่งสอดคล้องกันกับผลการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูลแบบกลุ่มด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean Method) ที่มีอัตราส่วนความสอดคล้องของกลุ่มมีค่า G.C.R. น้อยกว่า 0.10 เช่นกัน แสดงให้เห็นว่าข้อมูลค่าน้ำหนักความสำคัญจากการสัมภาษณ์ที่ได้มีความสอดคล้องอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ก่อนนำไปสู่การคำนวณหาค่าคะแนนในกระบวนการคัดเลือกที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ต่อไป โดยการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัย ดังแสดงในตารางที่ 5 และสรุปผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 น้ำหนักความสำคัญของคุณสมบัติที่ใช้ในการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ปัจจัยย่อย
วิศวกรรม (0.490)	ที่ตั้งของสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ (0.089)	ระยะห่างจากโรงงานอุตสาหกรรม (0.089)
	ลักษณะพื้นที่ของสถานีขนสงสินค้าคอนเทนเนอร์ (0.048)	ขนาดพื้นที่ของสถานีในปัจจุบัน (0.019)
		ความสามารถในการขยายพื้นที่ในอนาคต (0.029)
	ความต้องการในการขนส่งสินค้า (0.212)	ปริมาณการขนส่งสินค้าในปัจจุบัน (0.083)
		แนวโน้มปริมาณการขนส่งสินค้าในอนาคต (0.129)
	การเชื่อมโยงของระบบโครงข่ายการขนส่ง (0.094)	ระยะห่างระหว่างสถานีกับถนนสายหลัก (0.030)
		ระยะห่างระหว่างสถานีกับโครงข่ายรถไฟ (0.064)
	สภาพการจราจร (0.047)	ปัญหาการจราจรติดขัด (0.023)
		ปัญหาด้านความปลอดภัยของการจราจร (0.024)
เศรษฐกิจ (0.325)	ต้นทุนที่ดิน (0.106)	ราคาที่ดิน (0.106)
	ต้นทุนก่อสร้าง (0.097)	ราคาค่าก่อสร้าง (0.097)
	ระบบสาธารณูโภค (0.122)	ไฟฟ้า ประปา และโทรคมนาคม (0.122)
สิ่งแวดล้อม (0.185)	ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (0.063)	ระยะห่างจากชุมชน โรงเรียน โรงพยาบาล และวัด (0.063)
	ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพ (0.021)	ระยะห่างจากพื้นที่ป่าไม้และลุ่มน้ำ (0.021)
	คุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (0.059)	ผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน (0.059)
	คุณค่าต่อคุณภาพชีวิต (0.042)	ระยะห่างจากแหล่งท่องเที่ยวและพักผ่อน (0.042)
1.000	**1.000**	**1.000**

3.1.1 ผลการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก

ผลการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยหลัก พบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้านวิศวกรรมสูงที่สุด เท่ากับ 0.490 รองลงมาคือ ปัจจัยหลักทางด้านเศรษฐกิจที่ค่าน้ำหนักความสำคัญ เท่ากับ 0.325 และปัจจัยหลักทางด้านสิ่งแวดล้อมมีค่าน้ำหนักความสำคัญต่ำสุด เท่ากับ 0.185 โดยแนวโน้มการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญในปัจจัยหลักของผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความคล้ายคลึงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญให้ความสำคัญของปัจจัยทางด้านวิศวกรรมเป็นลำดับแรกในการพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ก่อสร้างสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

3.1.2 ผลการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยด้านวิศวกรรม

สำหรับการพิจารณาให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านวิศวกรรม พบว่า ความต้องการในการขนส่งสินค้าสูงสุด มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.212 ซึ่งมีค่าสูงกว่าปัจจัยอื่นๆ อย่างมาก โดยปัจจัยรองด้านสภาพการจราจร มีค่าคะแนนความสำคัญต่ำสุด เท่ากับ 0.047

3.1.3 ผลการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยด้านเศรษฐกิจ

ผลการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านเศรษฐกิจ พบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ค่าน้ำหนักของระบบสาธารณูปโภคสูงสุด มีค่าเท่ากับ 0.122 ซึ่งมีค่าสูงกว่าปัจจัยอื่นๆ เล็กน้อย รองลงมาเป็นปัจจัยด้านต้นทุนที่ดิน มีค่าเท่ากับ 0.106 ซึ่งมีค่าน้ำหนักความสำคัญที่สูงกว่าลำดับสุดท้าย คือ ต้นทุนค่าก่อสร้าง ซึ่งมีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.097

3.1.4 ผลการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม

ผลการให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยรองด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของแต่ละปัจจัยใกล้เคียงกัน โดยที่ปัจจัยด้านทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพมีค่าน้ำหนักความสำคัญสูงสุด เท่ากับ 0.063 รองลงมาเป็นปัจจัยด้านคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์ มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.059 และคุณค่าต่อคุณภาพชีวิต มีค่าน้ำหนักความสำคัญเท่ากับ 0.042 โดยและปัจจัยด้านทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางชีวภาพมีค่าน้ำหนักความสำคัญเป็นลำดับต่ำสุด เท่ากับ 0.021

3.2 ผลการคัดเลือกและจัดลำดับความสำคัญของที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

สรุปผลการคัดเลือกที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ตามวิธี FMADM โดยใช้ AHP เพื่อคำนวณค่าน้ำหนักความสำคัญของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ จากปัจจัยหลักด้านวิศวกรรม เศรษฐกิจ และผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า กลุ่มพื้นที่สถานีที่มีศักยภาพในลำดับแรกประกอบด้วย สถานีหนองคายใหม่ (จังหวัดหนองคาย) และสถานีทุ่งโพธิ์ (จังหวัดสุราษฎร์ธานี) ซึ่งได้ค่าคะแนน เท่ากับ 0.799 และ 0.781 ตามลำดับ ส่วนในลำดับถัดไปจะเป็นสถานีทุ่งมะเม่า สถานีบ้านตูม สถานีท่าพระ สถานีบุ่งหวาย สถานีห้างฉัตร และสถานีนาม่วง ในลำดับท้ายสุดซึ่งมีค่าคะแนนเท่ากับ 0.415 ดังแสดงในตารางที่ 6

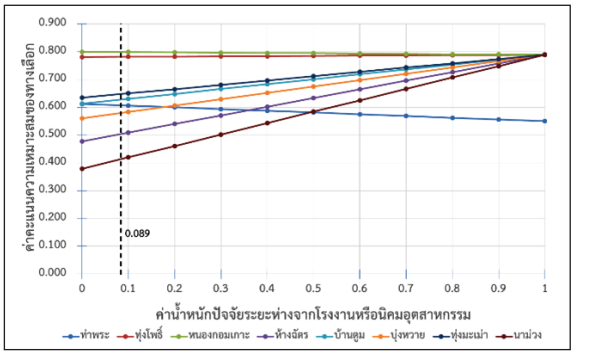
ตารางที่ 6 ผลการคัดเลือกพื้นที่จากการให้น้ำหนักความสำคัญวิธี FMADM

ลำดับคะแนน	พื้นที่	ค่าคะแนน
1	หนองคายแห่งใหม่ (จังหวัดหนองคาย)	0.799
2	ทุ่งโพธิ์ (จังหวัดสุราษฎร์ธานี)	0.781
3	ทุ่งมะเม่า (จังหวัดประจวบคีรีขันธ์)	0.648
4	บ้านตูม (จังหวัดพิษณุโลก)	0.628
5	ท่าพระ (จังหวัดขอนแก่น)	0.607
6	บุ่งหวาย (จังหวัดอุบลราชธานี)	0.580
7	ห้างฉัตร (จังหวัดลำปาง)	0.505
8	นาม่วง (จังหวัดสงขลา)	0.415

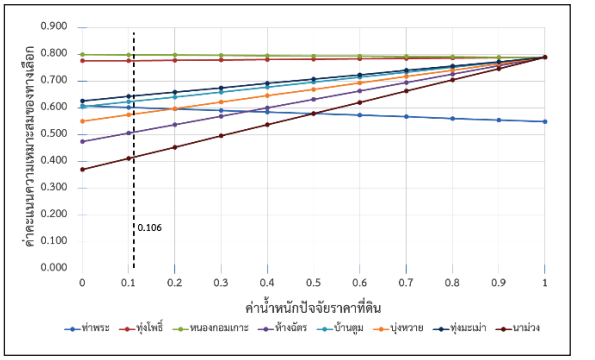
ตัวอย่างการคำนวณสำหรับพื้นที่ที่ 3 หนองคายแห่งใหม่ (จังหวัดหนองคาย) จากสมการที่ (2)

$$CI_i = \sum_{j=1}^{n} w_j \times r_{ij}$$

เมื่อ ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยย่อย (w_3) = 0.129 (ตารางที่ 5) และค่าน้ำหนักของค่าคะแนนของทางเลือก i เมื่อพิจารณาภายใต้ปัจจัยย่อย r_{35} = 1.00 (ตารางที่ 4) ดังนั้นค่าคะแนนของทางเลือก 3 หนองคายแห่งใหม่ (จังหวัดหนองคาย) ในปัจจัยย่อยที่ 5 แนวโน้มปริมาณการขนส่งสินค้าในอนาคต = 0.129*1.000 = 0.129



รูปที่ 7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยย่อยระยะห่างจากโรงงานอุตสาหกรรม



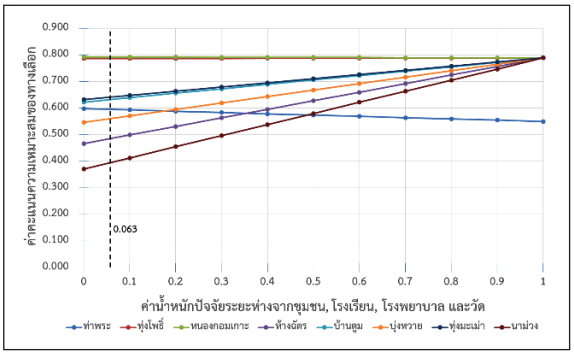
รูปที่ 8 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยย่อยราคาที่ดิน

และเมื่อรวมคะแนนจากทุกปัจจัยย่อยในทางเลือกที่ 3 หนองคายแห่งใหม่ (จังหวัดหนองคาย) จะได้

= (0.088*0.789) + (0.019*1.000) + (0.029*0.100) + (0.083*0.1) + (0.129*1.000) +(0.03*1.000) + (0.064*1.000) + (0.023*0.789) +(0.024*0.789) + (0.106*0.789) + (0.097*1.000) + (0.122*1.000) + (0.063*0.550) + (0.021*1) + (0.059*0.789) + (0.042*0.789) = 0.799

3.3 การวิเคราะห์ความอ่อนไหว

ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหวสำหรับทุกปัจจัยย่อยที่มีผลต่อพื้นที่ทางเลือก โดยการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักปัจจัยย่อยในช่วง 0.0–1.0 ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 7 ถึงรูปที่ 9



รูปที่ 9 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของปัจจัยย่อยระยะห่างจากชุมชน โรงเรียน โรงพยาบาล และวัด

พบว่า ปัจจัยย่อยทุกปัจจัยมีความอ่อนไหวน้อย กล่าวคือ เมื่อทำการปรับเปลี่ยนค่าในช่วงที่กำหนด ถึงแม้ทางเลือกส่วนใหญ่จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามค่าน้ำหนักปัจจัยย่อยที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่ได้มีผลต่อลำดับความสำคัญของทางเลือกมากนัก เนื่องจากค่าน้ำหนักปัจจัยย่อย และค่าคะแนนคุณสมบัติของแต่ละพื้นที่ทางเลือกค่อนข้างใกล้เคียงกัน

4. อภิปรายผลและสรุป

การคัดเลือกสถานที่ก่อสร้างสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์มีหลายปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการพิจารณา ซึ่งแต่ละปัจจัยก็มีความสำคัญไม่เท่ากัน บางปัจจัยไม่สามารถระบุค่าเป็นตัวเลขได้ วิธีการ Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Method (FMADM) เป็นวิธีการที่ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญช่วยในการตัดสินใจ เพื่อจัดการกับปัญหาที่ความคลุมเครือและซับซ้อนกระบวนการตัดสินใจ

ในการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้วิธีการ Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Method (FMADM) บูรณาการการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP) วิธีค่าคะแนนฟัซซี (FSM) และการรวมค่าคะแนนโดยวิธี Simple Additive Weight (SAW) ในการคัดเลือกและจัดลำดับความสำคัญของสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์

ผลจากการศึกษา พบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้ค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยหลักด้านวิศวกรรมสูงที่สุด รองลงมา คือ ปัจจัยหลักทางด้านเศรษฐกิจที่ค่าน้ำหนักความสำคัญและปัจจัยหลักทางด้านสิ่งแวดล้อมมีค่าน้ำหนักต่ำสุด สำหรับปัจจัยรองในด้านวิศวกรรม ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีค่าน้ำหนักความสำคัญสูงสุดนั้น หากแจกแจงเป็นแต่ละปัจจัยย่อยจะเห็นได้ว่าความต้องการในการขนส่งสินค้าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญสูงสุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพิจารณาถึงแนวโน้มปริมาณการขนส่งสินค้าในอนาคตซึ่งเป็นปัจจัยย่อยที่มีค่าคะแนนสูงที่สุด ซึ่งถือเป็นตัวชี้วัดสำคัญในการกำหนดที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ที่เหมาะสม โดยเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการให้ค่าน้ำหนักกับการศึกษาที่ผ่านมาที่มีการพิจารณาปัจจัยหลักที่คล้ายคลึงกันจะเห็นได้ว่า โครงการก่อสร้างสถานีขนส่งทางลำน้ำ ถนน และระบบขนส่งมวลในเขตเมือง [4], [7]–[9] ให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านเศรษฐกิจและความคุ้มค่าเป็นลำดับแรก ต่างจากการศึกษานี้ซึ่งให้ความสำคัญกับปัจจัยด้านวิศวกรรมมากกว่า ทั้งนี้ เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นว่าความต้องการในการขนส่งสินค้าซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของปัจจัยด้านวิศวกรรมเป็นคุณสมบัติมีความสำคัญอย่างมากต่อการพิจารณาคัดเลือกที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ ซึ่งอาจมีบริบทที่แตกต่างจากโครงการอื่นๆ ได้

เมื่อพิจารณาของที่ตั้งสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ผนวกเข้ากับค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยสรุปได้ว่า สถานีหนองคายใหม่ (จังหวัดหนองคาย) และสถานีทุ่งโพธิ์ (จังหวัดสุราษฎร์ธานี) เป็นพื้นที่สถานีที่มีศักยภาพสูงสุดสำหรับเสนอเป็นพื้นที่ก่อสร้างสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์ในลำดับแรก ซึ่งได้ค่าคะแนน เท่ากับ 0.799 และ 0.781 ตามลำดับ

ผลจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวสำหรับทุกปัจจัยย่อยที่มีผลต่อพื้นที่ทางเลือก โดยการปรับเปลี่ยนค่าน้ำหนักปัจจัยย่อย พบว่า ทุกปัจจัยมีความอ่อนไหวน้อย และไม่ได้มีผลต่อลำดับความสำคัญของทางเลือกมากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเลือกพื้นที่หนองคายแห่งใหม่ (จังหวัดหนองคาย) และพื้นที่ทุ่งโพธิ์ (จังหวัดสุราษฎร์ธานี) ซึ่งมีค่าคะแนนความเหมาะสมค่อนข้างคงที่และยังคงเป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงสุดเช่นเดิม

อย่างไรก็ตาม ในการวิจัยในอนาคตอาจมีการปรับเปลี่ยนปัจจัยรองให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น รวมทั้งมีการ

เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือวิธีการอื่นๆ

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทางด้านข้อมูลและเทคนิคอย่างดียิ่งจากศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

[1] T. L. Saaty, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. International Book Co., New York: McGraw-Hill, 1980.

[2] P. Klungboonkrong and M. A. Taylor, "Application of an expert system in the multicriteria environmental sensitivity evaluation of urban road network," *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol. 1, no. 2, pp. 469–486, 1995.

[3] S.J. Chen and C. L. Hwang, *Fuzzy Multiple Attribute Decision Making*. Berlin, Heidelberg: Springer, 1992.

[4] P. Klungboonkrong and C. Haripai, "Comparison of methods applied in site selection for the construction of the inland waterway freight transportation terminal," in *Proceeding of the 11th National Convention on Civil Engineering*, 2016 (in Thai).

[5] S. H. Chen, "Ranking fuzzy numbers with maximizing set and minimizing set," *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 17, no. 2, pp. 113–129, 1985.

[6] Sustainable Infrastructure Research and Development center, "Feasibility to study of establishing a container freight service center by train in Khon Kaen," Final Report, 2004 (in Thai)

[7] W. M. Wey, "A comparative location study for the joint development station of a mass rapid transit system: A case in Taichung City in Taiwan." *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 36, no. 1, pp. 573–587, 2009.

[8] S. B. Bhandari, P.B. Shahi, and R.N. Shrestha, "Multi-criteria evaluation for ranking rural road projects: Case study of Nepal," *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, vol. 11, no. 6, pp. 53–65, 2014.

[9] N. Pattulee, P. Klungboonkrong, N. Faiboun, C. Waisurasingha, S. Pramualsakdikul, and M. Bejrananda, "The selection of transit oriented development (TOD) locations along light rail transit (LRT) route using the integration of analytic hierarchy process (AHP), fuzzy scoring method (FSM) and simple additive weight (SAW)," *KKU Research Journal (Graduate Studies)*, vol. 20, no. 2, pp. 161–172, 2020 (in Thai).