การประยุกต์ใช้วิธีการตัดสินใจแบบหลายปัจจัยอย่างผสมผสาน (HMADM) ในการคัดเลือกที่ตั้งของการก่อสร้างท่าเรือบก (Dry port) ที่เหมาะสม: กรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่น

Application of Hybrid Multiple Attributes Decision Making (HMADM) Methods in Site Selection of Suitable Dry Port Construction: The Khon Kaen Case study

อารียา กุลโท[1,*] และ พนกฤษณ คลังบุญครอง[2]

1,2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาโดยโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน สาขาภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
**Corresponding author; E-mail address: ponklung@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้วิธีการที่ตัดสินใจแบบหลายปัจจัยอย่างผสมผสาน (Hybrid Multiple attributes decision making (HMADM) method) ในการจัดลำดับความสำคัญและคัดเลือกพื้นที่ทางเลือกที่เหมาะสมในการก่อสร้างท่าเรือบกในจังหวัดขอนแก่น ภายใต้ปรัชญาการพัฒนาที่ยั่งยืน โดย HMADM ประกอบไปด้วยวิธี AHP เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญของปัจจัยที่พิจารณา วิธี FSM เพื่อใช้ในการเปลี่ยนค่าคะแนนที่เป็นคำพูดให้เป็นค่าคะแนนที่เป็นตัวเลข และวิธี TOPSIS เพื่อคำนวณหาค่าคะแนนรวมของแต่ละทางเลือก โดยได้ทำการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 12 คน ปัจจัยหลักที่ใช้พิจารณาประกอบไปด้วย ความเหมาะสมด้านวิศวกรรม การพัฒนาด้านเศรษฐกิจ ความรับผิดชอบด้านสังคม และการปกป้องสิ่งแวดล้อม ผลจากการวิจัยพบว่า พื้นที่สถานีรถไฟโนนพยอม ต.ม่วงหวาน อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น มีความเหมาะสมมากที่สุด

คำสำคัญ: ท่าเรือบก, วิธีการที่ตัดสินใจแบบหลายปัจจัยอย่างผสมผสาน, การคัดเลือกตำแหน่งที่ตั้ง

Abstract

This research applied the Hybrid Multiple Attributes Decision Making methods (HMADM) to screen the alternative locations to be developed as dry port in the Khon Kaen, province based on the philosophy of sustainable development. In the HMADM application, AHP was adapted to estimate the relative weights of the determined criteria, FSM was used to convert linguistic (fuzzy) scores into numerical (crisp) scores, and TOPSIS was applied to calculate the composite scores of all alternative sites. The main criteria considered were engineering suitability, economic development, social responsibility and environmental protection. Twelve selected experts were directly interviewed. It is found that Non Pha Yom station area in Nam Phong District of Khon Kaen Province the the most suitable location for the dry port construction.

Keywords: Dry Port, Hybrid Multiattribute Decision Making Methods, Site selection

1. บทนำ

ท่าเรือบก (Dry Port, DP) เป็นระบบโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งสินค้าและโลจิสติกส์ (Freight transportation and logistics, (FTLO)) ที่สามารถเชื่อมต่อท่าเรือและพื้นที่ขนส่งสินค้าที่ห่างไกลและช่วยในการรวบรวมและกระจายสินค้าภายในและระหว่างประเทศโดยท่าเรือ [1] DP จะมีส่งออกสินค้าและนำเข้าสินค้าคล้ายกับท่าเรือ เป็นสถานที่รวบรวม จัดเก็บตู้คอนเทนเนอร์ (Container) เปล่า ซ่อมแซมและบำรุงตู้คอนเทนเนอร์ และมีพิธีการศุลกากร ตรวจเช็คความปลอดภัย จัดการข้อมูลและการจัดการทางกายภาพ [2] DP จะช่วยให้เพิ่มประสิทธิภาพของด้าน FTLO โดยการลดต้นทุนในด้าน FTLO ซึ่งจะทำให้การค้าขายเพิ่มขึ้น ลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ เพิ่มความปลอดภัยต่อผู้ใช้รถใช้ถนน และลดค่าการบำรุงรักษาโครงสร้างพื้นฐานด้าน FTLO [3] FTLO ทางระบบรางนั้นมีประสิทธิภาพสูง มีตารางเวลาที่แน่นอน ตรงเวลา มีความจุมาก ราคาการขนส่งถูก และไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม [4] ดังนั้นการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP จึงเป็นทิศทางในการพัฒนาระบบโครงสร้างพื้นฐานด้าน FTLO ที่สำคัญที่นำไปสู่ความสำเร็จในการพัฒนาประเทศภายใต้หลักการเป้าประสงค์การพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development Goals, SDGs) ตัวอย่างเช่น SDG 3 การส่งเสริมคุณภาพชีวิตให้เท่าเทียมกัน SDG 8 การสร้างการจ้างงาน SDG 9 เพิ่มประสิทธิภาพของการขนส่ง SDG 11 การยกระดับของระบบขนส่งให้มีความปลอดภัย ทั่วถึงและมั่นคง และ SDG 13 ด้านการพัฒนาระบบขนส่งให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม [4]

เมื่อพิจารณามูลค่าของ FTLO ในปี 2560 ประเทศไทยมีการขนถ่ายสินค้าทางราง 1.4 % ทางน้ำ 11.1 % ทางอากาศ 0.02 % และทางถนนคิดเป็น 88.8 % ดังนั้นประเทศไทยจึงมีการขนส่งทางถนนเป็นหลัก โดยมีต้นทุนการขนส่งทางอากาศ 10 บาท/ตัน-กม. ทางถนน 2.12 บาทต่อตัน-กม. ทางราง 0.75 บาท/ตัน-กม. และ ทางน้ำ 0.65 บาท/ตัน-กม. [4] ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบ FTLO ทางถนนกับทางราง จะเห็นได้ว่าการขนส่งสินค้าทางรางมีต้นทุนที่น้อยกว่ามากและการขนส่งสินค้าทางรางมีปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงที่น้อยกว่าทางถนน 3.5 เท่า ดังนั้นรัฐบาลไทยจึงผลักดันและให้การสนับสนุนการเดินทางระบบรางเป็นอันดับแรกของประเทศ [4] ประเภทของสินค้าที่จะขนส่งทางรางส่วนใหญ่สามารถขนส่งทางรางด้วยตู้เทนเนอร์ได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ปูนซีเมนต์ ผลิตภัณฑ์น้ำตาล ข้าว มันสำปะหลัง ยางพาราและสินค้าอื่นๆ [5] ในปัจจุบันค่า GDP ประเทศไทยอยู่ในอันดับ 2 ของกลุ่มประเทศอาเซียน [6] ซึ่งถือว่ามีลำดับสูงถึงแม้จะอยู่ในช่วงที่โรค Covid-19 กำลังแพร่ระบาด จ.ขอนแก่นเป็นอีกจังหวัดหนึ่งที่มีความเหมาะสมในการก่อสร้าง DP เนื่องจาก มีที่ตั้งอยู่บริเวณศูนย์กลางภาค

ตะวันออกเฉียงเหนือและมีเส้นทางเชื่อมต่อกับประเทศเพื่อนบ้านได้โดยสะดวก มีปริมาณสินค้าค่อนข้างสูงและมีระยะทางห่างจากท่าเรือแหลมฉบังไม่มากนัก จังหวัดขอนแก่นมีย่านกองเก็บ (Container yard, CY) ที่สำคัญ 2 แห่ง คือสถานีรถไฟท่าพระและสถานีรถไฟโนนพยอม ที่ตั้งอยู่ตามแนวเส้นทางรถไฟความเร็วสูงและรถไฟทางคู่ [4] และยังเป็นเป็นจังหวัดที่มีเส้นทางรถไฟทางคู่ 2 เส้นทางพาดผ่านได้แก่ (1) ขอนแก่น-ชุมทางถนนจิระ-หนองคาย (2) บ้านไผ่-มุกดาหาร-นครพนม โดยโครงการพัฒนาระบบรถไฟทางคู่จะส่งผลให้ FTLO ทางรางมีค่าเพิ่มมากขึ้นจาก 11 เป็น 38 ล้านตัน/ปี และเป็นการเพิ่มเส้นทางเชื่อมต่อเส้นทางการขนส่งกับประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ประเทศสปป.ลาว มาเลเซีย และจีน เป็นต้น [7]

การคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP ในจังหวัดขอนแก่น เป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อน ไม่มีโครงสร้างการตัดสินใจที่ชัดเจน จะต้องพิจารณาหลากหลายปัจจัยและจะต้องพิจารณาทางเลือกที่มีจำนวนที่แน่นอน กระบวนการตัดสินใจเช่นนี้จึงมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับวิธีการตัดสินใจแบบหลายปัจจัยอย่างผสมผสาน (HMADM) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้และได้รับการยอมรับในกลุ่มนักวิจัย การประยุกต์ใช้วิธี HMADM เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีและแม่นยำขึ้น โดยการบูรณาการประสิทธิภาพและข้อดีเพื่อลดข้อเสียและช่องว่างข้อจำกัดของแต่ละวิธี [8] HMADM ที่ประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยวิธี กระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process, AHP), วิธี Fuzzy Scoring Method (FSM) และวิธี Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS) ซึ่งประเทศไทยยังไม่เคยมีการนำวิธี HMADM ทั้ง 3 วิธีนี้มาประยุกต์ โดย (1) AHP ใช้เพื่อหาค่าน้ำหนักความสำคัญ (Relative Weights, RW) ของปัจจัยการตัดสินใจต่างๆ ซึ่งเป็นที่ยอมรับและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง มีรากฐานทางทฤษฎีที่เข้มแข็ง มีการคำนวณง่าย ไม่มีความซับซ้อนและค่ามีความถูกต้องสูง และสามารถตรวจสอบความสอดคล้องในการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญได้ [9] (2) FSM เพื่อประมาณการค่าคะแนน (Scores) ของแต่ละพื้นที่ทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยที่พิจารณา (3) TOPSIS เพื่อคำนวณหาค่าคะแนนรวม (Composite Scores) ที่ใช้ในการจัดลำดับความสำคัญ ของแต่ละพื้นที่ทางเลือก และเป็นอีกหนึ่งวิธีที่นิยมใช้ ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายปัจจัยได้และเป็นวิธีที่มีพื้นฐานทางทฤษฎีที่น่าเชื่อถือ เข้าใจง่าย และค่าที่ได้มีความแม่นยำและความถูกต้อง [10]

รูปที่ 1 DP และการดำเนินงาน [2]

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการประยุกต์ใช้วิธีการที่ตัดสินใจแบบหลายปัจจัยอย่างผสมผสาน Hybrid Multiple Attributes Decision Making (HMADM) ซึ่งประกอบไปด้วยวิธี AHP, FSM และ TOPSIS ในการจัดลำดับความสำคัญและคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP ในจังหวัดขอนแก่น

2. ทบทวนวรรณกรรม

ในงานวิจัยได้ทำการศึกษาทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP ในประเทศไทยมีงานวิจัยเกี่ยวกับการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง (Inland Container Depot (ICD)) ในจังหวัดขอนแก่น [11] ในปีพ.ศ.2547 ได้ศึกษาพื้นที่ภายในจังหวัดขอนแก่นเพื่อสนับสนุนการเป็นศูนย์ขนถ่ายและกระจายสินค้าของภูมิภาค (ICD) โดยใช้วิธี Fuzzy Multi Attribute Decision Making Approach (FMADM) จากผลการศึกษาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมในการก่อสร้างศูนย์ ICD คือ (1) พื้นที่ทหารบริเวณฝูงบิน 237 อ.น้ำพอง (2) บริเวณแผนกสัตวบาลที่ 2 กส.ทบ. ต.ท่าพระ อ.เมือง และ (3) พื้นที่ภายในบริเวณบริษัทขอนแก่นบริวเวอรี่จำกัด ต.ท่าพระ อ.เมือง

ต่อมาในปีพ.ศ. 2559 การท่าเรือแห่งประเทศไทย [12] มีการศึกษาเพื่อที่จะศึกษาความเหมาะสมในการออกแบบก่อสร้าง DP โดยใช้วิธีการ AHP จากผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมคือ สถานีรถไฟโนนพยอม

ในปีพ.ศ.2561 สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) [2] ได้ศึกษาพื้นที่ที่เหมาะสมในการพัฒนา DP ในประเทศไทยโดยใช้วิธีการถ่วงค่า RW ในการให้คะแนนของปัจจัยต่างๆ และพบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดคือพื้นที่ใกล้สถานีรถไฟโนนพะยอมคือ ต.ม่วงหวาน อ.น้ำพอง

สำหรับงานวิจัยในต่างประเทศ ประเทศบราซิล [13] เป็นการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่ใช้พิจารณาคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP พบว่าสามารถจำแนกเป็นกลุ่มปัจจัยหลักได้แก่ (1) ต้นทุน (2) การติดตั้งและโครงสร้างพื้นฐาน (3) การเข้าถึง (4) การดำเนินงาน (5) สังคมและนโยบาย (6) ด้านสิ่งแวดล้อม ประเทศเวียดนาม [14] ได้ประยุกต์ใช้วิธี MADM โดยพิจารณา 3 ปัจจัยหลักได้แก่ (1) เกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้ท่าเรือบก (2) เกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับผู้ให้บริการท่าเรือบก และ (3) เกณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับชุมชนในบริเวณท่าเรือบก ประเทศจีน [15] ปัจจัยหลักที่พิจารณา ได้แก่ (1) ด้านขนส่ง (2) เศรษฐกิจ (3) สิ่งอำนวยความสะดวกโครงสร้างพื้นฐาน (4) ระดับการค้า (5) นโยบายสิ่งแวดล้อม โดยใช้วิธี AHP และ ELimination Et Choix Traduisant La REalité (ELECTRE) ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับความเป็นจริง และประเทศโมรอคโค [16] ใช้วิธีการ Multiple- Criteria Decision Making (MCDM) และ Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (MACBETH) ปัจจัยที่ศึกษาดังนี้ (1) ภูมิศาสตร์ (2) นโยบาย (3) อุตสาหกรรม (4) การดำเนินงาน (5) สิ่งแวดล้อม โดยเน้นหนักไปที่ผู้ได้รับผลประโยชน์ด้านการขนส่ง

จากการศึกษาทบทวนงานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP พบว่าในแต่ละการศึกษาของแต่ละประเทศมีการใช้ปัจจัยที่ใช้ในการคัดเลือกพื้นที่และวิธีการวิเคราะห์พื้นที่ทางเลือกที่เหมาะสมแตกต่างกันไป โดยแต่ละปัจจัยจะสอดคล้องกับบริบทเชิงพื้นที่ของประเทศนั้นๆ ซึ่งช่วยให้สามารถระบุปัจจัยการตัดสินใจที่ใช้พิจารณาพื้นที่ทางเลือกที่เหมาะสมได้ และในงานวิจัยของประเทศไทยได้มีการประยุกต์วิธี FMADM หรือรวมวิธีการ MADM อื่นๆ เข้าด้วยกัน ในการศึกษาเพื่อศึกษาคัดเลือกสถานที่สำหรับพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานี (TOD) [17] การคัดเลือกพื้นที่เพื่อการพัฒนาเขตอุตสาหกรรมวัสดุหมุนเวียนแบบยั่งยืน [18] โดยผลการศึกษาได้เสนอแนะพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP ของจังหวัดขอนแก่น] ซึ่งจะสามารถเสนอแนะพื้นที่ทางเลือกที่ควรนำมาพิจารณาในงานวิจัยนี้ได้ ดังนี้ (1) สถานีรถไฟโนนพยอม ต.ม่วงหวาน อ.น้ำพอง (2) สถานีรถไฟท่าพระ (3) บริเวณแผนกสัตวบาลที่ 2 กส.ทบ. และ (4) สถานีรถไฟบ้านไผ่ (5) พื้นที่ ต.ในเมือง อ.บ้านไผ่ [2] [11] [12]

3. พื้นที่ศึกษา

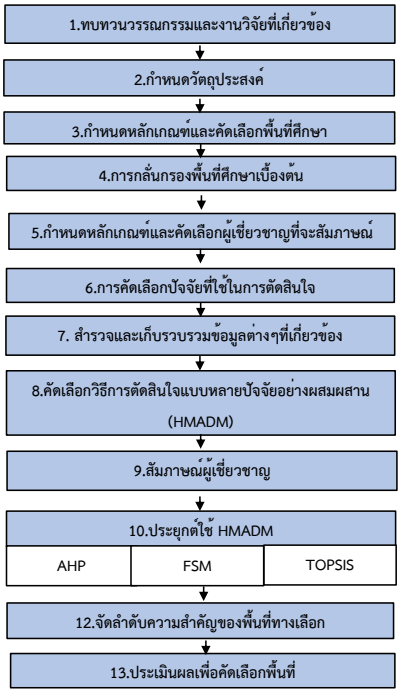
จังหวัดขอนแก่น ตั้งอยู่ตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีระยะทาง 445 กิโลเมตร จากกรุงเทพมหานคร มีเนื้อที่ 10,885.99 ตารางกิโลเมตร หรือ 6.8 ล้านไร่ มีจำนวนประชากรรวม 1,802,872 คน [19] มีทางหลวงแผ่นดินพาดผ่าน 7 สาย ได้แก่ ทางหลวงแผ่นดิน (ทล.) หมายเลข

2, 12, 23, 201, 207, 208 และ 209 เส้นทางรถไฟจากกรุงเทพฯ-นครราชสีมา-ขอนแก่น-อุดร-หนองคาย ขนานกับถนนมิตรภาพ [20] และอยู่ในแนวเส้นทางโครงการพัฒนารถไฟทางคู่ มีเส้นทางพาดผ่าน จากการทบทวนรายงานและงานวิจัยต่างๆและการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องกับโครงการในการก่อสร้าง DP ในจังหวัดขอนแก่น พบพื้นที่ทางเลือกที่เหมาะสม 5 พื้นที่ ได้แก่ (1) สถานีรถไฟโนนพยอม ต.ม่วงหวาน อ.น้ำพอง (2) สถานีรถไฟท่าพระ (3) บริเวณแผนกสัตวบาลที่ 2 กส.ทบ. (4) สถานีรถไฟบ้านไผ่ (5) พื้นที่ ต.ในเมือง อ.บ้านไผ่ โดยตำแหน่งที่ตั้งและขอบเขตของพื้นที่ทางเลือกเหล่านี้ได้แสดงใน**รูปที่ 2**

รูปที่ 2 พื้นที่ทางเลือกที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP [21]

4. วิธีดำเนินงาน

ขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยมีทั้งหมด 12 ขั้นตอน ได้แก่ ทบทวนวรรณกรรมรายงานการศึกษางานวิจัยและบทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย กำหนดหลักเกณฑ์และคัดเลือกพื้นที่ศึกษา การกลั่นกรองพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น กำหนดหลักเกณฑ์และคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่จะสัมภาษณ์ การคัดเลือกปัจจัยต่างๆที่ใช้ในการตัดสินใจ สำรวจภาคสนามและรวบรวมข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้อง การคัดเลือกวิธีการที่ใช้ในการตัดสินใจแบบหลายปัจจัยอย่างผสมผสานที่เหมาะสม การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ ประยุกต์ใช้วิธี HMADM ซึ่งประกอบไปด้วย AHP, FSM และ TOPSIS การจัดลำดับความสำคัญ (Priority) ของพื้นที่ทางเลือกและการประเมินผลเพื่อคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP ดังแสดงใน**รูปที่ 3**

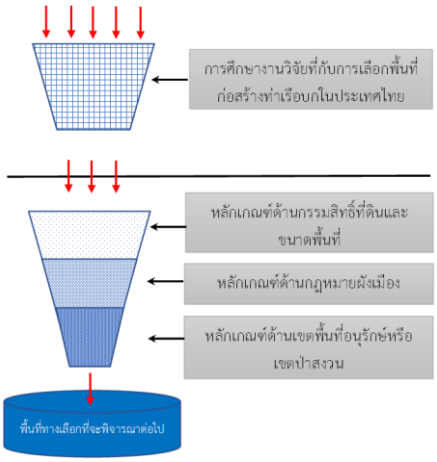


รูปที่ 3. ลำดับขั้นตอนการทำวิจัย

5. ผลการวิจัย

5.1 การกลั่นกรองพื้นที่เบื้องต้น

การกลั่นกรองพื้นที่ศึกษาเบื้องต้น เป็นการคัดกรองพื้นที่ทางเลือกที่ไม่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP ออกไป โดยมีการกลั่นกรองพื้นที่เบื้องต้น โดยพิจารณาหลักเกณฑ์ดังนี้ (1) ด้านกรรมสิทธิ์ที่ดินและขนาดที่ดิน (2) การไม่ขัดต่อข้อกฎหมายผังเมือง (3) ด้านพื้นที่ไม่ได้อยู่ในเขตพื้นที่อนุรักษ์หรือเขตป่าสงวน เป็นต้น ดังแสดงใน**รูปที่ 4**



รูปที่ 4 ขั้นตอนการกลั่นกรองพื้นที่เบื้องต้น [2]

ผลการกลั่นกรองพื้นที่เบื้องต้นพบว่าภายใต้หลักเกณฑ์ปัญหาด้านกรรมสิทธิ์ที่ดินและขนาดที่ดิน พื้นที่หมายเลข 3 (พื้นที่บริเวณแผนกสัตว

บาลที่ 2 กส.ทบ.) ไม่ผ่านเกณฑ์การกลั่นกรอง เนื่องจากขนาดของพื้นที่ไม่เพียงพอต่อการพัฒนาเพื่อก่อสร้าง DP หลักเกณฑ์ด้านข้อกฎหมายไม่ขัดต่อกฎหมายผังเมือง พื้นที่หมายเลข 2 (พื้นที่สถานีรถไฟท่าพระ) ไม่ผ่านเกณฑ์การกลั่นกรองเนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในเขตพื้นที่ธุรกิจค้าขายและเขตชุมชนที่พักอาศัยที่หนาแน่น พื้นที่หมายเลข 4 (พื้นที่สถานีรถไฟบ้านไผ่) ไม่ผ่านเกณฑ์การกลั่นกรอง เนื่องจากตั้งอยู่ในพื้นที่เขตธุรกิจการค้าและมีชุมชนหนาแน่นมาก โดยทั้ง 3 พื้นที่ มีข้อจำกัดในเรื่องที่ไม่สามารถขยายพื้นที่ออกไปรอบข้างได้ในอนาคต

ดังนั้นพื้นที่ทางเลือกที่ผ่านเกณฑ์การกลั่นกรองเบื้องต้น เพื่อนำไปพิจารณาคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP มี 2 พื้นที่ ได้แก่ (1) สถานีรถไฟโนนพยอม ต.ม่วงหวาน อ.น้ำพอง และ (5) พื้นที่ ต.ในเมือง อ.บ้านไผ่

5.2 HMADM

การตัดสินใจแบบหลายปัจจัยอย่างผสมผสาน (HMADM) จะถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ได้ค่าที่ดีและถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยกระบวนการวิธี MADM หลายวิธี มาใช้งานรวมกันในกระบวนการตัดสินใจแบบหลายปัจจัย โดยเป็นการนำเอาหลักการพื้นฐานทางทฤษฎีที่น่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป ข้อดี ประสิทธิภาพและประโยชน์ต่างๆที่รับจากการบูรณาการวิธี MADM ดังกล่าว เพื่อนำมาลดช่องว่าง ข้อเสีย และข้อจำกัดต่างๆที่เกิดขึ้นจากการประยุกต์ใช้วิธีการ MADM [8] โดยในงานวิจัยนี้วิธี HMADM จะประกอบไปด้วยวิธี AHP, FSM และ TOPSIS

5.2.1 วิธีกระบวนการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process, AHP)

คือวิธีการตัดสินใจที่มีโครงสร้างการตัดสินใจแบบลำดับชั้น (Hierarchy structure, HS) ของปัจจัยการตัดสินใจต่างๆ โดยการเปรียบเทียบปัจจัยแบบเป็นคู่ (Pairwise Comparison) และใช้สเกลอัตราส่วน (Ratio scales) โดยมีขั้นตอนในการตัดสินใจ 3 ขั้นตอน [9] ดังนี้

(1) การจำแนกองค์ประกอบของการตัดสินใจออกเป็นส่วนย่อย (Decomposition) เพื่อจัดทำ HS โดยการจำแนกปัจจัยการตัดสินใจที่หยาบที่สุดในชั้นบนสุดจนกระทั่งถึงปัจจัยที่ละเอียดที่สุดในลำดับชั้นที่สูงที่สุด ดังแสดงใน**รูปที่ 5** ซึ่งปัจจัยต่างๆ จะได้มาจากการทบทวนรายงานการศึกษา งานวิจัยและบทความวิชาการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP ในประเทศไทยและต่างประเทศ และได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญโดยตรง [2] [11] [12] [13] [14] [16]

(2) การจัดลำดับความสำคัญ (Prioritisation) ของปัจจัยต่างๆที่อยู่ในลำดับชั้นเดียวกัน ของ HS เพื่อหาค่าการสังเคราะห์ โดยการเปรียบเทียบปัจจัยต่างๆแบบรายคู่ (Pairwise comparisons) และใช้ค่าสเกลอัตราส่วน (Ratio scale) โดยมีค่าตั้งแต่ 1 (มีความสำคัญเท่ากัน) ถึง 9 (มีสำคัญสูงสุด)

- เพื่อคำนวณหาค่า RW ของทุกปัจจัยในระดับเดียวกันในโครงสร้างลำดับชั้นการตัดสินใจ

$$AW = \lambda_{max} W \quad (1)$$

โดยที่ A = Reciprocal square matrix, W = Right eigen vector และ λ_{max} = Largest right eigen value [9]

- หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, CI) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, CR) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ โดยที่ค่า CR<0.1 แสดงว่าการตัดสินใจมีความเที่ยงตรงยอมรับได้ ดังตารางที่ 1 แสดงค่า Random consistency Index, RCI ที่จำนวนปัจจัยต่างกัน (1-9 ปัจจัย)

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n-1)} \quad (2)$$

และ

$$CR = \frac{CI}{RCI} \quad (3)$$

โดยที่ CI = ค่าดัชนีความสอดคล้อง, n = จำนวนปัจจัย, CR = อัตราส่วนความสอดคล้อง และ RCI = ดัชนีความสอดคล้องสุ่ม

ตารางที่ 1 ค่า RCI ของจำนวนปัจจัยต่างๆ [9]

จำนวนปัจจัย	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RCI	0.00	0.00	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.49

ในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean Methody, GMM) [9] ในการบูรณาการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญทุกคน ให้เป็นการตัดสินใจแบบกลุ่ม จาก HS ใน**รูปที่ 5** ตัวอย่างของ Reciprocal matrix A Bold ที่แสดงตารางการเปรียบเทียบปัจจัยหลัก (ในระดับที่ 2) เป็นแบบรายคู่ โดยใช้สเกลอัตราส่วนของผู้เชี่ยวชาญ 1 คน รวมทั้งแสดงผลการประมาณค่า RW ของแต่ละปัจจัยและค่า CR ที่มีค่าน้อยกว่า 0.1

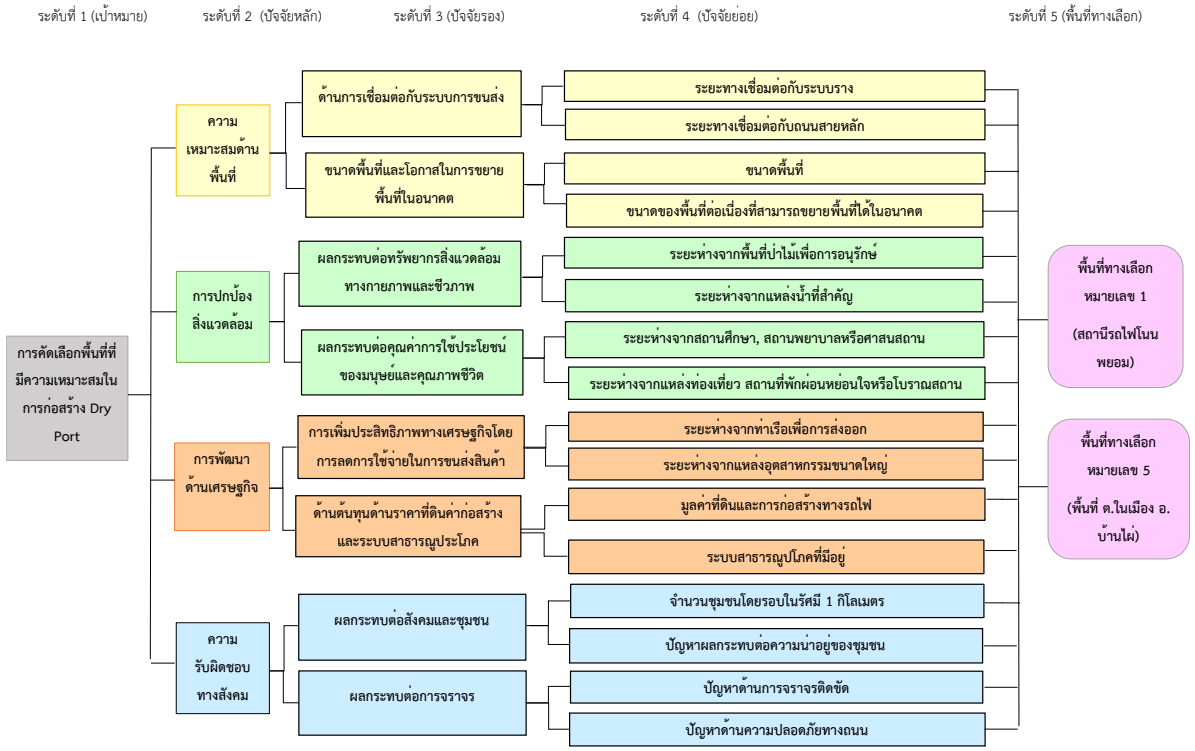
ตารางที่ 2 ตัวอย่างการเปรียบเทียบปัจจัยหลักเป็นคู่เพื่อหาค่า RW แต่ละปัจจัยหลักโดยผู้เชี่ยวชาญ 1 คน

ปัจจัยหลัก	(1)	(2)	(3)	(4)	ค่าน้ำหนัก
(1) ความเหมาะสมทางด้านพื้นที่	1	7	3	5	0.5638
(2) การปกป้องสิ่งแวดล้อม	1/7	1	1/5	1/3	0.0550
(3) การพัฒนาด้านเศรษฐกิจ	1/3	5	1	3	0.2633
(4) ความรับผิดชอบด้านสังคม	1/5	3	1/3	1	0.1177

λ_{max} *= 4.1187, CI=0.0395, CR=0.0444*

(3) การสังเคราะห์ (Synthesis) เพื่อหาค่า RW สัมพัทธ์รวม (Global relative importance) ของปัจจัยต่างๆ สามารถทำได้โดยวิธี “Principle of hierarchic Composition”

ค่า RW ที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ 12 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ (1) หน่วยงานภาครัฐหรือสภาอุตสาหกรรมและนักวิชาการด้าน FTLO และ (2) ด้านการวางผังเมืองและด้านสิ่งแวดล้อม AHP ค่า RW และลำดับความสำคัญของปัจจัยต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งปัจจัยที่มีค่า RW เป็นอันดับ 1 คือความเหมาะสมทางด้านพื้นที่ ตามมาด้วยการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ ความรับผิดชอบด้านสังคม และการปกป้องสิ่งแวดล้อม ตามลำดับ และปัจจัยย่อยที่มีค่า RW 3 ลำดับแรกคือ (1) ระยะทางการเชื่อมต่อกับระบบราง ตามด้วย (2) ระยะห่างจากแหล่งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และ (3) ระยะทางการเชื่อมต่อกับถนนสายหลัก ตามลำดับ



รูปที่ 5 โครงสร้างลำดับชั้นในการคัดเลือกพื้นที่ทางเลือกที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP

ตารางที่ 3 ค่า RW ของปัจจัยหลัก ปัจจัยรองและปัจจัยย่อย

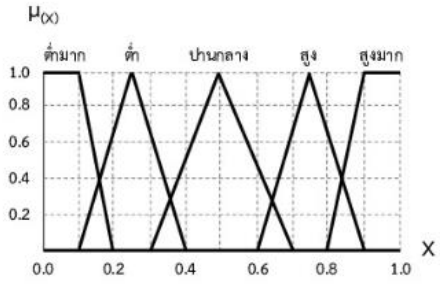
ปัจจัยหลักและลำดับความสำคัญ	RW	ปัจจัยรองและลำดับความสำคัญ	RW	ปัจจัยย่อยและลำดับความสำคัญ	RW
ความเหมาะสมทางด้านพื้นที่ (1)	0.4047	ด้านการเชื่อมต่อกับระบบการขนส่ง (1)	0.2976	ระยะทางการเชื่อมต่อกับระบบราง (1)	0.2331
				ระยะทางการเชื่อมต่อกับถนนสายหลัก (4)	0.0644
		ขนาดพื้นที่ (4)	0.1071	ขนาดพื้นที่ (ไร่) (10)	0.0494
				ขนาดของพื้นที่ต่อเนื่องที่สามารถขยายพื้นที่ได้ในอนาคต (8)	0.0576
การปกป้องสิ่งแวดล้อม (4)	0.1473	ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพ (6)	0.0654	ระยะห่างจากพื้นที่ป่าไม้เพื่อการอนุรักษ์ (13)	0.0300
				ระยะห่างจากแหล่งน้ำที่สำคัญ (11)	0.0353
		ผลกระทบต่อคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์และคุณภาพชีวิต (5)	0.0819	ระยะห่างจากสถานที่อ่อนไหว เช่น สถานศึกษา, สถานพยาบาลหรือศาสนสถาน (6)	0.0631
				ระยะห่างจากแหล่งท่องเที่ยว สถานที่พักผ่อนหย่อนใจหรือโบราณสถาน (15)	0.0188
การพัฒนาด้านเศรษฐกิจ (2)	0.2631	การเพิ่มประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจโดยการลดการใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (2)	0.2040	ระยะห่างจากท่าเรือเพื่อการส่งออก (3)	0.0647
				ระยะห่างจากแหล่งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (2)	0.1393
		ต้นทุนด้านราคาที่ดินค่าก่อสร้างและระบบสาธารณูปโภค (8)	0.0592	มูลค่าที่ดินและค่าก่อสร้างทางรถไฟ (12)	0.0309
				ระบบสาธารณูปโภคที่มีอยู่ (14)	0.0283
ความรับผิดชอบด้านสังคม (3)	0.1846	ผลกระทบต่อสังคมและชุมชน (3)	0.1252	จำนวนชุมชนโดยรอบในรัศมี 1 กิโลเมตร (7)	0.0618
				ปัญหาผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน (กิจกรรมสันทนาการ วิถีชีวิต วัฒนธรรม) (5)	0.0633
		ผลกระทบต่อการจราจร (7)	0.0594	ปัญหาด้านการจราจรติดขัด (16)	0.0095
				ปัญหาด้านความปลอดภัยทางถนน (9)	0.0498

หมายเหตุ: จากตารางที่ 3 เนื่องด้วยปัจจัยรองและปัจจัยย่อยมีจำนวนปัจจัยที่ศึกษาเพียงด้านละ 2 ปัจจัยจึงไม่สามารถพิจารณาได้ ค่าที่ศึกษา λ_{max}, CI และ CR เป็นค่าของปัจจัยหลักที่มีจำนวน 4 ปัจจัย โดยมีค่า ดังนี้ ค่า λ_{max} ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 12 คน มีค่าอยู่ระหว่าง 4.0074-4.2470, ค่า CI ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 12 คน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0024-0.0823 ซึ่งทำให้ค่าของ CR ของผู้เชี่ยวชาญทุกคนมีค่ามีค่าอยู่ระหว่าง 0.0028-0.0925 ซึ่งมีค่า < 0.1 และค่า λ_{max} ของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีค่า =4.0127, ค่า GCI ของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญมีค่า 0.0042 ส่งผลให้ค่า GCR ของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ = 0.0047 ซึ่งมีค่า < 0.1 แสดงว่าการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนและการตัดสินใจของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญทั้ง 12 คน มีความเที่ยงตรงดี

5.2.2 วิธี Fuzzy Scoring Method (FSM)

คือวิธีการปรับเปลี่ยนข้อมูลที่มีความคลุมเครือ (Fuzzy data) เช่น ค่าคะแนนที่เป็นคำพูด (ต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง และ สูงมาก) ให้เป็นค่าตัวเลขที่แน่นอน (Crisp data) ซึ่งถูกพัฒนาโดย Chen and Hwang [22] มีขั้นตอนดังนี้

การเปลี่ยนข้อมูลที่คลุมเครือให้เป็นตัวเลขฟัซซี่ (Fuzzy numbers, M(i)) Chen and Hwang ทำการเปลี่ยนข้อมูลที่เป็นคำพูดให้เป็นค่าตัวเลขฟัซซี่ **รูปที่ 6** แสดงการเปลี่ยนข้อมูลที่เป็นคำพูด 5 ระดับ (ต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง และ สูงมาก) ให้เป็นค่าตัวเลขฟัซซี่ แล้วประยุกต์ใช้วิธี FSM เพื่อการประมาณการค่าตัวเลขที่แน่นอน คือ ค่าคะแนนอรรถประโยชน์รวม (Total utility score ($\mu_T(i)$)) สำหรับ 5 ระดับคำพูดดังตารางที่ 4



รูปที่ 6 การแปลง 5 คำพูดคลุมเครือให้เป็นตัวเลขฟัซซี่ [22]

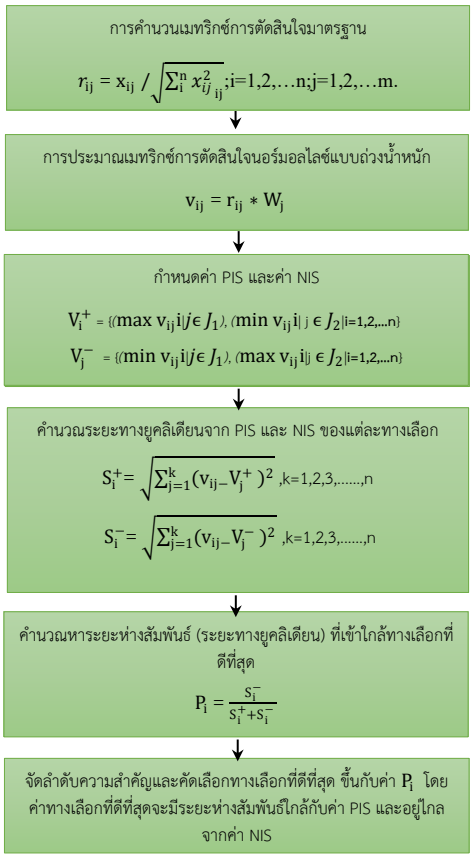
ตารางที่ 4 การประมาณค่าคะแนนอรรถประโยชน์รวมสำหรับค่าคะแนนคำพูด 5 ระดับ [30]

ตัวเลขฟัซซี่ M(i)	ค่าคะแนนอรรถประโยชน์รวม $\mu_T(i)$	ค่าคะแนนอรรถประโยชน์รวมที่ปรับค่าแล้ว
ต่ำมาก (Very low)	0.0909	0.1000
ต่ำ (Low)	0.2826	0.3109
ปานกลาง (Medium)	0.5000	0.5500
สูง (High)	0.7174	0.7891
สูงมาก (Very High)	0.9091	1.000

ในการพิจารณาค่าคะแนนที่เป็นคำพูด (ต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง และ สูงมาก) ของพื้นที่ทางเลือกที่พิจารณาภายใต้ปัจจัยต่างๆ ค่าคะแนนที่เป็นคำพูดเหล่านี้ จะถูกปรับเปลี่ยนให้เป็นค่าคะแนนที่เป็นตัวเลข (Crisp scores) โดยวิธี FSM ดังแสดงในตารางที่ 4 ค่าคะแนนที่เป็นตัวเลขเหล่านี้จะสามารถนำไปใช้ในการคำนวณร่วมกับค่า RW ของแต่ละปัจจัยย่อยซึ่งได้จากวิธี AHP ต่อไป

5.2.3 วิธี Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution (TOPSIS)

Hwang & Yoon (1981) ได้พัฒนาวิธีการตัดสินใจ โดยที่ค่าทางเลือกที่ดีที่สุด คือ ทางเลือกที่มีระยะห่างที่อยู่ใกล้กับค่าอุดมคติเชิงบวก (Positive ideal solution, PIS) และทางเลือกที่มีระยะห่างที่อยู่ไกลจากค่าอุดมคติเชิงลบ (Negative ideal solution, NIS) โดยใช้ระยะทางยูคลิเดียน (Euclidean distance) จะใช้ในการพิจารณาระยะห่างสัมพันธ์ของพื้นที่ทางเลือกทั้งสองและสามารถคัดเลือกพื้นที่ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด [23] ซึ่งขั้นตอนการคำนวณดังแสดงใน**รูปที่ 7**



รูปที่ 7 ขั้นตอนการคำนวณ PIS ของ TOPSIS [24]

เมื่อได้ค่าน้ำหนักความสำคัญความสำคัญของปัจจัยย่อยโดยวิธี AHP และค่าคะแนนของพื้นที่ทางเลือก 1 และ 5 ภายใต้แต่ละปัจจัยย่อยโดยวิธี FSM ของปัจจัยย่อยแต่ละปัจจัย จะถูกนำมาวิเคราะห์เพื่อหาค่าคะแนนรวมของพื้นที่ทางเลือกทั้งสอง โดยการนำค่ามาคำนวณหาเมทริกซ์การตัดสินใจมาตราฐาน จากค่าคะแนนของพื้นที่ทางเลือก 1 และ 5 ทั้งหมด และนำค่าคะแนนที่ได้มานอร์มอลไลซ์แบบถ่วงน้ำหนัก และจะสามารถกำหนดค่า PIS และ NIS ของแต่ละปัจจัยย่อยสำหรับพื้นที่ทางเลือก 1 และ 5 และหาระยะห่างสัมพันธ์ในเชิงระยะทางยูคลิเดียนที่เข้าใกล้ทางเลือกที่ดีที่สุด ยิ่งค่าระยะห่างสัมพันธ์เชิงระยะทางยูคลิเดียนของพื้นที่ทางเลือกสูง จะถือว่าเข้าใกล้ค่า PIS มาก พื้นที่ทางเลือกนั้นจะยิ่งมีความเหมาะสมมากตามไปด้วย

ผลจากการศึกษาทบทวนรายงานวิจัยและบทความที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP ในประเทศไทยและในงานศึกษาของต่างประเทศ [2] [11] [12] [18] [25] [26] [27] และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญโดยตรงจะสามารถกำหนดหลักเกณฑ์ในการให้ค่าคะแนนที่เป็นคำพูด 5 ระดับได้แก่ ต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก สำหรับแต่ละปัจจัยย่อยที่พิจารณาดังแสดงในตารางที่ 6 โดยจะเห็นได้ว่าในแต่ละหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการให้ค่าคะแนน แต่ละปัจจัยมีเกณฑ์การให้ค่าคะแนนที่แตกต่างกัน ในบางปัจจัยที่มีค่ามากยิ่งมีค่าคะแนนสูง หรือบางปัจจัยยิ่งมีค่าน้อย จะยิ่งมีค่าคะแนนสูง ซึ่งเกณฑ์เหล่านี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดค่าและการให้ความสำคัญของแต่ละปัจจัยว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบหรือเชิงบวก

ตารางที่ 5 แสดงเกณฑ์คะแนนตามปัจจัยของพื้นที่ทางเลือก [2] [11] [12] [18] [25] [26] [27]

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ปัจจัยย่อย	หน่วย	เกณฑ์คะแนน				
				ต่ำมาก (Very low)	ต่ำ (Low)	ปานกลาง (Medium)	สูง (High)	สูงมาก (Very High)
ความเหมาะสมทางด้านพื้นที่ (A1)	การเชื่อมต่อกับระบบการขนส่ง (B1)	ระยะทางเชื่อมต่อกับระบบราง (C1)	กิโลเมตร	> 5	3.5-5.0	2.0-3.5	0.5-2.0	< 0.5
		ระยะทางเชื่อมต่อกับถนนสายหลัก (C2)	กิโลเมตร	> 10	7.0-10	4.0-7.0	1.0-4.0	≤ 1.0
	ขนาดพื้นที่/รูปแปลง (B2)	ขนาดพื้นที่ (C3)	ไร่	<250	>250-400	>400-550	>550-700	>700
		ความพร้อมของพื้นที่และความสามารถในการขยายตัวในอนาคต (C4)	ไร่	≤120	240-360	360-480	480-600	>600
การปกป้องสิ่งแวดล้อม (A2)	ผลกระทบต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและชีวภาพ (B3)	ระยะห่างจากพื้นที่ป่าไม้เพื่อการอนุรักษ์ (C5)	กิโลเมตร	≤1	>1-2	>2-3	>3-4	>4
		ระยะห่างจากแหล่งน้ำที่สำคัญ (C6)	กิโลเมตร	≤1	>1-2	>2-3	>3-4	>4
	ผลกระทบต่อคุณค่าการใช้ประโยชน์ของมนุษย์และคุณภาพชีวิต (B4)	ระยะห่างจากสถานที่อ่อนไหว เช่น สถานศึกษา สถานพยาบาล หรือศาสนสถาน (C7)	กิโลเมตร	≤1	>1-2	>2-3	>3-4	>4
		ระยะห่างจากแหล่งท่องเที่ยว สถานที่พักผ่อนหย่อนใจหรือโบราณสถาน (C8)	กิโลเมตร	≤1	>1-2	>2-3	>3-4	>4
การพัฒนาด้านเศรษฐกิจ (A3)	การเพิ่มประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจโดยการลดการใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (B5)	ระยะห่างจากท่าเรือเพื่อการส่งออก (C9)	กิโลเมตร	> 600	>500-600	>400-500	>300-400	≤ 300
		ระยะห่างจากแหล่งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (C10)	กิโลเมตร	> 100.0	70.0-100.0	40.0-70.0	10.0-40.0	≤ 10.0
	ต้นทุนด้านราคาที่ดินค่าก่อสร้างและระบบสาธารณูปโภค (B6)	มูลค่าที่ดินและค่าก่อสร้างทางรถไฟ (C11)	ล้านบาท	≥1148	>861-1148	>547-861	>287-547	≤ 287
		ระบบสาธารณูปโภค (C12)	มีความสมบูรณ์ต่ำมาก-มากที่สุด	มีความสมบูรณ์ต่ำมาก	มีความสมบูรณ์ต่ำ	ปานกลาง	ค่อนข้างสมบูรณ์	มีความสมบูรณ์มากที่สุด
ความรับผิดชอบด้านสังคม (A4)	ผลกระทบต่อสังคมและชุมชน (B7)	จำนวนชุมชนโดยรอบในรัศมี 1 กิโลเมตร (C13)	จำนวนชุมชน	≥ 5	4	3	2	1
		ปัญหาผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน (C14)	มีผลกระทบระบบต่อความน่าอยู่ของชุมชน ต่ำมาก-มากที่สุด	มีผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน มากที่สุด	มีผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน มาก	มีผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน ปานกลาง	มีผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน น้อยมาก	มีผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชนน้อย
	ผลกระทบต่อการจราจร (B8)	ปัญหาด้านการจราจรติดขัด (C15)	ระดับการให้บริการ (ปริมาณจราจร (V) /ความจุ (C))	≥E	D	C	B	A
		ปัญหาด้านความปลอดภัยทางถนน (C16)	ระดับดาว (1-5 ดาว)	1	2	3	4	5

หมายเหตุ:

[1] เกณฑ์ค่าคะแนนระบบสาธารณูปโภค พิจารณาจากความพร้อมของระบบสาธารณูปโภคเดิมที่มีอยู่ เช่น ระบบประปา ระบบไฟฟ้า ระบบโทรศัพท์ ระบบสุขาภิบาล

[2] เกณฑ์ค่าคะแนนปัญหาผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน พิจารณาจากจำนวนปัญหาที่จะส่งผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน เช่น ความล่าช้าของคนเดินเท้าขณะรอข้ามถนน ความเสี่ยงของคนเดินเท้าที่อาจเกิดอุบัติเหตุขณะรอข้ามถนน การตัดขาดทางสังคม ปัญหาด้านการสั่นสะเทือนและเสียง รถรอเลี้ยวเข้าซอย ปัญหาฝุ่นละอองที่ส่งผลต่อสุขภาพของผู้อยู่อาศัย

[3] เกณฑ์ค่าคะแนนปัญหาด้านการจราจรติดขัด พิจารณาจาก ระดับการให้บริการของถนนเส้นนั้น เช่น มีการไหลอิสระของจราจร การจราจรถูกรบกวน จราจรคงที่ จราจรเริ่มไม่คงที่หรือมีการติดขัดของจราจร

จากข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการทบทวนรายงานและผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องในอดีตที่ผ่านมาในประเทศไทย [2] [11] [12] (จังหวัดขอนแก่น, 2547) (การท่าเรือ., 2559) (สนข., 2561) และงานวิจัยอื่นๆ และข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการออกสำรวจภาคสนาม ณ พื้นที่สถานีรถไฟโนนพยอม ต.ม่วงหวาน อ.น้ำพอง (พื้นที่หมายเลข 1) และพื้นที่ในเขต ต.ในเมือง อ.บ้านไผ่ (พื้นที่หมายเลข 5) จะสามารถกำหนดค่าคะแนนสำหรับปัจจัยย่อยต่างๆของพื้นที่ทางเลือกหมายเลข 1 และพื้นที่ทางเลือกหมายเลข 5 ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าคะแนนของพื้นที่ทางเลือกภายใต้ปัจจัยย่อยต่างๆ

ปัจจัยหลัก	ปัจจัยรอง	ปัจจัยย่อย	หน่วย	เกณฑ์คะแนน	
				พื้นที่ทางเลือก 1	พื้นที่ทางเลือก 2
A1	B1	C1	กิโลเมตร	1.4	0.3
		C2	กิโลเมตร	0.8	0.9
	B2	C3	ไร่	1000	943.75
		C4	ไร่	650	616.5
A2	B3	C5	กิโลเมตร	2.4	5.8
		C6	กิโลเมตร	27.29	16.18
	B4	C7	กิโลเมตร	1.3	0.9
		C8	กิโลเมตร	1.1	2.2
A3	B5	C9	กิโลเมตร	543.5	469.9
		C10	กิโลเมตร	9.2	79.1
A3	B6	C11	ล้านบาท	374.2	355.65
		C12	มีความพร้อมระบบสาธารณูปโภคต่ำมาก-มากที่สุด	ไม่มีระบบสาธารณูปโภค	ไม่มีระบบสาธารณูปโภค
A4	B7	C13	จำนวนชุมชน	1	3
		C14	มีผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน ต่ำมาก-มากที่สุด	มีผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน มาก	มีผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน มาก
	B8	C15	ระดับการให้บริการ (ปริมาณจราจร (V) /ความจุ (C))	0.41	0.30
		C16	ระดับดาว (1-5 ดาว)	3	3

หมายเหตุ: ต่ำมาก | ต่ำ | ปานกลาง | สูง | สูงมาก

ตารางที่ 7 การหาค่าสัมประสิทธิ์เข้าใกล้ค่าอุดมคติที่สุด (P_i)

พื้นที่ทางเลือก	ค่าอุดมคติเชิงบวก (S_i^+)	ค่าอุดมคติเชิงลบ (S_i^-)	(S_i^+)+ (S_i^-)	ค่าระยะห่างสัมพันธ์ที่เข้าใกล้ค่าอุดมคติ (P_i)	ลำดับความสำคัญ
1.สถานีรถไฟโนนพยอม ต.ม่วงหวาน อ.น้ำพอง	0.0537	0.1078	0.1615	0.6673	1
2.ต.ในเมือง อ.บ้านไผ่	0.0953	0.0314	0.1268	0.2479	2

หมายเหตุ: ตัวใน () หมายถึงค่า RW ของพื้นที่ทางเลือก

จากตารางที่ 7 พบว่าค่าระยะห่างสัมพันธ์ (ระยะทางยูคลิเดียน, P_i) ที่ใกล้ค่าอุดมคติ พื้นที่ทางเลือกหมายเลข 1 สถานีรถไฟโนนพยอม ต.ม่วงหวาน อ.น้ำพอง มีค่ามากกว่าพื้นที่ทางเลือกหมายเลข 2 ต.ในเมือง อ.บ้านไผ่ จึงถือว่าพื้นที่ทางเลือกหมายเลข 1 มีความเหมาะสมในการก่อสร้าง DP มากกว่า พื้นที่ทางเลือกหมายเลข 2 เนื่องจากค่า P_i เป็นการคำนวนหาระยะห่างสัมพันธ์ของพื้นที่ทางเลือกทั้งสองพื้นที่ที่เข้าใกล้ค่าอุดมคติเชิงบวกมากที่สุด ยิ่งค่า P_i มีค่ามาก แสดงว่ามีค่าระยะห่างใกล้ค่าอุดมคติเชิงบวกมาก ยิ่งมีความเหมาะสมของพื้นที่นั้นมากตามไปด้วย

6. อภิปรายผล

จากการศึกษาเบื้องต้นพื้นที่ทางเลือกที่มีศักยภาพเพียงพอในการก่อสร้าง DP ในจังหวัดขอนแก่นมี 5 พื้นที่ ได้แก่ (1) สถานีรถไฟโนนพยอม ต. ม่วงหวาน อ. น้ำพอง (2) สถานีรถไฟท่าพระ (3) แผนกสัตวบาลที่ 2 กส. ทบ. (4) สถานีรถไฟบ้านไผ่ และ (5) พื้นที่ ต.ในเมือง อ.บ้านไผ่ แต่หลังจากผ่านกระบวนการกลั่นกรองพื้นที่เบื้องต้นโดยใช้หลักเกณฑ์ด้านกรรมสิทธิ์ที่ดินและขนาดพื้นที่ ด้านการไม่ขัดต่อข้อกฎหมายผังเมืองและด้านพื้นที่การไม่อยู่ในเขตป่าอนุรักษ์หรือเขตป่าสงวน มีพื้นที่ที่ผ่านการกลั่นกรองเพียง 2 พื้นที่ ได้แก่ (1) สถานีรถไฟโนนพยอม ต.ม่วงหวาน อ.น้ำพอง (2) พื้นที่ ต.ในเมือง อ.บ้านไผ่

ในขั้นตอนต่อไปเป็นการประยุกต์ใช้วิธีการ HMADM จากค่า RW และลำดับความสำคัญในตารางที่ 3 สรุปปัจจัยหลักมีลำดับความสำคัญ ได้ดังนี้ คือ ปัจจัยด้านความเหมาะสมของพื้นที่ (0.4047) ตามมาด้วยปัจจัยด้านการพัฒนาเศรษฐกิจ (0.2631) ปัจจัยด้านความรับผิดชอบต่อสังคม (0.1846) และปัจจัยด้านการปกป้องสิ่งแวดล้อม (0.1473) ตามลำดับ ส่วนปัจจัยย่อยที่มีลำดับความสำคัญโดยพิจารณาจากค่า RW ของปัจจัยย่อย ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยมีลำดับความสำคัญดังนี้ คือระยะทางการเชื่อมต่อกับระบบราง (0.2331) มีลำดับความสำคัญสูงสุด ปัจจัยย่อยที่มีค่าลำดับความสำคัญรองลงมา ดังนี้ คือ ระยะห่างจากแหล่งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ (0.1393) ระยะห่างจากท่าเรือเพื่อการส่งออก (0.0647) ระยะทางการเชื่อมต่อกับถนนสายหลัก (0.0644) ปัญหาผลกระทบต่อความน่าอยู่ของชุมชน (กิจกรรมสันทนาการ วิถีชีวิต วัฒนธรรม) (0.0618) ระยะห่างจากสถานที่อ่อนไหว เช่น สถานศึกษา, สถานพยาบาลหรือศาสนสถาน (0.0631) จำนวนชุมชนโดยรอบในรัศมี 1 กิโลเมตร (0.0618) ขนาดของพื้นที่ต่อเนื่องที่สามารถขยายพื้นที่ได้ในอนาคต (0.0576) ปัญหาด้านความปลอดภัยทางถนน (0.0498) ขนาดพื้นที่ (0.0494) ระยะห่างจากแหล่งน้ำที่สำคัญ (0.0353) มูลค่าที่ดินและค่าก่อสร้างทางรถไฟ (0.0308) ระยะห่างจากพื้นที่ป่าไม้เพื่อการอนุรักษ์ (0.0300) ระบบสาธารณูปโภคที่มีอยู่ (0.0283) ระยะห่างจากแหล่งท่องเที่ยว สถานที่พักผ่อนหย่อนใจหรือโบราณสถาน (0.0188) ปัญหาด้านการจราจรติดขัด (0.0095) ตามลำดับ

ในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP จะต้องคำนึงถึงปัจจัยย่อยต่างๆ ที่มีผลต่อการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP ตัวอย่างเช่น อิทธิพลของพื้นที่ทางเลือกที่เหมาะสมควรมีระยะทางเชื่อมต่อกับระบบราง ถนนสายหลัก แหล่งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และท่าเรือน้อย เพื่อให้เข้าถึงพื้นที่ได้อย่างสะดวก รวดเร็วที่ส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งมีค่า

ลดลงด้วย แต่ในทางตรงกันข้ามพื้นที่ทางเลือกที่มีระยะห่างมากจึงจะมีความเหมาะสมของพื้นที่ คือระยะห่างจากสถานที่อ่อนไหวต่างๆ เช่น สถานศึกษา, สถานพยาบาลหรือศาสนสถาน, แหล่งน้ำที่สำคัญ พื้นที่ป่าไม้เพื่อการอนุรักษ์และแหล่งท่องเที่ยว สถานที่พักผ่อนหย่อนใจหรือโบราณสถาน เนื่องจากจะช่วยลดผลกระทบของการดำเนินการ DP ต่อระบบนิเวศน์ในบริเวณนั้น เช่น ทั้งทางด้านมลพิษ วิถีชีวิต และความสวยงามเป็นต้น พื้นที่ที่มีความเหมาะสมจะต้อง มีจำนวนชุมชนโดยรอบในรัศมี 1 กิโลเมตร น้อยเนื่องจากจะมีประชาชนที่อาจจะได้รับผลกระทบจากการก่อสร้าง DP น้อย ขนาดของพื้นที่และขนาดพื้นที่ต่อเนื่องที่สามารถขยายพื้นที่ได้ในอนาคต เนื่องด้วยขนาดพื้นที่เป็นตัวบ่งชี้ว่าขนาดของพื้นที่ทางเลือกสามารถรองรับปริมาณสินค้าที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นมาใช้บริการของ DP ได้หรือไม่ ดังนั้นยิ่งมีพื้นที่ขนาดใหญ่และพื้นที่ใกล้เคียงที่สามารถขยายตัวได้มากในอนาคตยิ่งมีความเหมาะสมของพื้นที่มาก

ผลการศึกษาได้พื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP คือ สถานีรถไฟโนนพยอม ต.ม่วงหวาน อ.น้ำพอง ที่มีความสอดคล้องกับการศึกษาจากองค์กรอื่น ถึงแม้ว่าในการศึกษาจะใช้วิธีการศึกษาที่แตกต่างกันไป และมีปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาแตกต่างกัน โดยมีปัจจัยที่ใช้ศึกษาเหมือนและใกล้เคียงกัน ซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาที่คล้ายกันกับงานศึกษาของการท่าเรือ., (2559) ปัจจัยหลัก คือ ความเหมาะสมทางด้านพื้นที่ ปัจจัยที่ถูกใช้เหมือนกันกับงานศึกษาของ สนข., (2561) ปัจจัยหลัก คือ การปกป้องสิ่งแวดล้อม ปัจจัยลำดับสุดท้ายที่คล้ายกัน ดังนี้ ระยะทางการเชื่อมต่อกับระบบรา, ระยะทางการเชื่อมต่อกับถนนสายหลัก, ขนาดของพื้นที่ต่อเนื่องที่สามารถขยายพื้นที่ได้ในอนาคต, ระยะห่างจากแหล่งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่, มูลค่าที่ดินและค่าก่อสร้างทางรถไฟ และจำนวนชุมชนโดยรอบในรัศมี 1 กิโลเมตร

7. สรุปผล

ในงานวิจัยนี้ วิธี HMADM ซึ่งประกอบไปด้วย AHP, FSM และ TOPSIS ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการตัดสินใจเพื่อการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP ในจังหวัดขอนแก่น โดยวิธี AHP ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อหาค่า RW ของปัจจัยต่างๆ วิธี FSM ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเปลี่ยนค่าคะแนนที่ได้เป็นคำพูด (ต่ำมาก ต่ำ ปานกลาง สูง และ สูงมาก) เป็นค่าคะแนนที่เป็นตัวเลข วิธี TOPSIS ประยุกต์ใช้เพื่อหาค่าคะแนนรวมของพื้นที่ทางเลือกที่ศึกษา และสามารถเรียงลำดับพื้นที่ทางเลือกตามความเหมาะสมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยการวิจัยครั้งนี้ได้นำเอาปัจจัยหลักด้านการพัฒนาด้านเศรษฐกิจ ความรับผิดชอบต่อสังคมและการปกป้องสิ่งแวดล้อมเข้ามาร่วมพิจารณากับปัจจัยด้านความเหมาะสมทางด้านพื้นที่ เป็นกระบวนการตัดสินใจที่สร้างความสมดุลของปัจจัยหลัก 3 ปัจจัยแรกจึงมีความสอดคล้องกับหลักการพัฒนาอย่างยั่งยืน

ผลจากการประยุกต์ใช้วิธี HMADM พบว่าพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดในการก่อสร้าง DP ของจังหวัดขอนแก่น คือ พื้นที่ทางเลือกหมายเลข 1: สถานีรถไฟโนนพยอม ต.ม่วงหวาน อ.น้ำพอง ซึ่งมีความสอดคล้องกับเอกสารการคัดเลือกพื้นที่ทางเลือกที่เหมาะสมที่ได้จากผลการศึกษาของหน่วยงานอื่น เช่น สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) [2] และการท่าเรือแห่งประเทศไทย (กทท.) [12] ในขณะการศึกษาดังกล่าวนั้นมีวิธีการศึกษาและจำนวนและประเภทของปัจจัยการตัดสินใจต่างๆที่มีความแตกต่างกันด้วย การศึกษานี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นการนำเอากระบวนการวิเคราะห์ที่เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายและมีความแม่นยำของผลลัพธ์เข้ามาใช้ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจ

งานวิจัยนี้เป็นเพียงการคัดเลือกพื้นที่ทางเลือกที่เหมาะสมในการก่อสร้าง DP ของจังหวัดขอนแก่นเบื้องต้นเท่านั้น ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องดำเนินการอีกหลายขั้นตอนเพื่อนำไปสู่การพัฒนา DP ให้ประสบความสำเร็จ เช่น จะต้องศึกษาความเหมาะสมด้านวิศวกรรม และการออกแบบรายละเอียด ศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม (Environmental impact assessment) (EIA) ศึกษาความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์และการเงิน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้วิธี HMADM โดยเป็นการบูรณาการวิธี MADM ที่สำคัญ 3 วิธี ซึ่งประกอบด้วยวิธี AHP, FSM และ TOPSIS ที่ทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำน่าเชื่อถือและเป็นที่ยอมรับ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการตัดสินใจและขจัดข้อด้อยและข้อจำกัดต่างๆ ของวิธี MADM อื่นๆ รวมทั้งแก้ปัญหาการตัดสินใจที่มีอคติของผู้เชี่ยวชาญและสามารถตรวจสอบความสอดคล้องและความเที่ยงตรงของการตัดสินใจของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนและกลุ่มของผู้เชี่ยวชาญได้ โดยวิธี HMADM สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการตัดสินใจในปัญหาที่มีลักษณะโครงสร้างการตัดสินใจที่ไม่ชัดเจนต้องพิจารณาหลายปัจจัย มีจำนวนทางเลือกที่แน่นอน และมีผู้ตัดสินใจหลายคนหรือหลายกลุ่ม เช่น การคัดเลือกสถานที่ตั้งของ Transit-Oriented Development, (TOD), การคัดเลือกสถานที่ตั้งท่าเรือและการคัดเลือกประเภทและเส้นทางของระบบขนส่งสาธารณะที่เหมาะสม เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์และการสนับสนุนด้านข้อมูลในการวิจัยเป็นอย่างยิ่ง จากกลุ่มคณะผู้เชี่ยวชาญ และขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้รับสนับสนุนงบประมาณโครงการจาก “ฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา” มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่คอยช่วยเหลือด้านองค์ความรู้ ทั้งทางด้าน HMADM, MADM และ DP คอยเสนอแนะให้ความรู้ตลอดจนการวิจัยนี้แล้วเสร็จ โดยงานวิจัยในครั้งนี้จะเป็นคุณูปการสำหรับการกลั่นกรองพื้นที่เบื้องต้นที่เหมาะสมในการพัฒนาเป็น DP ภายในจังหวัดขอนแก่น ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Ofori-Addai, G., & Domfeh, S. A. (2020). SELECTION OF DRY PORT LOCATION FOR COSCO SHIPPING LINE GHANA COMPANY LIMITED USING CENTER OF GRAVITY (COG) AND ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) MODELS. International Journal of Novel Research in Marketing Management and Economics, 7(2), 20–29. www.noveltyjournals.com

[2] สนข. (2561). งานศึกษาจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาท่าเรือบก (Dry Port) เพื่อนำไปสู่การเป็นศูนย์กลางโลจิสติกส์ของภูมิภาค.

[3] สนข. (2564). Strengthening Subregional Connectivity in East and North-East Asia through Effective Economic Corridor Management Training-Workshop Series: Workshop 1 Lecture 2: Dry Ports Content-Part 1.

[4] รฟท. (2562a). 122 ปี ก้าวสู่อนาคตรถไฟไทย.

[5] รฟท. (2562b). The Future of SRT.

[6] Statista. (2022). ASEAN countries GDP 2027 | Statista. https://www.statista.com/statistics/796245/gdp-of-the-asean-countries/

[7] รฟท. (2564). รถไฟทางคู่. รถไฟสัมพันธ์, 6(6), 6–33.

[8] Mardani et al., (2015). Multiple criteria decision-making techihues and their appliation-a review of the literature fome 2000 t0 2014. Economic Research-Ekonomskr. Istraz¨ivanja, vol. 28(1), 516-71.

[9] Saaty, T.L.(1989). Group decision making and the AHP. In B. L. Golden, E. A. Wasil, & P. T. Harker (Eds.), The Analytic Hierarchy Process: Applications and Studies. Berlin: Springer.

[10] Widianta, M. M. D., Rizaldi, T., Setyohadi, D. P. S., & Riskiawan, H. Y. (2018). Comparison of Multi-Criteria Decision Support Methods (AHP, TOPSIS, SAW & PROMENTHEE) for Employee Placement. Journal of Physics: Conference Series, 953(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/953/1/012116

[11] จังหวัดขอนแก่น. (2547). การศึกษาความเหมาะสมในการจัดตั้งศูณย์บริการการขนส่งสินค้าด้วยตู้คอนเทนเนอร์ (Inland Container Depot, ICD) ทางรถไฟ ณ จังหวัดขอนแก่น.

[12] กทท. (2559). Final Report (Vol. 86).

[13] de Almeida Rodrigues, T., Maria de Miranda Mota, C., & Manuele dos Santos, I. (2021). Determining dry port criteria that support decision making. Research in Transportation Economics, 88. https://doi.org/10.1016/j.retrec.2020.100994

[14] Nguyen, L. C., & Notteboom, T. (2016). A Multi-Criteria Approach to Dry Port Location in Developing Economies with Application to Vietnam. Asian Journal of Shipping and Logistics, 32(1), 23–32. https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2016.03.003

[15] KA, B. (2011). Application of Fuzzy AHP and ELECTRE to China Dry Port Location Selection. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 27(2), 331–354.

[16] Awad-Núñez, S., González-Cancelasa, N., Soler-Floresb, F., & Camarero-Orivea, A. (2016). A Methodology for Measuring Sustainability of Dry Ports Location Based on Bayesian Networks and Multi-criteria Decision Analysis. Transportation Research Procedia, 13, 124–133. https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.013

[17] ณัฐพงศ์, ป. (2563). การคัดเลือกสถานที่เพื่อพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถาน ตามแนวเส้นทางระบบรถไฟฟ้ารางเบาโดยวิธีกระบวนการลำดับชั้นเชิงวิเคราะห์ : กรณีศึกษาจังหวัดขอนแก่น. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[18] เอกสิทธิ์, เ. (2563). บทนำ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[19] สผง.อบจ.ขอนแก่น. (2016). ระบบฐานข้อมูลแผนยุทธศาสตร์การพัฒนา. ค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2566 , จากระบบฐานข้อมูลแผนยุทธศาสตร์การพัฒนา (kkpao.go.th).

[20] สนง.จ.ขอนแก่น. (2555). ข้อมูลเชิงวิเคราะห์ของจังหวัดขอนแก่น. ค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2566, จากจังหวัดขอนแก่น-KhonKaen Provincial

[21] Google. (sf). ภาพถ่ายจาก Google Earth เพื่อทราบพื้นที่ตั้งของพื้นที่ทางเลือกที่ศึกษาในจังหวัดขอนแก่น. สืบค้นเมื่อ15 มีนาคม 2565, จาก Google Earth. (11/17/2022).

[22] Chen, S.-J., and Hwang, C.-L. (1992). Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods. In S.-J. Chen & C.-L. Hwang, Fuzzy Multiple Attribute Decision Making Methods (Vol.375, pp. 289-486). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

[23] Andayani, A. (2018). Sartre'S Existentialism in Herman Melville'S Moby Dick. ANAPHORA: Journal of Language, Literary and Cultural Studies, 1(1), 23–27. https://doi.org/10.30996/anaphora.v1i1.2086

[24] Opricovic, S. and Tzeng, G.-H. (2004) Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS. European Journal of Operational Research, 156, 445-455. https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00020-1

[25] สนข., (2547). การศึกษาความเหมาะสมและออกแบบเบื้องต้นสถานีขนส่งสินค้าคอนเทนเนอร์เพื่อ การจัดการโลจิสติกส์.

[26] ThaiRAP. (2557). การจัดอันดับดาวและแผนการลงทุนของ iRAP คู่มือการลงรหัส.

[27] kunSULT. (2016). Objectives, indicators and targets. ค้นเมื่อ 20 มีนาคม 2565, จาก KonSULT | Decision Maker's Guidebook (leeds.ac.uk)