การคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต โดยวิธีการวิเคราะห์ทฤษฎีอรรถประโยชน์พหุลักษณ์ และวิธีการจัดลำดับชนิดเข้าศูนย์กลาง กรณีศึกษา เส้นทาง เมืองภูเก็ต ถึง หาดป่าตอง

Selection of Light Transit Systems Using Multi Attribute Utility Theory and Rank Order Centroid Methods A Case Study of Phuket City to Patong Beach Corridor

สิรินุช ไชยพิทักษ์[1], เอกชัย ศิริกิจพาณิชย์กูล[2,*] และ ชวเลข วณิชเวทิน[3]

[1]สาขาวิศวกรรมโครงสร้างพื้นฐานและการบริหาร ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร
[2,3]สาขาวิศวกรรมขนส่ง ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร
**Corresponding author; E-mail address: fengacs@ku.ac.th.*

บทคัดย่อ

การคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตโดยวิธีการวิเคราะห์ทฤษฎีอรรถประโยชน์พหุลักษณ์ (Multi Attribute Utility Theory, MAUT) และวิธีการจัดลำดับชนิดเข้าศูนย์กลาง (Rank Order Centroid, ROC) กรณีศึกษา เส้นทาง เมืองภูเก็ต ถึง หาดป่าตองมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่เหมาะสมกับเส้นทางดังกล่าว โดยกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามซึ่งมีการจำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1.ผู้ออกแบบและกำหนดโครงการ 2.ภาคสังคม 3.ผู้ให้บริการ และ 4.ผู้ใช้บริการ ให้คะแนนตัวแปรการตัดสินใจในแต่ละทางเลือก และจัดลำดับความสำคัญของตัวแปรการตัดสินใจตามเกณฑ์ จากนั้นวิเคราะห์คะแนนตัวแปรด้วยวิธี MAUT และวิเคราะห์น้ำหนักตัวแปรตามการจัดลำดับด้วยวิธี ROC ผลการวิเคราะห์พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละกลุ่มได้คัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่เหมาะสมที่สุด และจัดอันดับตัวแปรการตัดสินใจที่สำคัญที่สุด ตามลำดับดังนี้ 1.ผู้ออกแบบและกำหนดโครงการเลือก Tram และความยากในการก่อสร้าง 2.ภาคสังคมเลือก Bus Rapid Transit (BRT) และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม 3.ผู้ให้บริการเลือก Electric Vehicle Bus (EV Bus) และต้นทุนโครงการ และ 4.ผู้ใช้บริการคัดเลือกระบบ Automated Rapid Transit (ART) และการเข้าถึงระบบขนส่งมวลชน เป็นหลัก จากการกำหนดให้ผู้ตอบแบบสอบถามทุกกลุ่มมีความสำคัญเท่ากัน ผลวิเคราะห์การคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดภูเก็ตสำหรับทุกกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามประกอบด้วย (1) ART (2) BRT(3) Tram และ (4) EV Bus ตามลำดับ

คำสำคัญ: ทฤษฎีอรรถประโยชน์พหุลักษณ์, การจัดลำดับเข้าหาศูนย์กลาง, ระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง

Abstract

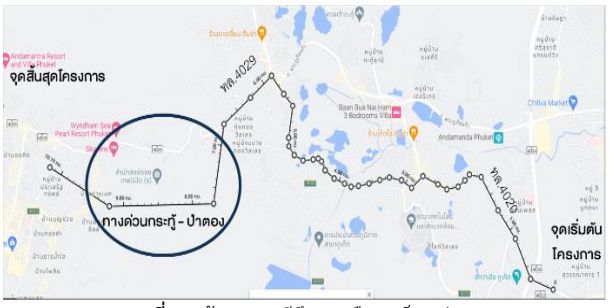
The purpose of this study is to determine the most suitable light transit system for Phuket Province using Multi Attribute Utility Theory (MAUT) and Rank Order Centroid (ROC) methods using Phuket City to Patong Beach Corridor as a case study. Respondents are classified into four sectors including designers, social sector, service providers and service users. Each sector rates score for each alternative and prioritizes decision factors based on their criteria. The results show that each group selects the most appropriate system and ranks the most important factors as follows: designers choose the Tram system based on construction difficulty, social sectors choose Bus Rapid Transit (BRT) system based on environmental impact, service providers choose Electric Vehicle Bus (EV Bus) system based on project cost, and service users choose Automated Rapid Transit (ART) system based on accessibility , respectively. If all respondents are equally important, the most suitable light transit system for Phuket is ranked as follows: ART (1st), BRT (2nd), Tram (3rd), and EV Bus (4th). The analysis results provide guidance for selecting a suitable light transit system for Phuket Town to Patong Beach, considering all stakeholders' concerns.

Keywords: Multi Attribute Utility Theory (MAUT), Rank Order Centroid (ROC), Light Transit system

1. บทนำ

จังหวัดภูเก็ตมีแหล่งท่องเที่ยวที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวเข้ามาเป็นจำนวนมากและทำรายได้เข้าประเทศเป็นอันดับต้น ๆ หนึ่งในสถานท่องเที่ยวที่สำคัญของจังหวัดภูเก็ต คือ หาดป่าตองซึ่งเป็นหาดทรายที่เป็นที่นิยม [11]

บริเวณโดยรอบมีโรงแรม ร้านอาหาร และสถานบันเทิง แต่ทว่าการเดินทางไปยังหาดป่าตองจำเป็นต้องผ่านเส้นทางหลวงแผ่นดิน 4029 ซึ่งมีความคดเคี้ยว แคบ ลาดชัน เกิดอุบัติเหตุอยู่บ่อยครั้ง และมีปริมาณการจราจรสูง เนื่องจากประชาชนและนักท่องเที่ยวใช้เส้นทางนี้เป็นหลัก การทางพิเศษจึงมีโครงการทางพิเศษกระทู้ – ป่าตอง โดยการเจาะอุโมงค์ผ่านเขานาคเกิดเพื่อลดระยะเวลาการเดินทาง และเพิ่มช่องทางจักรยานยนต์ภายในอุโมงค์ ทว่าการเดินทางโดยใช้รถจักรยานยนต์ในอุโมงค์มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุเป็นอย่างมาก ดังนั้นการศึกษานี้จัดทำขึ้นเพื่อคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางจากเมืองภูเก็ตไปยังหาดป่าตอง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทฤษฎีคุณลักษณะอรรถประโยชน์พหุลักษณ์ และวิธีการจัดลำดับชนิดเข้าหาศูนย์กลาง โดยได้วิเคราะห์ตัวแปรการตัดสินใจของกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามแต่ละกลุ่ม เพื่อประกอบการตัดสินใจในการคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่เหมาะสมกับเส้นทางดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เส้นทางกรณีศึกษา เมืองภูเก็ต– ป่าตอง

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

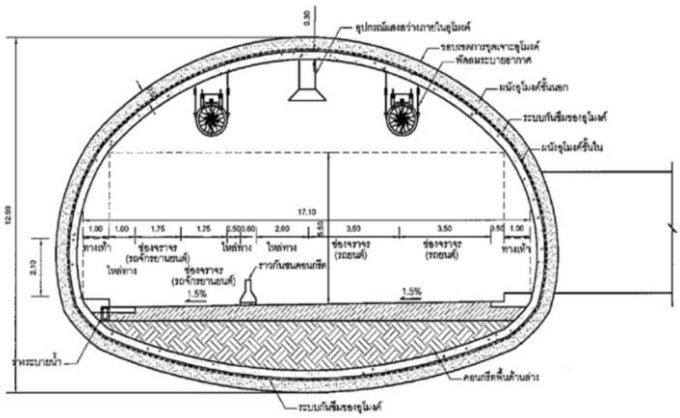
2.1 โครงการทางพิเศษกระทู้ – ป่าตอง [10]

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย ได้ศึกษาความเหมาะสมโครงการทางพิเศษกระทู้ - ป่าตอง เพื่อแก้ปัญหาอุบัติเหตุจราจรและรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นบริเวณทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 4029 ซึ่งเป็นทางคมนาคมเชื่อมต่อตำบลป่าตอง และตำบลกระทู้ ระยะทางประมาณ 4 กิโลเมตร โดยมีเส้นทางเป็นอุโมงค์คู่ลอดใต้ภูเขา ระยะทางประมาณ 1.90 กิโลเมตร และแนวเส้นทางยกระดับระยะทางประมาณ 2.10 กิโลเมตร จุดเริ่มต้นโครงการทางพิเศษ สายกระทู้ – ป่าตองอยู่ในเขตเทศบาลเมืองป่าตอง เข้าสู่เส้นทางโครงการฯ ซึ่งเป็นโครงสร้างทางยกระดับข้ามถนนพิศิษฐ์กรณีย์ แล้วเข้าสู่โครงสร้างปากอุโมงค์มีลักษณะเป็นอุโมงค์คู่เดินรถทางเดียว ลอดใต้เขานาคเกิดตำบลป่าตอง ออกสู่ช่วงโครงสร้างปากอุโมงค์ที่ตำบลกระทู้ และเข้าสู่ทางแยกต่างระดับลงสู่ทางหลวงหมายเลข 4029 บริเวณปากซอยบางทอง เพื่อไปยังตัวเมืองภูเก็ต

รูปแบบอุโมงค์ พิจารณาเป็นอุโมงค์คู่รูปเกือกม้าขนาด 4 ช่องจราจรต่อทิศทาง (รถยนต์ 2 ช่องจราจร และจักรยานยนต์ 2 ช่องจราจร) ออกแบบเป็นอุโมงค์คู่มีทิศทางการจราจรแยกออกจากกัน ความกว้างอุโมงค์ 17.10 เมตร การทางพิเศษแห่งประเทศไทยต้องจำกัดความเร็วรถยนต์และจักรยานยนต์ สำหรับทางตรงใช้ความเร็วไม่เกิน 60 กม./ชม. และทางโค้งความเร็วไม่เกิน 40 กม./ชม [10] ลักษณะอุโมงค์ของโครงการดังตารางที่ 1 และดังรูปที่ 2

ตารางที่ 1 ลักษณะอุโมงค์ของโครงการทางพิเศษกระทู้ - ป่าตอง

ลักษณะ	รถยนต์ (เมตร)	รถจักรยานยนต์ (เมตร)
ความกว้างช่องละ	3.5	1.75
ไหล่ทางด้านซ้าย	2	1
ไหล่ทางด้านขวา	0.5	0.5
ทางเท้า	1	1



รูปที่ 2 ลักษณะโครงการอุโมงค์ โครงการทางพิเศษ กระทู้ – ป่าตอง [10]

2.2 ระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง

ระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง คือระบบขนส่งที่รวบรวมและส่งผู้โดยสารไปยังจุดหมายปลายทาง และอำนวยความสะดวกในการเข้าถึงระบบขนส่งมวลชนหลัก โดยจากการศึกษาผู้วิจัยได้พิจารณาถึงการใช้เขตทาง (Right of way, ROW) ตามทฤษฎีระบบขนส่งของ Vuchic [8] โดยพิจารณาเป็นระบบขนส่งมวลชนที่ใช้เขตทางประเภท B ซึ่งมีเขตทางแยกจากระบบจราจรทั่วไป แต่ใช้ทางแยกร่วมกับระบบจราจร และระบบขนส่งมวลชนที่ใช้เขตทางประเภท C ซึ่งใช้เขตทางร่วมกับระบบจราจรทั่วไป ในการคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนพิจารณาระบบขนส่งมวลชนที่ให้บริการบนพื้นผิวถนน (At grade) และมีขนาดตัวรถที่สามารถผ่านอุโมงค์ทางพิเศษกระทู้ – ป่าตองได้ ซึ่งระบบขนส่งมวลชนที่เหมาะสมเป็นทางเลือกในงานวิจัยนี้จำนวน 4 ทางเลือก ได้แก่ รถโดยสารประจำทางด่วนพิเศษ (Bus Rapid Transit , BRT) รถบัสอัจฉริยะไร้คนขับ (Automated Rapid Transit , ART) รถไฟฟ้าราง (Tram) รถโดยสารประจำทางไฟฟ้า (Electric Vehicle Bus , EV Bus) โดยระบบขนส่งมวลชนขนาดรองมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสรุปดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดระบบขนส่งมวลชนทางเลือก

รายละเอียด	ระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง			
	BRT	Tram	ART	EV Bus
ความกว้างตัวรถ (เมตร)	2.54	2.55	2.65	2.54
ต้นทุนค่าก่อสร้าง (ล้านบาท)	300	600	350	8
ค่าใช้จ่ายเมื่อเปิดการปฏิบัติการ (บาท/ผู้โดยสาร-กม.)	1.25	1.75	1.12	1.5

ตารางที่ 2 รายละเอียดระบบขนส่งมวลชนทางเลือก (ต่อ)

รายละเอียด	ระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง			
	BRT	Tram	ART	EV Bus
ความเร็วในการเดินรถ (กม/ชม.)	60	50	70	80
ความห่างระหว่างขบวนรถให้บริการ (นาทีต่อขบวน)	10	15	5	20
ปริมาณความจุผู้โดยสารที่รองรับได้ (คน/ชั่วโมง/ทิศทาง)	5,000	6,000	20,000	5,000
เขตทาง (Right of way)	B	B	C	C
ระบบการเดินรถ	Driver	Driver	Driverless/ Driver	Driver
อ้างอิง	[12]	[13],[16]	[3]	[15]

2.3 การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making) [7]

การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Analysis, MCDA) คือระเบียบวิธีที่ช่วยในการสร้างการตัดสินใจกับการประเมินหลายปัจจัย ช่วยให้สามารถประเมินความพึงพอใจและประสิทธิภาพ การจัดการทางเลือกที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจนและโปร่งใสต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่เกี่ยวข้อง MCDA มีจุดมุ่งหมายเพื่อหาวิธีการที่ชัดเจนในการตอบคำถามเพื่อช่วยในการตัดสินใจ โดยสามารถจำแนก MCDA ออกเป็นประเภทต่างๆ เช่น Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) Analytical Hierarchy Process (AHP) และ outranking เป็นต้น [7]

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าเทคนิควิธี AHP เป็นเทคนิควิธีการเปรียบเทียบคู่ ซึ่งได้รับความนิยมสูงแต่มีข้อจำกัดในการเปรียบเทียบกรณีที่มีตัวแปรเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ใช้เวลาในการตัดสินใจนานขึ้น มีความซับซ้อนมากขึ้น จนอาจนำไปสู่ความสับสนและความคลาดเคลื่อนในการตัดสินใจที่สูงขึ้นได้

2.4 ทฤษฎีคุณลักษณะอรรถประโยชน์พหุลักษณ์ (Multi – Attribute Utility Theory, MAUT) [7]

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการตัดสินประโยชน์ของแต่ละทางเลือก วิธีการ MAUT เป็นเครื่องมือในการประเมิน เมื่อมีปัญหาและเป้าหมายที่ต้องนำสิ่งต่างๆ มาเปรียบเทียบกัน เพื่อให้ได้ทางเลือกที่ดีสุด ซึ่งเกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลายส่วน และมีความสำคัญไม่เท่ากัน

ข้อดีของวิธี MAUT คือ เมื่อมีทางเลือกที่มีความแตกต่างกัน จะช่วยลดช่องว่างของการประเมินที่ต้องใช้ดุลยพินิจด้านความรู้สึกโดยการแปลงค่าคะแนนให้อยู่ในหน่วยมาตรฐาน เพื่อกำจัดค่าหน่วยวัดต่าง ๆ ที่ไม่เหมือนกัน โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้ทั้งในด้านการเงิน เศรษฐศาสตร์ การบริหาร การเกษตร การจัดการด้านพลังงาน [7]

ข้อจำกัดของวิธี MAUT คือ ปริมาณข้อมูลสำคัญในการนำเข้ามาพิจารณาจำเป็นต้องใช้ข้อมูลในปริมาณมาก ระดับของการวัดผลข้อมูลที่นำเข้า และข้อมูลตัวเลขที่มีปริมาณมาก อาจไม่ได้ถูกนำมาเป็นส่วนหนึ่งในการตัดสินใจแก้ไขปัญหา ดังนั้นหากเรามีข้อมูลหรือตัวแปรไม่มากพอ MAUT อาจไม่ใช่วิธีที่เหมาะสมในการนำมาช่วยในการตัดสินใจ [7]

วิธีการ MAUT สามารถคำนวณได้ดังนี้ ในกรณีที่ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นเชิงบวก ค่าคะแนนมาตรฐานจะแสดงในสมการที่ 1 แต่หากผลกระทบที่เกิดกับผู้มีส่วนได้เสียเป็นเชิงลบ ค่าคะแนนมาตรฐานจะแสดงในสมการที่ 2

$$f'_j(a_i)=\frac{f_j(a_i)-min(f_j)}{max\,(f_j)-min(f_j)} \quad (1)$$

$$f'_j(a_i)=\frac{max(f_j)-f_j(a_i)}{max\,(f_j)-min(f_j)} \quad (2)$$

โดยที่ $f'_j(a_i)$ คือ คะแนนมาตรฐานของทางเลือก a_i สำหรับปัจจัยในการตัดสินใจที่ j

$f_j(a_i)$ คือ ค่าคะแนนของทางเลือก a_i สำหรับปัจจัยในการตัดสินใจที่ j

$min(f_j)$ คือ ค่าคะแนนต่ำสุดในทางเลือกทั้งหมดสำหรับตัวแปรการตัดสินใจที่ j

$max(f_j)$ คือ ค่าคะแนนสูงสุดในทางเลือกทั้งหมดสำหรับตัวแปรการตัดสินใจที่ j [5]

2.5 การจัดลำดับชนิดเข้าหาศูนย์กลาง (Rank Order Centroid) [4]

วิธีการจัดลำดับชนิดเข้าหาศูนย์กลาง (Rank Order Centroid , ROC) เป็นวิธีการถ่วงน้ำหนักของตัวแปรการตัดสินใจ เป็นหนึ่งในขั้นตอนที่จำเป็นที่จะต้องสามารถตรวจสอบได้ เพื่อหลีกเลี่ยงความขัดแย้ง

ข้อดีของ ROC เป็นวิธีที่ให้ผลแม่นยำและเที่ยงตรง ทั้งยังมีความน่าเชื่อถือมากที่สุด วิธี ROC สามารถชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างเกณฑ์ที่มีความสำคัญมากที่สุดกับเกณฑ์ที่มีความสำคัญน้อยที่สุด และพบความคาดเคลื่อนจากการจัดลำดับน้อยที่สุด

ในการให้น้ำหนักตามวิธีการจัดลำดับชนิดเข้าหาศูนย์กลาง (Rank Order Centroid) ขั้นแรกผู้มีส่วนได้เสียแต่ละคนจะต้องจัดลำดับความสำคัญและจัดอันดับปัจจัยในการตัดสินใจที่อยู่ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจของตนเอง จากนั้นนำมาคำนวณค่าน้ำหนักการจัดลำดับชนิดเข้าหาศูนย์กลาง (ROC Factor Weight) [4]

โดยค่าน้ำหนักการจัดลำดับชนิดเข้าหาศูนย์กลาง (Rank Order Centroid) จะสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 3

$$w_{jk}=\frac{1}{J_k}\sum_{i=1}^{J_k}\frac{1}{i} \quad (3)$$

โดย w_{jk} คือ ค่าน้ำหนักของลำดับปัจจัยที่ j ของเกณฑ์การตัดสินใจ k

j_k คือ ลำดับปัจจัยที่ j ของเกณฑ์การตัดสินใจ k

J_k คือ จำนวนปัจจัยทั้งหมดซึ่งอยู่ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ k [5]

2.6 เกณฑ์ในการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ของระบบขนส่ง

ตัวแปรการตัดสินใจที่นำมาพิจารณาในเกณฑ์ด้านวิศวกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม ด้านบริการ ผู้วิจัยได้ทบทวนงานศึกษาต่างๆ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตัวแปรการตัดสินใจในแต่ละเกณฑ์

เกณฑ์	ตัวแปรที่นำมาพิจารณา	อ้างอิง
ด้านวิศวกรรม	ความยากในการก่อสร้าง	[14],[15]
	ความยากในการรื้อย้ายและการก่อสร้างใหม่	[12],[13]
	การเวนคืนที่ดิน	[12]
	ความยืดหยุ่นในการขยายโครงข่าย	[1],[13]
ด้านสิ่งแวดล้อม	ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	[1],[14]
	ผลกระทบด้านจราจรในระหว่างก่อสร้าง	[14]
	ผลกระทบการจราจรเมื่อเปิดใช้งานบนถนน	[12]
	ภาพลักษณ์ของเมือง	[1],[13]
ด้านบริการ (ผู้ให้บริหาร)	ต้นทุนโครงการ	[3],[6],[14]
	ค่าใช้จ่ายดำเนินการ	[1],[14]
	ปริมาณความจุในการขนส่งต่อทิศทาง	[12]
	ความสามารถในการเชื่อมต่อกับระบบขนส่งมวลชนอื่น ๆ	[1] [9],[16]
	ปริมาณผู้โดยสาร	[12],[16]
ด้านบริการ (ผู้ใช้บริการ)	การเข้าถึงระบบขนส่งมวลชน	[2],[8],[9]
	ความน่าเชื่อถือ/ตรงต่อเวลาของระบบ	[1],[2],[8]
	ความห่างระหว่างขบวนรถให้บริการ	[9],[13]
	ความเร็วในการเดินรถ	[2],[8]
	ความสะดวกสบายในนั่งและความปลอดภัย	[1],[6]

นอกจากนี้ จากเส้นทางการเดินรถที่มีลักษณะเฉพาะ ผลกระทบที่คาดว่าจะเกิดในอนาคต และจากรับฟังความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรในการตัดสินใจเพิ่มเติม ได้แก่ ความเหมาะสมด้านวิศวกรรมผลกระทบต่อระบบขนส่งมวลชนอื่นๆ ความคุ้มค่าในการลงทุน ผลตอบแทน/การคืนทุนรวดเร็ว และ ผลกระทบต่อวิถีชีวิตเดิม เพื่อเป็นตัวแปรในการคัดเลือกระบบขนส่งมวลชน ต่อไป

3. วิธีการวิจัย

ขั้นตอนในการศึกษาวิจัยนี้ สามารถแบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

3.1 การศึกษาประเด็นปัญหา รวบรวมข้อมูล กำหนดทางเลือก

ศึกษาสภาพเส้นทางการเดินรถและขนาดรถที่มีความเหมาะสม เพื่อนำไปพิจารณาความเหมาะสมในการคัดเลือกระบบขนส่งที่เหมาะสมต่อการเดินทาง ซึ่งผู้วิจัยได้คัดเลือกทางเลือกดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประเภทของระบบขนส่งมวลชนที่นำมาพิจารณา

ประเภทระบบขนส่งมวลชน	ชนิดระบบขนส่งมวลชน
ให้บริการเสมอผิวจราจร (At Grade)	รถประจำทางด่วนพิเศษ (Bus Rapid Transit, BRT)
	รถไฟฟ้าราง (Tram)
	รถบัสอัจฉริยะไร้คนขับ (Automated Rapid Transit , ART)
	รถโดยสารไฟฟ้า (EV Bus)

3.2 การกำหนดผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีผลต่อการคัดเลือกขนส่งมวลชนเกณฑ์การตัดสินใจ และตัวแปรการตัดสินใจ

จากการศึกษาทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในด้านระบบขนส่งมวลชนสาธารณะ นิยมใช้เกณฑ์ในการตัดสินใจ 3 เกณฑ์หลัก ได้แก่ ด้านวิศวกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านการบริการ ซึ่งในแต่ละเกณฑ์ได้กำหนดตัวแปรการตัดสินใจในแต่ละเกณฑ์โดยพิจารณาจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่ได้กำหนดไว้ ดังต่อไปนี้

3.2.1 ผู้ออกแบบและกำหนดโครงการ (Designers and Developers)

ผู้ออกแบบโครงการที่เกี่ยวข้องกับระบบขนส่ง บริษัทที่ปรึกษา หน่วยงานรัฐบาลที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น ได้กำหนดเกณฑ์ด้านวิศวกรรม (Engineering) และแบ่งตัวแปรการตัดสินใจออกเป็น 5 ตัวแปร ดังนี้

(1) ความยากในการก่อสร้าง (Difficulty in Construction) คือ ความยุ่งยากในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานที่จะนำมารองรับระบบขนส่งมวลชนในแต่ละทางเลือก

(2) ความยากในการรื้อย้ายและการก่อสร้างใหม่ (Difficulty in Regeneration Structure) คือ ความยากในการรื้อย้ายสิ่งปลูกสร้าง โครงสร้างพื้นฐานที่มีอยู่เดิม และก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานใหม่ เมื่อโครงสร้างพื้นฐานหมดอายุการใช้งาน และไม่คุ้มค่าต่อการซ่อมบำรุง หรือ ปรับปรุงใหม่ จึงต้องรื้อถอนและเปลี่ยนแปลงโครงสร้างใหม่ในบางส่วนของโครงการ เมื่อถึงกำหนดเวลา ตามระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในแต่ละทางเลือก

(3) การเวนคืนที่ดิน (Land Acquisition) คือ ระบบขนส่งมวลชน ในแต่ละทางเลือก มีความจำเป็นต้องเวนคืนที่ดินบางส่วน เพื่อใช้ในการทำเป็นโครงสร้างพื้นฐาน สถานีจ่ายไฟฟ้าของระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในแต่ละทางเลือก

(4) ความเหมาะสมด้านวิศวกรรม (Engineering Suitability) คือ ความเหมาะสมในด้านวิศวกรรม ระหว่างระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง กับเส้นทางการเดินรถ

(5) ความยืดหยุ่นในการขยายโครงข่าย (Flexibility in Network Expansion) คือ ความยากในการก่อสร้างส่วนต่อขยายในอนาคตของระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในแต่ละทางเลือก

3.2.2 ภาคสังคม (Communities)

หน่วยงานภาคสังคม เช่น องค์กรบริหารส่วนจังหวัด เทศบาลเมือง กรมการขนส่งจังหวัดภูเก็ต มหาวิทยาลัย และผู้มีความเกี่ยวข้องด้านสิ่งแวดล้อม ได้กำหนดเกณฑ์หลักเป็นเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อม (Environment) และแบ่งตัวแปรการตัดสินใจออกเป็น 5 ตัวแปร ดังนี้

(1) ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Impacts) เช่น มลภาวะด้านเสียง มลภาวะทางอากาศ การบดบังทัศนียภาพ การทรุดตัวของโครงสร้าง

(2) ผลกระทบด้านจราจรในระหว่างก่อสร้าง (Traffic Impacts under Construction Stage) เนื่องจากการก่อสร้างระบบขนส่งมวลชนเกิดขึ้นในพื้นที่ชุมชนเมือง

(3) ผลกระทบการจราจรเมื่อเปิดให้บริการ (Traffic Impacts under Operation Stage) คือ เมื่อมีระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในแต่ละตัวเลือกจะส่งผลกระทบต่อการจราจรเมื่อเปิดให้บริการ

(4) ผลกระทบต่อระบบขนส่งมวลชนอื่นๆ (Impacts on Other Transit Systems) คือ เมื่อมีระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในแต่ละตัวเลือกจะส่งผลกระทบต่อระบบขนส่งมวลชนอื่นๆ ทางด้านรายได้ ด้านการประกอบอาชีพ เช่น รถสองแถว แท็กซี่ รถโดยสารประจำทาง เป็นต้น

(5) ภาพลักษณ์ของเมือง (Urban Image) การมีระบบขนส่งที่สะดวกสบายสำหรับนักท่องเที่ยวและประชาชน การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยและประหยัดพลังงาน เดินทางได้ง่ายและรวดเร็ว ช่วยให้ภาพลักษณ์ของเมืองดีขึ้น

3.2.3 ผู้ให้บริการ (Operators)

ผู้ให้บริการในการเดินรถระบบขนส่งมวชน ซึ่งอาจเป็นภาครัฐหรือภาคเอกชนที่ได้รับสัมปทานหรือร่วมลงทุน เป็นต้น ได้กำหนดเกณฑ์หลักเป็นเกณฑ์ด้านการให้บริการ (Service) และแบ่งตัวแปรการตัดสินใจออกเป็น 4 ตัวแปร ดังนี้

(1) ต้นทุนโครงการ (Capital Cost) คือ ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐาน ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อพาหนะ และค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องตามระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง ในแต่ละทางเลือก มีหน่วย (ล้านบาท/กิโลเมตร)

(2) ค่าใช้จ่ายดำเนินการ (Operating Costs) คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินรถ ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง ค่าเดินระบบ และค่าอื่นๆที่เกี่ยวข้องตามระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง ในแต่ละทางเลือก มีหน่วย (บาท/กิโลเมตร)

(3) ปริมาณความจุในการขนส่งต่อทิศทาง (Effective Capacity) คือ ปริมาณความจุผู้โดยสารของขบวนรถ 1 ขบวน (Transit Unit) ที่สามารถขนส่งได้ใน 1 ชม. ต่อ 1 ทิศทาง ตามระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง ในแต่ละทางเลือก มีหน่วย (ผู้โดยสาร/ชม/ทิศทาง)

(4) ความสามารถในการเชื่อมต่อกับระบบขนส่งมวลชนอื่น ๆ (Connectivity) คือ ความสามารถของระบบขนส่งมวลชนที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบขนส่งอื่นๆ ได้อย่าสะดวกสบาย ตามระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในแต่ละทางเลือก

(5) ความคุ้มค่าในการลงทุน ผลตอบแทน/การคืนทุนรวดเร็ว (Cost effective investment) คือ ระบบขนส่งมวลชนขนาดรองแต่ละทางเลือก มีความคุ้มค่าในการลงทุน ระยะเวลาการคืนทุนรวดเร็ว

(6) ปริมาณผู้โดยสาร (Transportation Demand/Ridership) คือ ความต้องการในการใช้ระบบขนส่งมวลชน, ปริมาณผู้โดยสารที่มาใช้บริการ รวมถึงปริมาณจำนวนเที่ยวของผู้ให้บริการ ตามระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง ในแต่ละทางเลือก

3.2.4 ด้านผู้ใช้บริการ (User)

ผู้ที่เดินทางโดยใช้ระบบขนส่งสาธารณะ ซึ่งรวมถึงนักท่องเที่ยวต่างชาติ นักท่องเที่ยวชาวไทย ประชาชนในพื้นที่ ได้กำหนดเกณฑ์หลักเป็นเกณฑ์ด้านการบริการ (Service) และแบ่งตัวแปรการตัดสินใจออกเป็น 6 ตัวแปร ดังนี้

(1) การเข้าถึงระบบขนส่งมวลชน (Accessibility) คือ ระบบขนส่งมวลชนที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบขนส่งมวลชนอื่น ๆ ย่านที่อยู่อาศัย ศูนย์การค้า โรงเรียน แหล่งท่องเที่ยว ทำให้ผู้โดยสารสามารถเข้าถึงระบบขนส่งมวลชนได้ง่าย ตามระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง ในแต่ละทางเลือก

(2) ความน่าเชื่อถือ/ตรงต่อเวลาของระบบ (Service Reliability/Punctuality) คือ ระบบขนส่งมวลชนที่ไม่มีการจราจรอื่นมารบกวน ไม่ขัดข้อง และตรงต่อเวลาสูง ตามระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง ในแต่ละทางเลือก ซึ่งระบบที่มีการควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ จะมีความน่าเชื่อถือสูงกว่า

(3) ความห่างระหว่างขบวนรถให้บริการ (Service Headway) คือ ระยะเวลาที่ผู้โดยสารรอคอยขบวนรถโดยสาร เมื่อขบวนรถโดยสารคันแรกออกจากสถานีไปจนถึงขบวนรถขบวนต่อไปเข้าสู่สถานี ตามระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง ในแต่ละทางเลือก (มีหน่วยวัดผล นาทีต่อขบวน)

(4) ความเร็วในการเดินรถ (Speed) คือ ความเร็วเมื่อเดินทางด้วยระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง ในแต่ละทางเลือก (หน่วยวัดผล กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

(5) ความสะดวกสบายในการนั่งและความปลอดภัย (Riding Comfort and Safety) คือ ความรู้สึกของผู้โดยสารและผู้ขับขี่ ที่ได้รับความสะดวกสบายในการเดินรถ รวมถึงความปลอดภัยจากระบบที่มีเขตทางเฉพาะจะมีความปลอดภัยสูงกว่า เมื่อเดินทางด้วยระบบขนส่งมวลชนขนาดรอง ในแต่ละทางเลือก

(6) ผลกระทบต่อวิถีชีวิตเดิม (Impact on Original Way of Life) คือ เมื่อมีระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในแต่ละทางเลือก จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดิน และพื้นที่โดยรอบ วิธีการเดินทางที่เปลี่ยนไป ส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตเดิมของผู้ใช้บริการ

3.3 กำหนดการวัดผลของตัวแปรการตัดสินใจในแต่ละเกณฑ์

จากขั้นตอนที่ 1 และ 2 เมื่อกำหนดทางเลือก เป้าหมาย ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย เกณฑ์ที่นำมาใช้พิจารณา ตัวแปรการตัดสินใจ แล้วเสร็จ จะต้องกำหนดการวัดผลของตัวแปรการตัดสินใจในแต่ละเกณฑ์โดยหากตัวแปรการตัดสินใจตัวแปรใดที่ทราบค่าวัดผลได้เชิงปริมาณ ให้กำหนดการวัดผลเป็นเชิงปริมาณ และหากตัวแปรการตัดสินใจตัวแปรใด ที่ต้องวัดผลโดยเชิงคุณภาพ ให้กำหนดการวัดผลโดยการสอบถามความคิดเห็นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การกำหนดค่าวัดผลตัวแปรการตัดสินใจตัว ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ

เกณฑ์การตัดสินใจ	ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	ตัวแปรการตัดสินใจ	การวัดผลกระทบเชิงลบ หรือผลกระทบเชิงบวก	หน่วยวัดผล
ด้านวิศวกรรม	ผู้ออกแบบและกำหนดโครงการ	1.1 ความยากในการก่อสร้าง	เชิงคุณภาพ (-)	มาตรประมาณค่า
		1.2 ความยากในการรื้อย้ายและการก่อสร้างใหม่	เชิงคุณภาพ (-)	มาตรประมาณค่า
		1.3 การเวนคืนที่ดิน	เชิงคุณภาพ (-)	มาตรประมาณค่า
		1.4 ความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม	เชิงคุณภาพ (+)	มาตรประมาณค่า
		1.5ความยืดหยุ่นในการขยายโครงข่าย	เชิงคุณภาพ (+)	มาตรประมาณค่า

ตารางที่ 5 การกำหนดค่าวัดผลตัวแปรการตัดสินใจตัว ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ (ต่อ)

เกณฑ์การตัดสินใจ	ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	ตัวแปรการตัดสินใจ	การวัดผลกระทบเชิงลบ หรือผลกระทบเชิงบวก	หน่วยวัดผล
ด้านสิ่งแวดล้อม	ภาคสังคม	2.1 ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม	เชิงคุณภาพ (-)	มาตรประมาณค่า
		2.2 ผลกระทบด้านจราจรในระหว่างก่อสร้าง	เชิงคุณภาพ (-)	มาตรประมาณค่า
		2.3 ผลกระทบการจราจรเมื่อเปิดใช้งานบนถนน	เชิงคุณภาพ (-)	มาตรประมาณค่า
		2.4 ผลกระทบต่อระบบขนส่งมวลชนอื่นๆ	เชิงคุณภาพ (-)	มาตรประมาณค่า
		2.5 ภาพลักษณ์ของเมือง	เชิงคุณภาพ (+)	มาตรประมาณค่า
ด้านบริการ	ผู้ให้บริการ	3.1 ต้นทุนโครงการ	เชิงปริมาณ (-)	ล้านบาท/กม.
		3.2 ค่าใช้จ่ายเมื่อเปิดการปฏิบัติการ	เชิงปริมาณ (-)	บาท/ผู้โดยสาร-กม.
		3.3 ปริมาณความจุในการขนส่งต่อทิศทาง	เชิงคุณภาพ (+)	ผู้โดยสาร/ชม/ทิศทาง
		3.4 ความสามารถในการเชื่อมต่อกับระบบขนส่งมวลชนอื่น ๆ	เชิงคุณภาพ (+)	มาตรประมาณค่า
		3.5 ความคุ้มค่าในการลงทุน ผลตอบแทน/การคืนทุนรวดเร็ว	เชิงคุณภาพ (+)	มาตรประมาณค่า
		3.6 ปริมาณผู้โดยสาร	เชิงคุณภาพ (+)	มาตรประมาณค่า
ด้านบริการ	ผู้ใช้บริการ	4.1 การเข้าถึงระบบขนส่งมวลชน	เชิงคุณภาพ (+)	มาตรประมาณค่า
		4.2 ความน่าเชื่อถือ/ตรงต่อเวลาของระบบ	เชิงคุณภาพ (+)	มาตรประมาณค่า
		4.3 ความห่างระหว่างขบวนรถให้บริการ	เชิงปริมาณ (-)	ระยะเวลาคันถัดไป (นาที)
		4.4 ความเร็วในการเดินรถ	เชิงปริมาณ (+)	ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
		4.5 ความสะดวกสบายในนั่งและความปลอดภัย	เชิงคุณภาพ (+)	มาตรประมาณค่า
		4.6 ผลกระทบต่อวิถีชีวิตเดิม	เชิงคุณภาพ (-)	มาตรประมาณค่า

3.4 การให้คะแนนเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดคะแนนของทางเลือกที่มีในแต่ละตัวแปรการตัดสินใจ ในกรณีตัวแปรการตัดสินใจมีการวัดผลเป็นเชิงปริมาณ (Quantitative) จะใส่ผลคะแนนของทางเลือกที่ทราบค่าตามหน่วยวัดของแต่ละตัวแปรการตัดสินใจได้ทันที ส่วนในกรณีตัวแปรการตัดสินใจมีการวัดผลเชิงคุณภาพ (Qualitative) เช่น การสอบถามความคิดเห็น ความรู้สึกหรือทัศนคติ จะเป็นการทำแบบสอบถาม เพื่อให้ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นผู้ให้คะแนนทางเลือกต่างๆ ในแต่ละตัวแปรการตัดสินใจ โดยการให้คะแนนเป็นไปตามหลักทฤษฎีมาตราส่วนประมาณค่าของลิเคิร์ท (Likert rating scale) ซึ่งแบ่งมาตรประมาณค่าออกเป็น 5 ระดับ และความหมายในระดับผลกระทบเชิงบวก และเชิงลบ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 มาตรวัดของคุณภาพปัจจัยในการตัดสินใจ

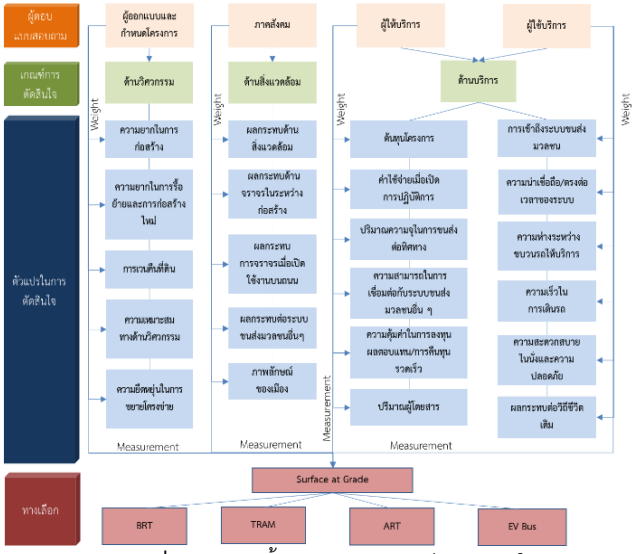
ระดับคะแนน	ระดับของผลกระทบต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	
	ผลกระทบเชิงบวก	ผลกระทบเชิงลบ
1	น้อยที่สุด	มากที่สุด
2	น้อย	มาก
3	ปานกลาง	ปานกลาง
4	มาก	น้อย
5	มากที่สุด	น้อยที่สุด

3 5 จัดลำดับความสำคัญตัวแปรการตัดสินใจ

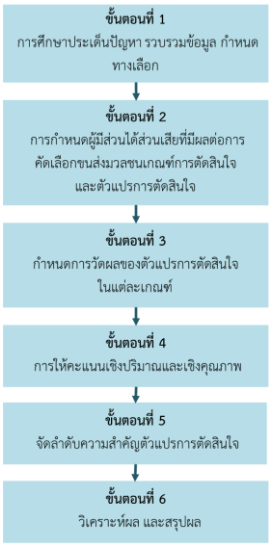
ขั้นตอนนี้จะให้ผู้เชี่ยวชาญ และผู้ตอบแบบสอบถามจัดลำดับความสำคัญ ของแต่ละตัวแปรการตัดสินใจภายใต้เกณฑ์ของผู้เชี่ยวชาญ และผู้ตอบแบบสอบถามนั้น

3.6 วิเคราะห์ผล และสรุปผล

ในขั้นตอนที่ 3.6 จะเป็นการนำผลที่ได้จากขั้นตอน 3.4 และ 3.5 มาวิเคราะห์ โดยการให้คะแนนในขั้นตอนที่ 3.4 แล้วเสร็จ จะต้องแปลงคะแนนต่างๆ ให้อยู่ในรูปของคะแนนมาตรฐาน (Normalized) โดยใช้หลักวิธีวิเคราะห์ทฤษฎีคุณลักษณะอรรถประโยชน์พหุลักษณ์ (Multi-Attribute Utility Theory, MAUT) ซึ่งจะแปลงคะแนนต่างๆ ให้อยู่ในรูป 0 ถึง 1 ในส่วนการจัดลำดับความสำคัญของแต่ละตัวแปรการตัดสินใจในขั้นตอนที่ 3.5 จะแปลงค่าการจัดลำดับให้ได้ค่าน้ำหนักการจัดลำดับ (ROC Factor Weight) ซึ่งอยู่ในรูปคะแนน 0 ถึง 1 ด้วยวิธีการจัดลำดับชนิดเข้าหาศูนย์กลาง (Rank Order Centroid) และนำค่าคะแนนมาตราฐานและค่าน้ำหนักการจัดลำดับ มาคำนวณหาค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก และจัดลำดับทางเลือกที่เหมาะสมในแต่ละผู้ตอบแบบสอบถาม เพื่อคัดเลือกทางเลือกระบบขนส่งมวลชนที่เหมาะสมในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต แต่เนื่องจากผู้ตอบแบบสอบถามไม่ได้ให้คะแนนในเกณฑ์ด้านอื่นๆ นอกจากเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง จึงกำหนดให้ผู้ตอบแบบสอบถามมีความสำคัญเท่ากัน และนำค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักมาการจัดลำดับความสำคัญและหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยในแต่ละทางเลือก สุดท้ายสรุปผลทางเลือกที่ได้จากการวิเคราะห์ ทั้งนี้สามารถสรุปขั้นตอนการวิเคราะห์การตัดสินใจ และขั้นตอนในการดำเนินการดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 3 แผนภูมิขั้นตอนการวิเคราะห์การตัดสินใจ



รูปที่ 4 ขั้นตอนในการดำเนินการ

4. ผลการวิเคราะห์และสรุปผล

ผู้วิจัยได้ออกแบบสอบถามเพื่อประกอบการคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต โดยได้แบ่งตามเกณฑ์ทั้งหมด 3 เกณฑ์ ได้แก่ ด้านวิศวกรรม ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านบริการ และกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามแบ่งออก จำนวน 4 กลุ่ม คือ 1.กลุ่มผู้ออกแบบและกำหนดโครงการ จำนวน 5 แบบสอบถาม 2.กลุ่มภาคสังคม 7 แบบสอบถาม 3.กลุ่มผู้ให้บริการ จำนวน 5 แบบสอบถาม และ 4.กลุ่มผู้ใช้บริการ จำนวน 200 แบบสอบถาม โดยจัดทำแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญในกลุ่มที่ 1-3 เป็นการตอบแบบสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญที่เกี่ยวข้องในแต่ละเกณฑ์ โดยได้พิจารณาคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์ในด้านนั้นๆ และอายุการทำงานมากกว่า 5 ปี ในส่วนของกลุ่มผู้ใช้บริการพิจารณาจากจำนวนผู้ใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะ ซึ่งมีผลการตอบแบบสอบถามแบ่งตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้

เมื่อผู้ตอบแบบสอบถามให้คะแนนทางเลือกต่าง ๆ ในแต่ละตัวแปรการตัดสินใจและจัดลำดับความสำคัญตัวแปรในส่วนที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจะนำค่าคะแนนไปปรับให้อยู่ในรูปคะแนนมาตรฐาน (Normalized) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ทฤษฎีคุณลักษณะอรรถประโยชน์พหุลักษณ์ (Multi – Attribute Utility Theory ,MAUT) โดยมีลักษณะคำนวณตามตัวอย่างนี้

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า คะแนนมาตรฐาน (Normalized) ของทางเลือก BRT โดยการให้คะแนนของผู้ออกแบบและกำหนดนโยบายจากเกณฑ์ด้านวิศวกรรม ในส่วนตัวแปรความยากในการก่อสร้าง ซึ่งเป็นผลกระทบเชิงลบ จะใช้สมการที่ 2 โดยมีระดับคะแนนเท่ากับ 5

$$f'_j(a_i) = \frac{max(f_j) - f_j(a_i)}{max(f_j) - min(f_j)} \quad (2)$$

$$f'_j(a_i) = \frac{5 - 5}{5 - 2} = 0$$

ดังนั้น ค่ามาตรฐาน (Normalized) ของกลุ่มผู้ออกแบบและกำหนดโครงการ ในเกณฑ์การตัดสินใจด้านวิศวกรรม จากตัวแปรการตัดสินใจความยากในการก่อสร้าง ทางเลือก BRT มีค่าเท่ากับ 0

ในส่วนของการจัดลำดับตัวแปรของผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้นำมาปรับให้อยู่ในรูปคะแนน ROC Factor Weight โดยวิธีการจัดลำดับเข้าหาศูนย์กลาง (Rank Order Centroid) โดยมีลักษณะคำนวณตามตัวอย่าง ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณหาค่า จัดลำดับเข้าหาศูนย์กลาง (Rank Order Centroid) ผู้ออกแบบและกำหนดนโยบายจากเกณฑ์ด้านวิศวกรรมได้จัดลำดับความสำคัญตัวแปรความยากในการก่อสร้าง เป็นอันดับที่ 5 จากตัวแปรทั้ง 5 ตัวแปร คำนวณโดยใช้สมการที่ 3

$$w_{jk} = \frac{1}{J_k} \sum_{i=1}^{j_k} \frac{1}{i} \quad (3)$$

$$w_{jk} = \frac{1}{5}\left(\frac{1}{5}\right) = 0.040$$

ดังนั้น ค่าน้ำหนัก ROC Factor ของตัวแปรความยากในการก่อสร้าง เท่ากับ 0.040

จากนั้นคำนวณหาค่าคะแนนถ่วงน้ำหนัก ซึ่งเป็นผลรวมระหว่างค่าน้ำหนัก ROC Factor และคะแนนมาตรฐาน (Normalized) แต่ละทางเลือกภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจดังสมการที่ 4

$$S_p(a_i) \sum_{j=1}^{J_k} W_{jkp} \times f_{jk}(a_i) \quad (4)$$

เมื่อ $S_p(a_i)$ คือ ค่าน้ำหนักสุดท้ายของทางเลือกที่ a_i สำหรับผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย p

$f'_{jk}(a_i)$ คือ ค่ามาตรฐาน (Normailized) ของทางเลือก a_i สำหรับตัวแปรการตัดสินใจ j ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ k

W_{jkp} คือ ค่าน้ำหนัก Rank Order Centroid (ROC) จากตัวแปรการตัดสินใจ j ภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ k โดยผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย p

J_k คือ จำนวนตัวแปรการตัดสินใจทั้งหมดภายใต้เกณฑ์การตัดสินใจ k [5]

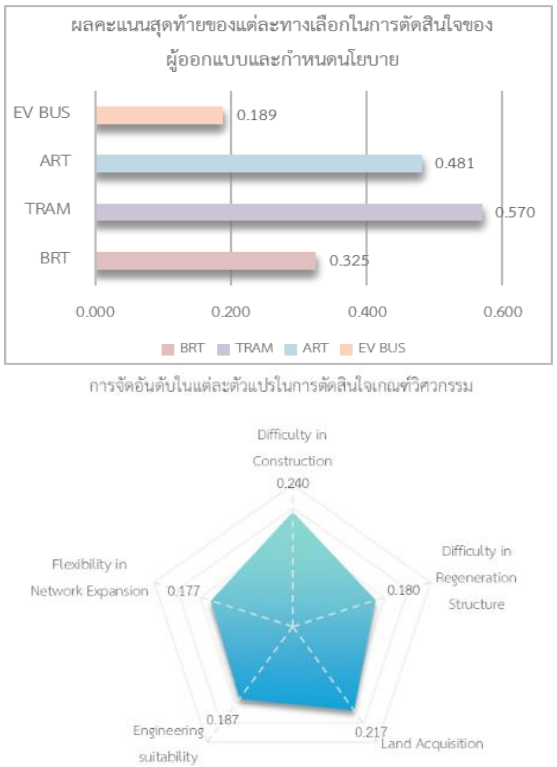
ตัวอย่างการคำนวณหาค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักของทางเลือก BRT สำหรับผู้ออกแบบและกำหนดนโยบาย ของเกณฑ์ด้านวิศวกรรม ในแต่ละตัวแปรการ

ตัดสินใจ ดังนี้ ความยากในการก่อสร้างความยากในการรื้อย้ายและการก่อสร้างใหม่ การเวนคืนที่ดิน ความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม ความยืดหยุ่นในการขยายโครงข่าย มีค่าเฉลี่ยของคะแนนมาตรฐาน เท่ากับ 0.056 , 0.267 , 0.600 , 0.433 , 0.300 ตามลำดับ และการจัดลำดับความสำคัญ ROC Factor weight เท่ากับ 0.240 , 0.180 , 0.217 , 0.187 , 0.177 ตามลำดับ จะได้ค่าน้ำหนักสุดท้ายออกมาเป็น

$$S_p(a_i) = (0.056x0.240)+(0.267x0.180)+(0.600x0.217) +(0.433x0.187)+(0.300x0.177) = 0.325$$

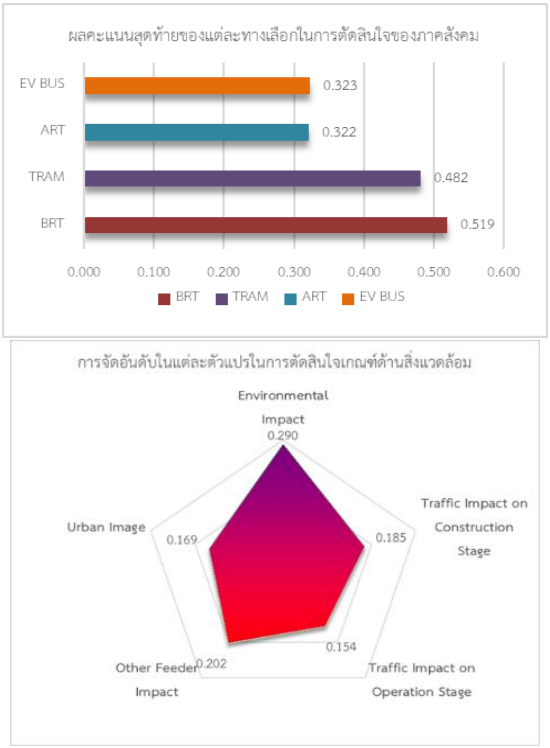
เมื่อได้ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักของแต่ละทางเลือก นำค่าน้ำหนักสุดท้ายของเกณฑ์การตัดสินใจมาเรียงลำดับความสำคัญจะได้ทางเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในแต่ละกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม ซึ่งสรุปได้ดังนี้

กลุ่มผู้ออกแบบและกำหนดนโยบาย จะสังเกตได้ว่ากลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมได้คัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา โดยมีลำดับทางเลือกดังนี้ อันดับที่ 1 คือ Tram อันดับที่ 2 คือ ART อันดับที่ 3 คือ BRT และอันดับที่ 4 คือ EV BUS และผู้เชี่ยวชาญได้จัดลำดับความสำคัญตัวแปรการตัดสินใจ ในเกณฑ์ด้านวิศวกรรม โดยนำไปคำนวณด้วยวิธี Rank Order Centroid และจัดลำดับความสำคัญตัวแปรการตัดสินใจ ดังนี้ อันดับที่ 1 คือ ความยากในการก่อสร้าง อันดับที่ 2 คือ การเวนคืนที่ดิน อันดับที่ 3 คือ ความเหมาะสมทางด้านวิศวกรรม อันดับที่ 4 คือ ความยากในการรื้อย้ายและก่อสร้างใหม่ และอันดับที่ 5 คือ ความยืดหยุ่นในการต่อขยายโครงข่าย ซึ่งมีสัดส่วนตามรูปที่ 5



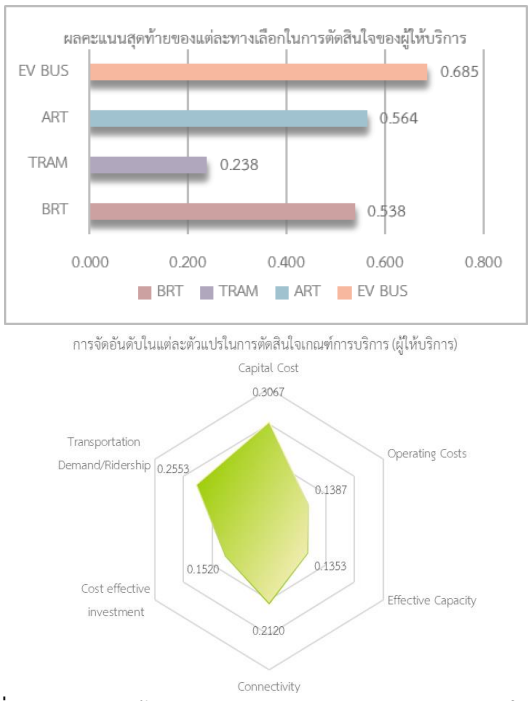
รูปที่ 5 ผลคะแนนสุดท้ายของทางเลือกและสัดส่วนการจัดอันดับตัวแปรในการตัดสินใจเกณฑ์ด้านวิศวกรรม

กลุ่มภาคสังคม ผู้เชี่ยวชาญได้คัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา ได้ลำดับทางเลือกดังนี้ อันดับที่ 1 คือ BRT อันดับที่ 2 คือ Tram อันดับที่ 3 คือ EV Bus และ อันดับที่ 4 คือ ART และได้จัดลำดับตัวแปรการตัดสินใจในเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อม โดยนำไปคำนวณด้วยวิธี Rank Order Centroid และจัดลำดับความสำคัญตัวแปรการตัดสินใจ ดังนี้ อันดับที่ 1 คือ ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม อันดับที่ 2 คือ ผลกระทบต่อระบบขนส่งมวลชนอื่นๆ อันดับที่ 3 คือ ผลกระทบด้านจราจรในระหว่างก่อสร้าง อันดับที่ 4 คือ ภาพลักษณ์ของเมือง และอันดับที่ 5 ผลกระทบการจราจรเมื่อเปิดใช้งานบนถนน ซึ่งมีสัดส่วนตามรูปที่ 6



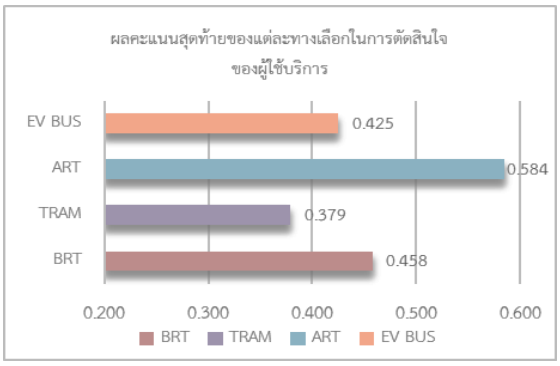
รูปที่ 6 ผลคะแนนสุดท้ายของทางเลือกและสัดส่วนการจัดอันดับตัวแปรในการตัดสินใจเกณฑ์ด้านสิ่งแวดล้อม

กลุ่มผู้ให้บริการ ผู้เชี่ยวชาญได้คัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา ได้ลำดับทางเลือกดังนี้ อันดับที่ 1 คือ EV BUS อันดับที่ 2 คือ ART อันดับที่ 3 คือ BRT และ อันดับที่ 4 คือ Tram และได้จัดลำดับตัวแปรการตัดสินใจในเกณฑ์ด้านบริการ (ผู้ให้บริการ) โดยนำไปคำนวณด้วยวิธี Rank Order Centroid และจัดลำดับความสำคัญตัวแปรการตัดสินใจ ดังนี้ อันดับที่ 1 คือ ต้นทุนโครงการ อันดับที่ 2 คือ ปริมาณผู้โดยสาร อันดับที่ 3 คือ ความสามารถในการเชื่อมต่อกับระบบขนส่งมวลชนอื่น ๆ อันดับที่ 4 คือ ความคุ้มค่าในการลงทุน ผลตอบแทน/การคืนทุนรวดเร็ว อันดับที่ 5 ค่าใช้จ่ายเมื่อเปิดการปฏิบัติการ และอันดับที่ 6 คือ ปริมาณความจุในการขนส่งต่อทิศทาง ซึ่งมีสัดส่วนตามรูปที่ 7



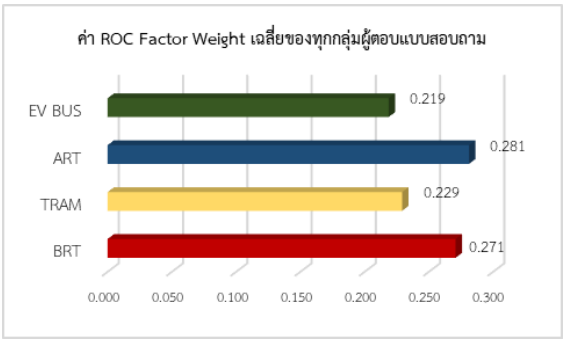
รูปที่ 7 ผลคะแนนสุดท้ายของทางเลือกและสัดส่วนการจัดอันดับตัวแปรในการตัดสินใจเกณฑ์ด้านบริการ (ผู้ให้บริการ)

กลุ่มผู้ใช้บริการ ประชาชนในพื้นที่และนักท่องเที่ยวได้คัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษา ได้ลำดับทางเลือกดังนี้ อันดับที่ 1 คือ ART อันดับที่ 2 คือ BRT อันดับที่ 3 คือ EV Bus และ อันดับที่ 4 คือ Tram และได้จัดลำดับตัวแปรการตัดสินใจในเกณฑ์ด้านบริการ (ผู้ให้บริการ) โดยนำไปคำนวณด้วยวิธี Rank Order Centroid และจัดลำดับความสำคัญตัวแปรการตัดสินใจ ดังนี้ อันดับที่ 1 คือ การเข้าถึงระบบขนส่งมวลชน อันดับที่ 2 คือ ความสะดวกสบายในการนั่งและความปลอดภัย อันดับที่ 3 คือ ความน่าเชื่อถือ/ตรงต่อเวลาของระบบ อันดับที่ 4 คือ ความเร็วในการเดินรถ อันดับที่ 5 ความห่างระหว่างขบวนรถให้บริการ และอันดับที่ 6 คือ ผลกระทบต่อวิถีชีวิตเดิม ซึ่งมีสัดส่วนตามรูปที่ 8



รูปที่ 8 ผลคะแนนสุดท้ายของทางเลือกและสัดส่วนการจัดอันดับตัวแปรในการตัดสินใจเกณฑ์ด้านบริการ (ผู้ใช้บริการ)

จากการวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยให้ผู้ตอบแบบสอบถามทุกกลุ่มมีความสำคัญเท่ากันพบว่า กลุ่มผู้ตอบแบบสอบถามทุกกลุ่มคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองที่เหมาะในพื้นที่จังหวัดภูเก็ต กรณีศึกษา เมืองภูเก็ต – หาดป่าตอง โดยให้อันดับดังนี้ อันดับที่ 1 คือ ART อันดับที่ 2 คือ BRT อันดับที่ 3 คือ Tram และอันดับที่ 4 คือ EV BUS ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ค่า ROC Factor Weight เฉลี่ยของทุกกลุ่ม

5. ข้อเสนอแนะ

ตัวแปรการตัดสินใจที่ผู้วิจัยได้คัดเลือกมา ในเรื่องของปัจจัยด้านราคาค่าโดยสารนั้น อาจมีการเปลี่ยนแปลง จึงไม่ได้นำปัจจัยดังกล่าวมาพิจารณาในส่วนตัวแปรการตัดสินใจของระยะห่างระหว่างขบวนรถให้บริการ ราคาต้นทุนการก่อสร้าง อาจมีการเปลี่ยนแปลงในอนาคต ผู้สนใจควรต้องนำตัวแปรดังกล่าวมาพิจารณาอีกครั้ง

งานวิจัยเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต ควรมีการศึกษาเส้นทางของรถสองแถวท้องถิ่น เพิ่มเติม และเพื่อให้งานวิจัยนี้มีความสมบูรณ์ อาจเพิ่มกลุ่มผู้มีส่วนได้เสียในหลายๆกลุ่ม อาทิ ผู้ให้บริการระบบขนส่งมวลชนในท้องถิ่นมาร่วมในการตัดสินใจด้วย

จากแบบสอบถามในงานวิจัยฉบับนี้ผู้เชี่ยวชาญและผู้ตอบแบบสอบถาม ได้ให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับระบบขนส่งประเภทอื่นๆ เพิ่มเติม อาทิ เช่น Monorail Cable car และระบบขนส่งมวลชนที่มีประเภทโครงสร้างยกระดับ เพื่อไม่กีดขวางการจราจรบนพื้นผิว เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการคัดเลือกเพิ่มเติม

ทั้งนี้ งานวิจัยดังกล่าวเป็นเพียงแนวทางในการศึกษาเพื่อคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองตามทางเลือกที่ผู้วิจัยได้เสนอแนะตามความเหมาะสม ผู้วิจัยคาดหวังว่าจะสามารถนำงานวิจัยนี้ไปประกอบการตัดสินใจเพื่อคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองจริงในพื้นที่ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ดีด้วยความช่วยเหลือและความกรุณาจากบุคคลผู้มีพระคุณหลายท่าน อาทิ นายกองค์การบริหารส่วนจังหวัดภูเก็ต รองนายกเทศมนตรีนครภูเก็ต การรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย การรถไฟไทย ขนส่งจังหวัดภูเก็ต อาจารย์คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม อาจารย์ด้านการผังเมืองและสถาปัตยกรรมผังเมือง ประชาชนในจังหวัดภูเก็ต นักท่องเที่ยวชาวไทยและต่างชาติ และองค์กรภาคเอกชนที่มีส่วนเกี่ยวข้องที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และคำแนะนำในการแก้ปัญหาตลอดการศึกษางานวิจัย ไว้ ณ ที่นี้ด้วย และขอขอบพระคุณท่านรองศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ศิริกิจพาณิชย์กูลและรองศาสตราจารย์ ดร.ชวเลข วณิชเวทิน อาจารย์ที่ปรึกษาค้นคว้าอิสระร่วมที่กรุณาสละเวลาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนการตรวจแก้ไขการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้ รวมทั้งผลักดันให้ผู้วิจัยสามารถทำการศึกษาค้นคว้าอิสระนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาส นี้

เอกสารอ้างอิง

[1] Deok-Joo L., (2018). A multi-criteria approach for prioritizing advanced public transport modes (APTM) considering urban types in Korea. *Transportation Research Part A*, 111, pp. 148-161.

[2] Eboli, L., and G. Mazzulla. (2012). *Performance indicators for an objective measure of public transport service quality*. The Measurement and Analysis of Housing Preference and Choice, 51, pp 1-21.

[3] Peter N., et al., (2018). The Trackless Tram: Is It the Transit and City Shaping Catalyst We Have Been Waiting for? *Journal of Transportation Technologies*, 306, pp. 1001–1026

[4] Roszkowska, E. (2013). *Rank Ordering Criteria Weight Methods – a Comparative Overview*. Optimum Studia Ekonomiczne. 5 (65): 14-33.

[5] Sirikijpanichkul, A., S. Winyoopadit, and A. Jenpanitsub. (2017). A multi – actor multi –criteria transit system selection model: A case study of Bangkok feeder system. *transportation Research Procedia*. Shanghai. 10-15 July 2016, pp 3736-3755.

[6] Suresh J, Preeti A, Prashant K, Shaleen S, and Prateek S (2014). Identifying public preferences using multi-criteria decision making for assessing the shift of urban commuters from private to public transport: A case study of delhi. Transportation ResearchPart F, 24(2014): 60-70

[7] Sylvia J.T. J., Henny C.C.H. C., Roland W. G. (2011). *The Multi-attribute Utility Method.* The Measurement and Analysis of Housing Preference and Choice, Springer Dordrecht. pp.101-110.

[8] Vucan R. Vuchic. 2007. Urban Public Transportation Systems and Technology. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. New Jersey.

[9] Yong-Hong K., Janny M. Y. L. ,Yimo Y. (2022). Public transport for smart cities: Recent innovations and future challenges. *European Journal of Operational Research, 306,* pp. 1001–1026.

[10] การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. (2561). รายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการทางพิเศษ สายกระทู้ - ป่าตอง จังหวัดภูเก็ต. บริษัท เอ็นริช คอนซัลแตนท์ จำกัด

[11] กลุ่มแผนงานยุทธศาสตร์และข้อมูลเพื่อการพัฒนาจังหวัด. (2562). *สภาพทั่วไปของจังหวัดภูเก็ต*.แผนพัฒนาจังหวัดภูเก็ต (พ.ศ 2561-2565) ฉบับทบทวนปีงบประมาณ พ.ศ.2564. ภูเก็ต. หน้าที่

[12] วิชาญยุทธ มีพยุง และ เอกชัย ศิริกิจพาณิชย์กูล (2564). การคัดเลือกระบบขนส่งมวลชนขนาดรองในพื้นที่กรุงเทพมหานครโดยวิธีการวิเคราะห์ทฤษฎีคุณลักษณะอรรถประโยชน์พหุลักษณ์และวิธีการจัดลาดับชนิดเข้าหาศูนย์กลาง กรณีศึกษาบริเวณสถานีประตูน้ำ (รถไฟฟ้าสายสีส้ม) ถึง แยกผาสุก (ถนนอ่อนนุช). *วิศวกรรมสาร มก.*, ปีที่ 34 , ฉบับที่ 111, หน้า 30-35.

[13] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2559). รายงานการศึกษาความเหมาะสมออกแบบ และวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม ระบบขนส่งมวลชน จังหวัดภูเก็ต ในเส้นทางท่าอากาศยานนานาชาติจังหวัดภูเก็ต – ห้าแยกฉลอง. กรุงเทพมหานคร

[14] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2562). โครงการศึกษาแผนแม่บทการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในเขตอุดรธานี. กรุงเทพฯ, หน้า 8-7.

[15] สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. 2563. โครงการศึกษาจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะกลุ่มจังหวัดฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยอง เพื่อรองรับการพัฒนาเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก. กรุงเทพมหานคร

[16] อนงค์นุช วงศ์ศิริ (2560).การประเมินประสิทธิภาพและความยืดหยุ่นของระบบขนส่งมวลชนจังหวัดภูเก็ตโดยการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (AHP). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, หน้า 33-43..