

การพัฒนาแบบจำลองแบบต่อเนื่องเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน โครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งในมหาวิทยาลัย

The Development of a Model for an Investment Feasibility Analysis of Transport Infrastructure in a University

เจษฎา โพธิ์จันทร์^{1*}, วชิระ วิจิตรพงษ์², จุมพฏ พงศ์ศักดิ์ศรี³ และเอกภูมิ บุญธรรม⁴

^{1*,2,3,4} คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม 156 หมู่ 5 ตำบลพลายชุมพล อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก
65000 โทรศัพท์ : 087-531-7788 E-mail : markpochan@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการพัฒนาแบบจำลองแบบต่อเนื่องในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งในมหาวิทยาลัย ตามหลักทางด้านวิศวกรรมจราจรและขนส่ง โดยวิธีดำเนินการแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านการขนส่ง 2) การศึกษามูลค่าการลงทุน 3) การศึกษาผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่จะได้รับ และ 4) การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่นำไปสู่ข้อมูลที่ใช้ประกอบการตัดสินใจในการลงทุน อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าว เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนระบบขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ตลอดระยะเวลาการวิเคราะห์ 10 ปี โดยผลการศึกษา พบว่า การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะมีความคุ้มค่าในการลงทุน (34,695,200 บาท/10 ปี) เนื่องจากมีอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) เท่ากับร้อยละ 32.95 ซึ่งผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับ (ร้อยละ 12.00) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (B/C) เท่ากับ 1.38 (มากกว่า 1.00) และ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 7,593,405 บาท (มีค่าเป็นบวก) โดยคาดการณ์ว่าจะมีผู้มาใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะ ประมาณ 2,041 เที่ยวคน/วัน

คำสำคัญ: แบบจำลองการตัดสินใจแบบต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน, ความคุ้มค่าการลงทุน, การวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์

Abstract

This research proposes an approach to develop a model for an investment feasibility analysis of transport infrastructure in a university according to the principles of traffic and transport engineering. The method is divided into four steps: 1) The development and application of the transportation model, 2) Studying the value of the transport investment 3) Studying the economic and educational benefits of the model and 4) Analysis of the investment feasibility. These processes contribute towards the decision making of the investment. However, this research has applied the model to analyse the feasibility of public transportation investment in Pibulsongkram Rajabhat University during an analysis period covering ten years. The results of the study show that development of public transportation is worthy of investment (34,695,200 Baht / 10

years) because the Economic Internal Rate of Return (EIRR) is 32.95%, which is above the acceptable rate of 12%. The benefit to cost ratio (B/C) is 1.38 (over 1.00) and the Net Present Value (NPV) is 7,593,405 Baht (positive value). The analysis shows that the public transportation system will be used by 2,041 people per day.

Keywords: 4-Step Sequential Model, Investment Worthiness, Economic Cost-Benefit Analysis

1. บทนำ

การพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งต่าง ๆ อาทิเช่น การก่อสร้างถนน การขยายถนน และการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะ ล้วนแล้วเป็นการพัฒนาที่ต้องใช้งบประมาณในการลงทุนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อให้มั่นใจว่าโครงสร้างพื้นฐานฯ ที่จะลงทุนมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ และมีผลประโยชน์ที่คุ้มค่าต่อการลงทุน จึงมีความจำเป็นต้องวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งเป็นกระบวนการที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในงานศึกษาความเหมาะสมของโครงการทางหลวงในประเทศไทย (Department of Highways, 2010; 2012) และในต่างประเทศ (Meyer, M.D. & Miller, E.J., 2001; Hatzopoulou, M. & Miller, J., 2009) โดยการนำหลักการของแบบจำลองการตัดสินใจแบบต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน (4-Steps Sequential Model) มาประยุกต์ใช้เพื่อคาดการณ์ปริมาณจราจรและผลกระทบด้านการจราจรและขนส่งที่จะเกิดขึ้นจากการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานฯ ซึ่งผลการศึกษาด้านการจราจรและขนส่งจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์และวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุนด้วยดัชนีตัวชี้วัด ทางเศรษฐศาสตร์ต่าง ๆ อาทิเช่น อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (B/C) และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เป็นต้น (Tangvitontham, N. & Chaiwat, P., 2012)

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยต่าง ๆ ในประเทศไทยมีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งอย่างต่อเนื่อง เพื่อแก้ไขปัญหาด้านการจราจร และเพื่ออำนวยความสะดวกแก่นักศึกษาและบุคลากรของตนเอง รวมถึงเพื่อรองรับการเจริญเติบโตของมหาวิทยาลัยในอนาคต ซึ่งการพัฒนานี้จะต้องใช้งบประมาณในการลงทุนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ ในการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งในมหาวิทยาลัยตามหลักทางด้านวิศวกรรมจราจรและขนส่ง โดยได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าว เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนระบบขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ซึ่งเป็นการพัฒนาที่ทางมหาวิทยาลัยจัดทำขึ้น เพื่อช่วยลดการใช้ยานพาหนะส่วนบุคคลในการเดินทาง โดยแบบจำลองนี้ จะสามารถช่วยให้ผู้บริหารมีข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการลงทุนและนำไปสู่การบริหารจัดการงบประมาณได้อย่างมีประสิทธิภาพ

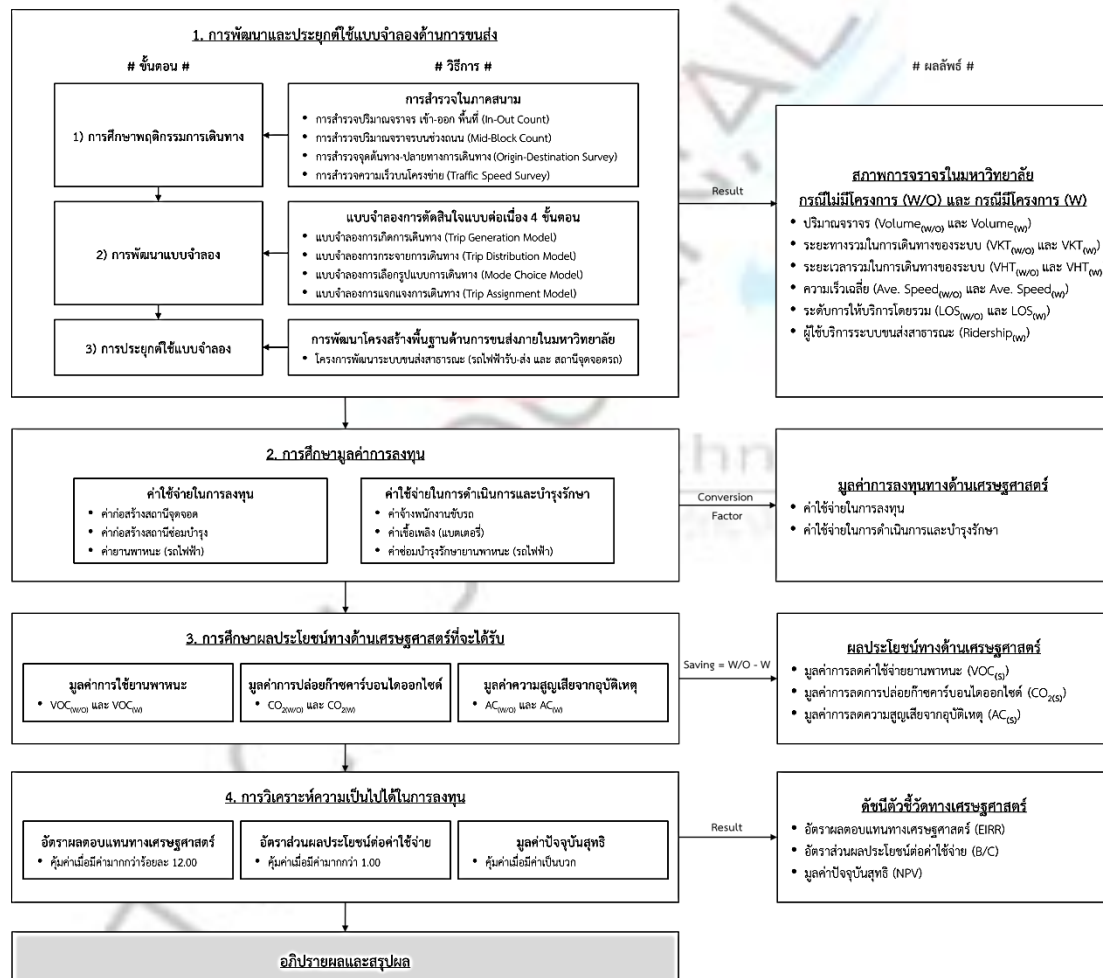
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อนำเสนอวิธีการพัฒนาแบบจำลองแบบต่อเนื่องในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งในมหาวิทยาลัย

2.2 เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนระบบขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งในมหาวิทยาลัย โดยมีกรณีศึกษาเป็นมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ซึ่งแบบจำลองที่จะพัฒนาเป็นการนำแบบจำลองการตัดสินใจแบบต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยมีวิธีดำเนินการ 4 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน

3.1 การพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านการขนส่ง

แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย โดยมีขอบเขตการศึกษาครอบคลุมพื้นที่ทั้งมหาวิทยาลัย ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การศึกษาพฤติกรรมการเดินทาง

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาพฤติกรรมการเดินทางของนักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย โดยการสำรวจในภาคสนาม 4 อย่าง ครอบคลุมพื้นที่ทั้งมหาวิทยาลัย (Craig, S., 2009) ได้แก่ 1) การสำรวจปริมาณจราจร เข้า-ออก พื้นที่ (In-Out Count) จำนวน 3 จุด และ 2) การสำรวจปริมาณจราจรบนช่วงถนน (Mid-Block Count) จำนวน 9 จุด โดยการนับปริมาณรถแบบแยกประเภท (7:00 น. – 19:00 น., 12 ชั่วโมง) ซึ่งครอบคลุมช่วงเวลาที่มีการเดินทางภายในมหาวิทยาลัย โดยแบ่งประเภทรถออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ รถจักรยาน 2 ล้อ/3 ล้อ รถจักรยานยนต์/สามล้อเครื่อง รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถตู้/รถไฟฟ้า และรถขนาด 3) การสำรวจจุดต้นทาง-ปลายทาง การเดินทาง (O-D Survey) ของนักศึกษาและบุคลากรภายในมหาวิทยาลัย จำนวน 2,000 ชุด หรือประมาณร้อยละ 12 ของประชากร (16,372 คน) ซึ่งมากกว่าการสุ่มตัวอย่างโดยใช้ความน่าจะเป็นแบบง่าย (Simple Random Sampling) ที่อ้างอิงตามคำแนะนำของ Taro Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 97 (1,041 ชุด หรือร้อยละ 6 ของประชากร) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ และ 4) การสำรวจความเร็วบนโครงข่าย (Traffic Speed Survey) จำนวน 9 จุด ซึ่งเป็นตำแหน่งเดียวกับการสำรวจปริมาณจราจรบนช่วงถนน โดยสำรวจจำนวน 100 ข้อมูล/จุด (จำนวนขั้นต่ำสำหรับหาความเร็วที่ 85 เปอร์เซ็นต์ไทล์) ด้วยปืนตรวจจับความเร็ว เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการปรับเทียบแบบจำลอง (Model Calibration) ให้มีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัย

2) การพัฒนาแบบจำลอง

ขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาพฤติกรรมการเดินทางมาพัฒนาเป็นแบบจำลองการตัดสินใจแบบต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับและนิยมใช้เพื่อการวางแผนด้านการจราจรทั้งในประเทศ (Department of Highways, 2010; 2012) และต่างประเทศ (Brustlin, V.H., 2007; Steinhoff, M. & Harpring, J., 2008) โดยทำการปรับเทียบแบบจำลองให้มีความสอดคล้องกับสภาพการจราจรในพื้นที่ตามเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของ Comsis Corporation (1983) เพื่อได้แบบจำลองที่ใช้ในการวิเคราะห์สภาพการจราจรในอนาคตของพื้นที่ศึกษา (Ortúzar, J.D. & Willumsen, L.G., 1990) ซึ่งในการพัฒนาแบบจำลองแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 23 พื้นที่ย่อย ครอบคลุมพื้นที่ทั้งมหาวิทยาลัย และประกอบด้วย 4 แบบ จำลองย่อยที่ต่อเนื่องกันมีรายละเอียดดังนี้

(1) แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Model) เป็นการวิเคราะห์ปริมาณการเดินทางออกและเข้าพื้นที่ย่อย (Trip Production and Trip Attraction) ที่สัมพันธ์กับข้อมูลพื้นฐานของแต่ละพื้นที่ย่อย ด้วยวิธีวิเคราะห์ความถดถอยแบบพหุคูณ (Multiple Linear Regression) ดังสมการที่ (1) เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวกในการปรับแก้ และสามารถตรวจสอบเปรียบเทียบอัตราการเดินทางที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยตัวแปรที่ใช้สร้างความสัมพันธ์ได้อย่างมีเหตุผล และน่าเชื่อถือ โดยระดับความสัมพันธ์ของตัวแปรในสมการแบบจำลองประเมินได้จากค่า Coefficient of Determination (R^2) และมีการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ไม่เท่ากับศูนย์ (T-Test) ที่ช่วงความเชื่อมั่น (Level of Confident) ที่ร้อยละ 95

$$Y = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_nX_n + C \quad (1)$$

โดยที่ Y = ตัวแปรตาม ในที่นี้คือ ปริมาณการเดินทางทั้งหมดของพื้นที่ย่อย (PCU/วัน)
 $X_1, \dots, X_n$ = ตัวแปรอิสระ ในที่นี้คือ ข้อมูลพื้นฐานของพื้นที่ เช่น จำนวนหลังคาเรือน ที่นั่งนักเรียน
 $a_1, \dots, a_n$ = สัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระ

(2) แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model) เป็นการวิเคราะห์ว่าปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นต้องการจะเดินทางไปไหนและเดินทางมาจากที่ใด ด้วยวิธีแบบจำลองความโน้มถ่วงแบบข้อจำกัด 2 ทาง (Doubly Constraint Gravity Model) ซึ่งเป็นเทคนิคการกระจายการเดินทางด้วยค่าความต้านทาน (Friction) ได้แก่ เวลา และระยะทาง ในการเดินทางของคู่พื้นที่ย่อยใด ๆ ดังสมการที่ (2) และ (3)

$$T_{ij} = \alpha_i \cdot \beta_j \cdot P_i \cdot A_j \cdot F(c_{ij}) \quad (2)$$

$$F(c_{ij}) = c_{ij}^{-a} \cdot \exp(b \cdot c_{ij}) \quad (3)$$

โดยที่ T_{ij} = ปริมาณการเดินทางจากพื้นที่ย่อย i ไปยังพื้นที่ย่อย j (PCU/วัน)
 P_i = ปริมาณการเกิดการเดินทางทั้งหมดของพื้นที่ย่อย i (PCU/วัน)
 A_j = ปริมาณการดึงดูดการเดินทางทั้งหมดของพื้นที่ย่อย j (PCU/วัน)
 $F(c_{ij})$ = ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย i และ พื้นที่ย่อย j (บาท)
 α_i, β_j = ค่าเฉพาะการปรับสมดุล (Balancing Factor) ของแถว i และ สดมภ์ j
 c_{ij} = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย i และ พื้นที่ย่อย j (บาท/นาท)
 a, b = ค่าปรับเทียบแบบจำลอง

(3) แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Mode Choice Model) เป็นการวิเคราะห์พฤติกรรมการตัดสินใจเลือกรูปแบบการเดินทาง ด้วยวิธีแบบจำลองโลจิต (Logit Model) ซึ่งเป็นการพิจารณาอรรถประโยชน์หรือความพึงพอใจ (Utility) ของผู้เดินทางที่ได้รับจากแต่ละทางเลือก (McFadden, D., 2001) โดยรูปแบบการเดินทางประกอบด้วย เดิน จักรยาน จักรยานยนต์ รถยนต์ และรถขนส่งสาธารณะ ดังสมการที่ (4) และ (5)

$$P_n(i) = \frac{e^{U_{in}}}{\sum_{j \in C_m} e^{U_{jn}}} \quad (4)$$

$$U = aT + bC + c \quad (5)$$

โดยที่ $P_n(i)$ = ความน่าจะเป็นของผู้ที่เลือกเดินทางลำดับที่ n เลือกยี่ห้อ i

U_n = อรรถประโยชน์ของทางเลือก i ของผู้เลือกคนที่ n

C_m = จำนวนของทางเลือกทั้งหมด

j = ทางเลือกที่ j (เช่น เดิน จักรยาน รถมอเตอร์ เป็นต้น)

T = ระยะเวลาในการเดินทางของทางเลือก (นาที)

C = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของทางเลือก (บาท)

a, b = ค่าสัมประสิทธิ์ (ค่าปรับเทียบแบบจำลอง)

c = ค่าคงที่

(4) แบบจำลองการแจกแจงการเดินทาง (Trip Assignment Model) เป็นการวิเคราะห์เพื่อจัดแบ่ง (Assignment) ปริมาณการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยใด ๆ ที่เกิดขึ้นลงในโครงข่ายถนนและระบบขนส่งที่มีอยู่ ด้วยวิธีสมดุลของผู้เดินทาง (User Equilibrium) ซึ่งเป็นเทคนิควิธีที่ทำให้เวลาการเดินทาง (หรือ ค่าใช้จ่าย) บนเส้นทางต่าง ๆ ระหว่างคู่โหนดเดียวกันให้อยู่ในสภาพสมดุล ดังสมการที่ (6)

$$\text{Min} \sum_{a \in A} \int_0^{V_a} C_a(\omega) d\omega \quad (6)$$

โดยที่ C_a = ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง บน Link a

3) การประยุกต์ใช้แบบจำลอง

ขั้นตอนนี้เป็น การนำแบบจำลองที่ผ่านการปรับเทียบและตรวจสอบความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยแล้วมาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์คาดการณ์สภาพการจราจร ได้แก่ ปริมาณจราจร (Volume) ระยะทางรวมในการเดินทางของระบบ (Vehicle-Kilometers of Travel: VKT) ระยะเวลาในการเดินทางของระบบ (Vehicle-Hours of Travel: VHT) และความเร็วเฉลี่ย (Average Speed) ทั้งในกรณีไม่มีโครงการ (Without Project: W/O) และกรณีมีโครงการ (With Project: W) ซึ่งสามารถนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบ เพื่อหาผลประโยชน์ทางเศรษฐศาสตร์ที่จะได้รับในขั้นตอนต่อไปได้ โดยในกรณีศึกษาที่ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองกับสถานการณ์ที่มีโครงการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัย ประกอบด้วย การจัดเส้นทางเดินรถไฟฟ้าที่ได้จากการประยุกต์ตัวแบบปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน หรือ Travel Salesman Problem (Winyangkul, S., et al., 2014) และกำหนดเส้นทางลงในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หรือ Geographic Information System (Sawai, P., 2016) จำนวน 2 เส้นทาง เพื่อให้บริการรับ-ส่งบุคลากรในมหาวิทยาลัยโดยเส้นทางวงรอบเล็ก (สายสีเหลือง) มีระยะทาง 2.3 กิโลเมตร ใช้รถไฟฟ้าจำนวน 2 คัน และเส้นทางวงรอบใหญ่ (สายสีเขียว) มีระยะทาง 6.0 กิโลเมตร ใช้รถไฟฟ้าจำนวน 5 คัน รวมถึงการก่อสร้างสถานีจุดจอดรถและสถานีซ่อมบำรุง จำนวน 14 จุด และ 1 จุด ตามลำดับ

3.2 การศึกษามูลค่าการลงทุน

ขั้นตอนนี้เป็น การประเมินมูลค่าการลงทุนและค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นทั้งหมด เนื่องจากการพัฒนาโครงการฯ ประกอบไปด้วยค่าใช้จ่ายหลัก 2 ส่วน คือ 1) ค่าใช้จ่ายในการลงทุน และ 2) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา ซึ่งค่าใช้จ่ายเหล่านี้เป็นมูลค่าทางการเงินแล้วทำการปรับให้เป็นมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Cost) ด้วยตัวคูณประกอบ (Conversion Factor) สำหรับประเทศไทย (Comsis Corporation, 1983) โดยในกรณีศึกษา ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ประกอบด้วย ค่าก่อสร้างสถานีจุดจอด ค่าก่อสร้างสถานีซ่อมบำรุง และ ค่ายานพาหนะ (รถไฟฟ้า) ส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการและบำรุงรักษา ประกอบด้วย ค่าจ้างพนักงานขับรถ ค่าเชื้อเพลิง (แบตเตอรี่) และค่าบำรุงรักษายานพาหนะ ซึ่งได้จากการสืบราคาตามหลักการของสำนักงานประมาณ

3.3 การศึกษาผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่จะได้รับ

ขั้นตอนนี้เป็น การประเมินผลประโยชน์ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในด้านต่าง ๆ ลดลง รวมถึงผลประโยชน์ที่เกี่ยวกับเศรษฐกิจของพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลดีขึ้นและคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น โดยเป็นผลประโยชน์ทางตรง (Direct Benefit) ที่สามารถคิดเป็นเงินตรา (Tangible Benefit) โดยหาได้จากมูลค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการคาดการณ์สภาพการจราจรกรณีไม่มีโครงการ (W/O) ลบด้วย กรณีมีโครงการ (W) ประกอบด้วย มูลค่าการลดค่าใช้จ่ายยานพาหนะ (Vehicle Operation Cost Saving: $VOC_{(S)}$) มูลค่าการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon Dioxide Emissions Saving: $CO_{2(S)}$) และมูลค่าการลดความสูญเสียจากอุบัติเหตุ (Accident Cost Saving: $AC_{(S)}$) ซึ่งมีรูปแบบดังสมการ (7) ถึง (9) ตามลำดับ

$$VOC_{(S)} = (VKT_{(W/O)} * VOC_{(W/O)}) - (VKT_{(W)} * VOC_{(W)}) \quad (7)$$

$$CO_{2(S)} = (VKT_{(W/O)} * CO_{2(W/O)}) - (VKT_{(W)} * CO_{2(W)}) \quad (8)$$

$$AC_{(S)} = (VKT_{(W/O)} * AC_{(W/O)}) - (VKT_{(W)} * AC_{(W)}) \quad (9)$$

เมื่อ $VOC_{(S)}$ = มูลค่าการลดค่าใช้จ่ายยานพาหนะ (บาท)

$VOC_{(W/O)}$ = มูลค่าการใช้จ่ายยานพาหนะกรณีไม่มีโครงการ (บาท/กม.)

$VOC_{(W)}$ = มูลค่าการใช้จ่ายยานพาหนะกรณีมีโครงการ (บาท/กม.)

$CO_{2(S)}$ = มูลค่าการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (บาท)

$CO_{2(W/O)}$ = มูลค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กรณีไม่มีโครงการ (บาท/กม.)

$CO_{2(W)}$ = มูลค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กรณีมีโครงการ (บาท/กม.)

$AC_{(S)}$ = มูลค่าการลดความสูญเสียจากอุบัติเหตุ (บาท)

$AC_{(W/O)}$ = มูลค่าความสูญเสียจากอุบัติเหตุกรณีไม่มีโครงการ (บาท/กม.)

$AC_{(W)}$ = มูลค่าความสูญเสียจากอุบัติเหตุกรณีมีโครงการ (บาท/กม.)

$VKT_{(W/O)}$ = ระยะทางรวมในการเดินทางของระบบกรณีไม่มีโครงการ (PCU-กม./ปี)

$VKT_{(W)}$ = ระยะทางรวมในการเดินทางของระบบกรณีมีโครงการ (PCU-กม./ปี)

3.4 การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน

ขั้นตอนนี้เป็น การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน โดยการพิจารณามูลค่าการลงทุนทางเศรษฐกิจของโครงการที่จะเกิดขึ้น เปรียบเทียบกับผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่จะได้รับจากการพัฒนาโครงการตลอดระยะเวลา 10 ปี ด้วยดัชนีตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Internal Rate of Return: EIRR) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (Benefit Cost Ratio: B/C) และ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ซึ่งมีรูปแบบดังสมการ (10) ถึง (12) ตามลำดับ (Tubpun, Y., 2008)

$$EIRR = i ; \left(NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0 \right) \quad (10)$$

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (11)$$

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (12)$$

เมื่อ EIRR = อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (%) หรืออัตราส่วนลดที่ทำให้ค่า NPV ของการลงทุนเป็น 0 บาท (คําค่าเมื่อมีค่ามากกว่าอัตราส่วนลดร้อยละ 12.00) อ้างอิงตามธนาคารโลกและสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (คสช.)

B/C = อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (คําค่าเมื่อมีค่ามากกว่า 1.00)

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (บาท) (คําค่าเมื่อมีค่าเป็นบวก)

B_t = ผลประโยชน์จากโครงการในปีที่ t (บาท/ปี)

C_t = ค่าใช้จ่ายของโครงการในปีที่ t (บาท/ปี)

i = อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราส่วนลด (12 %/ปี)

n = อายุของโครงการ (10 ปี)

4. ผลการวิจัย

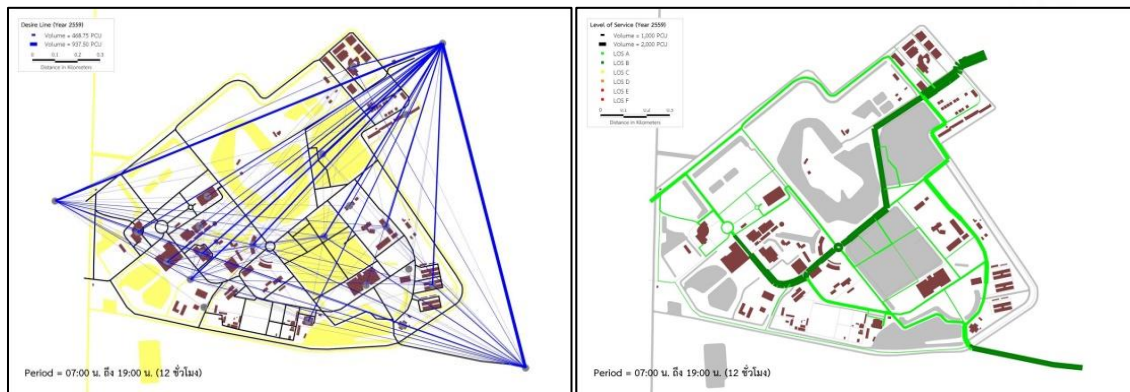
4.1 ผลการพัฒนาและประยุกต์ใช้แบบจำลองด้านการขนส่ง

ผลการศึกษาในกรณีศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามมีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการศึกษาพฤติกรรมการเดินทาง

ปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามมีปริมาณการเดินทางประมาณ 21,901 เที่ยวคน/วัน หรือ 13,774 PCU/วัน ระยะทางรวมในการเดินทางของระบบ (VKT) เท่ากับ 16,762 PCU-กิโลเมตร/วัน ระยะเวลารวมในการเดินทางของระบบ (VHT) เท่ากับ 335 PCU-ชั่วโมง/วัน ความเร็วเฉลี่ยเท่ากับ 50.00 กิโลเมตร/ชั่วโมง และมีสภาพการจราจรหรือระดับการให้บริการโดยรวมอยู่ในระดับ

LOS B ซึ่งเป็นระดับที่กระแสดำเนินการมีสภาพอยู่ตัว ผู้ขับที่สามารถเลือกใช้ความเร็ว ได้ตามสมควร โดยมีพฤติกรรมเดินทางดังแสดงในภาพที่ 3



(ก) ทิศทางการเดินทาง

(ข) สภาพการจราจร

ภาพที่ 3 ผลการศึกษาพฤติกรรมเดินทางภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

2) ผลการพัฒนาแบบจำลอง

เมื่อนำผลสำรวจในภาคสนามมาพัฒนาและเปรียบเทียบแบบจำลอง ได้แบบจำลองดังนี้

(1) แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Model) พบว่า ปริมาณการเกิดการเดินทางจะขึ้นอยู่กับปริมาณการรองรับผู้ใช้งาน (ที่นั่งเรียน) ซึ่งมีความสัมพันธ์ของตัวแปร (R^2) อยู่ในเกณฑ์ดี ส่วนผลการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์ไม่เท่ากับศูนย์ (T-Test) พบว่า ผ่านเกณฑ์ที่ช่วงความเชื่อมั่น (Level of Confident) ที่ร้อยละ 95 (มีค่าเกิน 1.96) โดยแบบจำลองแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการพัฒนาแบบจำลองการเกิดการเดินทาง

แบบจำลอง	สมการ	R^2	T-Statistic
1) การเกิดการเดินทาง	$P_i = 0.1908 X + 257.9914$	0.8883	10.6104
2) การดึงดูดการเดินทาง	$A_j = 0.3367 X + 221.8204$	0.7909	8.5645

โดยที่ P_i = ปริมาณการเกิดการเดินทางทั้งหมดของพื้นที่ย่อย i (Trip Production), PCU/วัน

A_j = ปริมาณการดึงดูดการเดินทางทั้งหมดของพื้นที่ย่อย j (Trip Attraction), PCU/วัน

X = ปริมาณการรองรับผู้ใช้งาน (ที่นั่งเรียน), ที่นั่ง

T-Statistic = ค่าสัมประสิทธิ์ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 2-tails > $|t_{0.025}|$ (1.96)

หมายเหตุ: PCU (Passenger Car Unit) คือ เทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล

(2) แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model) พบว่า แบบจำลองแบบ Doubly Constraint Gravity Model ที่ใช้เคราะห์หาปริมาณการเดินทางระหว่างคู่โซน และ ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย (Exploit Form of Impedance Function) ที่ได้จากการปรับเทียบ (Calibrate) กับพฤติกรรมเดินทางในปัจจุบัน มีรูปแบบสมการดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการพัฒนาแบบจำลองการกระจายการเดินทาง

แบบจำลอง	สมการ
ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย	$F(c_{ij}) = c_{ij}^{0.0001} \cdot \exp(-0.1489 \cdot c_{ij})$
โดยที่ $F(c_{ij})$ = ฟังก์ชันค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย i และ พื้นที่ย่อย j (บาท)	
c_{ij} = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย i และ พื้นที่ย่อย j (บาท/นาท)	

(3) แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Mode Choice Model) พบว่าแบบจำลอง ให้ค่า Likelihood Ratio Index (ρ^2) ดีที่สุด ที่ระดับ 0.302 และสามารถอธิบายพฤติกรรมการเดินทางได้เป็นอย่างดี ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการพัฒนาแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

แบบจำลอง	สมการ
1) อรรถประโยชน์ (เดิน: W)	$U_W = -0.0007 T_W$
2) อรรถประโยชน์ (จักรยาน: B)	$U_B = -0.0096 T_B + 0.8780$
3) อรรถประโยชน์ (รถจักรยานยนต์: M)	$U_M = -0.0642 T_M - 0.0338 C_M + 3.9706$
4) อรรถประโยชน์ (รถยนต์: C)	$U_C = -0.1131 T_C - 0.0408 C_C + 2.2498$
5) อรรถประโยชน์ (รถขนส่งสาธารณะ: P)	$U_P = -0.0222 T_P - 1.5598 C_P + 1.5598$

โดยที่ U = อรรถประโยชน์ของทางเลือก

T = ระยะเวลาในการเดินทางของทางเลือก (นาท)

C = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของทางเลือก (บาท)

(4) แบบจำลองการแจกแจงการเดินทาง (Trip Assignment Model) จะแจกแจงปริมาณจราจรบนโครงข่ายระบบคมนาคม ด้วยวิธีการแจกแจงแบบสมดุลของผู้เดินทาง (User Equilibrium) โดยมีรูปแบบสมการดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการพัฒนาแบบจำลองการแจกแจงการเดินทาง

แบบจำลอง	สมการ
การแจกแจงการเดินทาง	$\text{Min} \sum_{a \in A} \int_0^{V_a} C_a(\omega) d\omega$ $\sum_{r \in R_{ij}} f_r^{ij} = q_{ij}, \forall ij \in I, J$ $f_r^{ij} \geq 0, \forall ij \in R_{ij}, ij \in I, J$

โดยที่ C_a = ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง บน Link a (บาท)

A = เซ็ตของ a ทั้งหมด

f_r^{ij} = ปริมาณระหว่างคูโชน i และ j บนเส้นทาง r (PCU/วัน)

q_{ij} = ปริมาณการเดินทางระหว่างคูโชน i และ j (PCU/วัน)

3) ผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง

เมื่อนำแบบจำลองที่ได้มาประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ที่มีโครงการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม พบว่า สภาพการจราจรภายในมหาวิทยาลัยมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยผลการวิเคราะห์สภาพการจราจรในกรณีไม่มีโครงการ และมีโครงการแสดงในตารางที่ 5 และภาพที่ 6

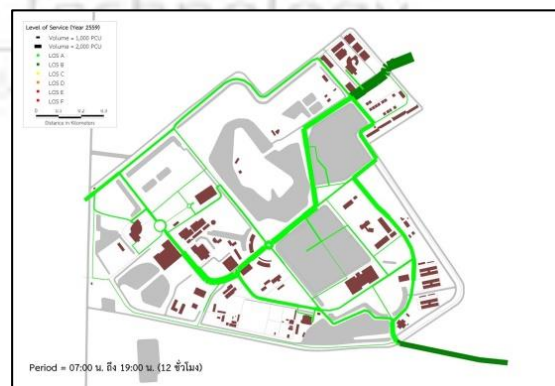
ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์สภาพการจราจรในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

สภาพการจราจร	หน่วย	กรณี	
		ไม่มีโครงการ (W/O)	มีโครงการ (W)
1) ปริมาณจราจร (Volume)	PCU/วัน	13,774	12,714
2) ระยะทางรวมในการเดินทางของระบบ (VKT)	PCU-กม./วัน	16,762	15,093
3) ระยะเวลารวมในการเดินทางของระบบ (VHT)	PCU-ชม./วัน	335	301
4) ความเร็วเฉลี่ย (Ave. Speed)	กม./ชม.	50.00	50.14
5) ระดับการให้บริการโดยรวม (LOS)	-	LOS B	LOS A
6) ผู้ใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะ (Ridership)	เที่ยวคน/วัน	-	2,041

หมายเหตุ: PCU (Passenger Car Unit) คือ เทียบเท่ารถยนต์ส่วนบุคคล



(ก) กรณีไม่มีโครงการ (W/O)



(ข) กรณีมีโครงการ (W)

ภาพที่ 6 ผลการวิเคราะห์สภาพการจราจรในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

4.2 ผลการศึกษามูลค่าการลงทุน

มูลค่าการลงทุนโครงการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามตลอดระยะเวลาการวิเคราะห์ 10 ปี ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 มูลค่าการลงทุนโครงการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม

รายการ		จำนวน	หน่วย	มูลค่า ทางการเงิน (บาท)	ตัวคูณ ประกอบ	มูลค่า ทาง เศรษฐศาสตร์ (บาท)
1) ค่าใช้จ่าย ในการลงทุน	- ค่าสถานีจุดจอดรถ	14	จุด	1,540,000	0.88	1,355,200
	- ค่าสถานีซ่อมบำรุง	1	สถานี	1,000,000	0.88	880,000
	- ค่ายานพาหนะ	7	คัน	13,300,000	0.95	12,635,000
	- ค่าจ้างพนักงานขับ รถ	7	คน	12,600,000	1.00	12,600,000
2) ค่าใช้จ่าย ในการ ดำเนินการ และ บำรุงรักษา	- ค่าเชื้อเพลิง	7	คัน	2,128,000	1.00	2,128,000
	- ค่าบำรุงยานพาหนะ ทุก 1 ปี	7	คัน	1,293,600	1.00	1,293,600
	- ค่าบำรุงยานพาหนะ ทุก 2 ปี	7	คัน	2,833,600	1.00	2,833,600
มูลค่ารวม				34,695,200		33,725,400

4.3 ผลการศึกษาผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่จะได้รับ

ผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่จะได้รับจากโครงการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามตลอดระยะเวลาการวิเคราะห์ 10 ปี ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่จะได้รับจากโครงการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะ

ระยะเวลา (ปี)	มูลค่าความประหยัด/ผลประโยชน์ทางหลวง (บาท/ปี)			
	VOC _(S)	CO _{2(S)}	AC _(S)	รวม
1	4,964,531	402,036	82,147	5,366,567
10	49,645,310	4,020,360	821,470	53,665,670

4.4 ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุน

ผลการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนโครงการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงครามตลอดระยะเวลาการวิเคราะห์ 10 ปี ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ผลประโยชน์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่จะได้รับจากโครงการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะ

ดัชนีชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
1) อัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR)	%	32.95
2) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (B/C)	-	1.38
3) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	บาท	7,593,405

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

การพัฒนาแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งในมหาวิทยาลัย ที่นำแบบจำลองการตัดสินใจแบบต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน มาประยุกต์ใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สามารถวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการลงทุนและนำไปสู่ข้อมูลที่ใช้ประกอบการตัดสินใจในการลงทุนได้ ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพัฒนาแบบจำลองการตัดสินใจแบบต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน พบว่าแบบจำลองสามารถจำลองพฤติกรรมการเดินทางได้สอดคล้องกับพฤติกรรมการเดินทางในปัจจุบันที่จากการสำรวจในภาคสนาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่ได้มีความเหมาะสม ที่จะนำมาใช้ในการคาดการณ์พฤติกรรมการเดินทาง ในกรณีที่มีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานด้านการขนส่งในอนาคตของมหาวิทยาลัย และเมื่อประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าวกับสถานการณ์ที่มีการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะ ในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ตลอดระยะเวลาการวิเคราะห์ 10 ปี พบว่า การพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะ มีความคุ้มค่าในการลงทุน (34,695,200 บาท/10 ปี) เนื่องจากมีอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (EIRR) เท่ากับร้อยละ 32.95 ซึ่งมีความสูงกว่าอัตราส่วนลดร้อยละ 12.00 ที่อ้างอิงตามธนาคารโลกและสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (คสช.) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่าย (B/C) เท่ากับ 1.38 (มากกว่า 1.00) แสดงให้เห็นว่าโครงการพัฒนาฯ มีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์มากกว่ามูลค่าการลงทุน และมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 7,593,405 บาท (มีค่าเป็นบวก) แสดงให้เห็นว่าโครงการพัฒนาฯ ทำให้เกิดกำไรทางเศรษฐศาสตร์ขึ้น เนื่องจาก NPV มีค่าเท่ากับผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์หักมูลค่าการลงทุน นอกจากนี้แบบจำลองด้านการจราจรยังคาดการณ์ว่าจะมีผู้มาใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะฯ ประมาณ 2,041 เที่ยวคน/วัน ซึ่งเป็นการพัฒนาที่ช่วยให้สภาพการจราจรภายในมหาวิทยาลัยดีขึ้น เนื่องจากระดับการให้บริการโดยรวมเปลี่ยนจากระดับ LOS B (ก่อน) เป็นระดับ LOS A (หลัง) ซึ่งเป็นระดับการให้บริการที่กระแสรถจราจรมีสภาพอิสระ มีความเร็วสูง ปริมาณการจราจรน้อย ผู้ขับขี่สามารถเลือกใช้ความเร็วได้อย่างอิสระ และไม่มีการจราจรติดขัด

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และกองนโยบายและแผน สำนักงานอธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านข้อมูลและองค์ความรู้ต่าง ๆ ตลอดจนข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Brustlin, V.H. (2007). *Transportation Demand Management Plan*. Virginia: University of Virginia.
- Craig, S. (2009). *A Survey of Transportation Demand Management at Colleges and Universities in British Columbia*. Camosun.
- Comsis Corporation. (1983). *UTPS Highway Network Development Guide*. Federal Highway Administration, US Department of Transportation.

- Department of Highways. (2010). **Final Report: Inter-City Motorway Pattaya-Map Ta Phut Project**. Ministry of Transport. (in Thai)
- _____. (2012). **Final Report: Highway linking Lampang - Dichai, Phrae Project**. Ministry of Transport. (in Thai)
- Hatzopoulou, M. & Miller, J. (2009). **Transport policy evaluation in metropolitan areas: the role of modelling in decision-making**. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 43, 323–338.
- McFadden, D. (2001). Economic Choices, **American Economic Review**, 91, 351-378.
- Meyer, M.D. & Miller, E.J. (2001). **Urban Transportation Planning: A Decision-Oriented Approach**. New York: McGraw-Hill.
- Ortúzar, J.D. & Willumsen, L.G. (1990). **Modeling Transport**. New York: John Wiley & Sons.
- Sawai, P. (2016). Geographic Information System for Public Transportation Service in Nakhon Sawan Municipality, Thailand. **Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal**, 9(1), 49-60. (in Thai)
- Steinhoff, M. & Harpring, J. (2008). **Transportation and Sustainability on the Indiana University**. Bloomington: Bloomington Campus, Indiana University.
- Tangvitoontham, N. & Chaiwat, P. (2012). Economic Feasibility Evaluation of Government Investment Project by Using Cost Benefit Analysis: A Case Study of Domestic Port (Port A), Laem-Chabang Port, Chonburi Province. **Procedia Economics and Finance**, 2, 307-314.
- Tubpun, Y. (2008). **Project Evaluation Based on Economics**. Pathumthani: Thammasat University. 180. (in Thai)
- Winyangkul, S., et al. (2014). An Application of the Travelling Salesman Problem Case Study: Routing for Streetcar Tour of the Chiang Rai. **Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal**, 7(2), 85-97. (in Thai)