การสำรวจจุดเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะ ตามหลักการพัฒนาพื้นที่โดยรอบเพื่อส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งมวลชน—ส่วนที่ 1

Surveying the Public Transit Intermodal Interchange Points Based on the Concept of Transit-Oriented Development—Part 1

คีรี พฤทธิสาริกร[1], คมพจน์ สุทธาสา[2], จิตติชัย รุจนกนกนาฏ[3] และ พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย[4]

[1,2] นิสิตปริญญาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
[3,4] อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาลักษณะการใช้ที่ดินรอบจุดเชื่อมต่อการขนส่งสาธารณะ ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล และศึกษาความสัมพันธ์ของคะแนนเฉลี่ยของคุณภาพทางเท้าในแต่ละจุดเชื่อมต่อที่ได้จากการลงเดินสำรวจ กับ คะแนนประเมินด้านการสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อผู้เดินเท้าและผู้ใช้จักรยานในการสัญจร จากแบบฟอร์มประเมินการสำรวจพื้นที่และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้โครงการศึกษาการพัฒนานวัตกรรมระบบวิเคราะห์ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร พร้อมทั้งนำข้อมูลการสำรวจและประเมินคุณภาพทางเท้ามาแสดงบนแผนที่ โดยผลการศึกษาของงานวิจัยนี้จะช่วยสนับสนุนทางด้านข้อมูลในการตัดสินใจให้แก่นักพัฒนาผังเมือง เพื่อที่จะสามารถเดินหน้าและวางแผนการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะไปในทิศทางที่มีประสิทธิภาพและยั่งยืน ผู้วิจัยกำหนดขอบเขตของการศึกษา ประกอบไปด้วยสถานีรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล (สายสีน้ำเงิน) 7 สถานี สถานีรถไฟฟ้าชานเมือง สายสีแดง 2 สถานี และ ป้ายรถโดยสารประจำทาง 7 สถานี รวมทั้งสิ้น 16 จุดสำรวจ จากนั้นจึงดำเนินการเก็บข้อมูลสภาพทางเท้า ในระยะ 500 เมตรรอบบริเวณจุดสำรวจ ร่วมกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในกรุงเทพมหานครจากสำนักการวางผังและพัฒนาเมือง กรุงเทพมหานคร เพื่อประเมินคุณภาพของจุดเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะเหล่านี้ตามหลักการพัฒนาพื้นที่โดยรอบเพื่อส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งมวลชน

คำสำคัญ: การพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่ง, การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน, ระบบขนส่งมวลชน, การวิเคราะห์สหสัมพันธ์

Abstract

The objective of this study is to examine the characteristics of land use around the public transit intermodal interchange points within the Bangkok Metropolitan Region and to apply the correlation analysis to determine the relationship between the quality index of footpath and the average score of the build-environment to facilitate the pedestrians and bicycle riders toward transit-oriented development based on the survey form of the Office of Transport and Traffic Policy and Planning (OTP) under the Big Data Analytics project. Moreover, we also develop the platform that can be used to evaluate the quality of footpath and to make some specific comments or concerned points directly to the map. The results of this study can be applied to support the evidences for the policy makers to driven the development plan of public transport toward the efficient and sustainable direction. The scope of study is limited to the total of 16 survey points including 7 stations of MART blue line, 2 stations of SRT red line and 7 major bus stops. The surveyed target areas are the 500-meter perimeter around the center of public transit intermodal interchange points. We also applied the secondary data of land use characteristics attained from the Department of City Planning and Urban Development of Bangkok to calculate several indexes for evaluating the quality of public transit intermodal interchange points based on the concept of transit-oriented development

Keywords: Transit-Oriented Development, Mixed Land Use, Public Transport, Correlation Analysis

1. บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ขณะนี้ประเทศไทยได้กำหนดแผนยุทธศาสตร์การคมนาคมขนส่ง โดยเปลี่ยนแผนจากการขยายเมืองแบบไร้รูปแบบ (Urban Sprawl) ให้เป็นการควบคุมการกระจัดกระจายของเมืองหรือการสร้างเมืองให้เติบโตอย่างเป็นระบบโดยให้ระบบขนส่งมวลชนภายในเขตเมืองเป็นศูนย์กลางทางเศรษฐกิจ ซึ่งจะทำให้การพัฒนารูปทรงของเมืองเกิดความกระชับ (Compact City) และเกิดกิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างหนาแน่น ส่งผลให้เมืองพัฒนาไปตามแนวระบบขนส่งมวลชนโดยใช้แนวคิดการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชน (Transit-Oriented Development, TOD) โดยปัจจัยหนึ่งที่แสดงถึงการพัฒนาพื้นที่นั้น ๆ คือ คุณภาพทางเท้าโดยเฉพาะในจุดที่เชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะหลายแบบ ซึ่งผู้เดินทางต้องใช้การเดินเท้าเพื่อไปจากระบบขนส่งแบบหนึ่งไปยังระบบขนส่งอีกแบบหนึ่ง ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาคุณภาพทางเท้าของจุดเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะว่ามีความสัมพันธ์กับรูปแบบการใช้ที่ดินอย่างไร และทำการแสดงผลคุณภาพของทางเท้าพร้อมข้อเสนอแนะลงบนแผนที่ เพื่อให้สามารถนำข้อมูลไปปรับปรุงและพัฒนาการใช้ที่ดินรอบสถานีขนส่งมวลชนให้ผู้คนหันมาใช้ระบบขนส่งมวลชนมากขึ้นในภายภาคหน้า

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ที่ดินรอบจุดเชื่อมต่อการขนส่งสาธารณะ และศึกษาความสัมพันธ์ของคะแนนเฉลี่ยของคุณภาพทางเท้าในแต่ละจุดเชื่อมต่อที่ได้จากการลงเดินสำรวจ กับ คะแนนประเมินมิติที่ 4 (การสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อผู้เดินเท้าและผู้ใช้จักรยานในการสัญจร) ในแบบฟอร์มประเมินการสำรวจพื้นที่และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินโครงการศึกษาการพัฒนานวัตกรรมระบบวิเคราะห์ฐานข้อมูลขนาดใหญ่ (Big Data Analytics) ของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สนข.) พร้อมทั้งนำข้อมูลทางเท้ามาแสดงบนแผนที่ เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงทางเท้า และระบบขนส่งสาธารณะในอนาคต

1.3 ขอบเขตการวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษาเพื่อแสดงผลข้อมูลทางเท้าบนแผนที่ และการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพทางเท้ากับดัชนีชี้วัดการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบพื้นที่สำรวจ เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลไปปรับปรุงทางเท้าหรือนำไปพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะ โดยอาศัยการรวบรวมข้อมูลการใช้ที่ดินรอบจุดเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะที่อยู่ภายในขอบเขตของกรุงเทพมหานคร เป็นรัศมี 500 เมตรจากตัวสถานี

2. งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 การพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชน (Transit-Oriented Development)

การพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชน (Transit-Oriented Development) เป็นการพัฒนาตัวเมืองที่มีความหนาแน่นปานกลางถึงความหนาแน่นสูง ที่ทำให้ผู้ใช้รถยนต์ส่วนตัวมีตัวเลือกเพิ่มเติมในการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุด ซึ่งประกอบไปด้วยการใช้ที่ดินและระบบขนส่ง โดยมีระยะทางประมาณ 500-800 เมตรจากสถานีขนส่ง ซึ่งเป็นระยะทางที่คนสามารถเดินได้

ทั้งนี้ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการลดการเดินทางโดยรถยนต์ หลายงานวิจัยได้ค้นพบว่า TOD ส่งผลต่อพฤติกรรมการเดินทางของประชากรในพื้นที่ศึกษา เช่น

Zhou et al. [1] พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผู้โดยสาร และตัวบ่งบอกคุณสมบัติของ TOD คือ ความหนาแน่น (ประชากรและการจ้างงาน) ความหลากหลาย (การผสมผสานของการใช้ที่ดิน) การออกแบบ (ระดับความพร้อมของสิ่งอำนวยความสะดวก) และจำนวนจุดสนใจ (Point of Interest: POI) ในพื้นที่ศึกษา

Kamruzzaman et al. [2] จำแนกพฤติกรรมการเดินทางของผู้คนที่อาศัยอยู่คนละบริเวณกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของ TOD ในแต่บริเวณ พบว่า TOD ส่งผลให้ประชาชนใช้ระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้นในเขตตัวเมือง

Ewing et al. [3] พบว่าการเกิดการเดินทางของพาหนะลดน้อยลงในบริเวณที่มี TOD เทียบกับบริเวณที่ไม่มี TOD จากการศึกษาค้นพบว่าระดับของความสะดวกสบายในการใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะ มีบทบาทสำคัญในการเลือกของผู้โดยสาร ซึ่งระดับความสะดวกสบายเกี่ยวข้องกับการเข้าถึงที่สะดวก และการมีสิ่งอำนวยความสะดวกอยู่ในบริเวณสถานี เช่น การมีระบบฝากสัมภาระของผู้โดยสารถูกค้นพบว่าเป็นส่วนช่วยในการเพิ่มปริมาณผู้โดยสารที่มาใช้ระบบขนส่งสาธารณะ

สุดท้ายจากความใกล้เคียงหรือความง่ายต่อการเข้าถึงตัวบริการขนส่งมวลชนในด้านของเวลาการเดินทางไปใช้บริการหรือตัวเวลาที่ใช้ในการใช้บริการขนส่งนั้นส่งผลโดยตรงต่อความต้องการของประชาชนในการใช้บริการขนส่งมวลชน [4, 5, 6, 7] TOD จะช่วยยกระดับลักษณะที่เด่นเหล่านี้ที่ช่วยให้ระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้นหรือใช้งานที่ดินรอบสถานีให้เป็นเพิ่มขึ้น

ในการตรวจวัดความก้าวหน้าในการเปลี่ยนของระบบขนส่งมวลชนและสภาพแวดล้อมโดยรอบจำเป็นต้องมีตัวบ่งชี้ โดยตัวบ่งชี้จะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data)และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Non spatial)

- *ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data)* เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลต่าง ๆ บนพื้นโลก สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (Geo-referenced) เช่น ความหลากหลายในการใช้พื้นที่ ระดับความเข้าถึงได้ของระบบสถานีขนส่ง เส้นทางการเข้าถึงส่วนต่าง ๆ ความหนาแน่นบนแยกจราจร ฯลฯ
- *ข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Non-Spatial data)* เป็นข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute) ซึ่งจะอธิบายถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ๆ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง หรือหลาย ๆ ช่วงเวลา เช่น ข้อมูลจำนวนประชากรในเขตต่าง ๆ ข้อมูลจำนวนการใช้บริการ ข้อมูลเส้นทางที่เชื่อมต่อ ข้อมูลการใช้งานที่จอดรถ ฯลฯ

2.2 ความสำคัญของโครงการ TOD ที่มีผลต่อประเทศไทย

เนื่องจากความหนาแน่นในพื้นที่และมูลค่าที่ดินไม่เอื้อความคุ้มค่าในการลงทุน ทำให้ภาครัฐไม่สามารถจัดการใช้ที่ดินให้เหมาะสม เช่นบริเวณที่พักอาศัยไม่อยู่ใกล้กับสถานที่ทำงาน ซึ่งมักอยู่ใจกลางเมือง ห่างไกลจากแหล่งบริการสาธารณะและตัวเลือกในการเดินทางต่ำ และนอกจากนี้ยังติดปัญหาในแง่ของนโยบายและกฎหมาย เช่นกฎหมายเปอร์เซ็นต์จำนวนที่จอดรถขั้นต่ำของแต่ละประเภทอาคารที่ขัดกับหลักการของ TOD ในแง่ของหลักการพัฒนาที่ดินดังกล่าวไม่สนับสนุนการใช้รถยนต์

พื้นที่ในกรุงเทพมหานครมีจำกัด จำนวนประชากรที่เพิ่มสูงขึ้น และการแยกตัวของพื้นที่ทำงานที่อยู่กลางเมืองเท่านั้น แต่มีผู้ใช้ระบบขนส่งมวลชนสาธารณะน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนประชาการ ส่งผลตามมาซึ่งปัญหาของ ต้นทุนค่าเดินทางสูงขึ้น การจราจรติดขัด มลพิษ ทำให้คุณภาพชีวิตแย่ลง ดังข้อมูลต่อไปนี้

2.2.1 จำนวนประชากรในกรุงเทพและปริมณฑลมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในทุก ๆ ปี

จำนวนประชากรในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้น จาก 65,931,550 คนในปี พ.ศ. 2559 เพิ่มขึ้นจนถึง 66,558,935 คน ในปี 2562

ด้วยปัญหาการจราจรติดขัดด้วยจำนวนรถยนต์บนท้องถนนที่เพิ่มมากขึ้นทุกปี และโครงสร้างของกรุงเทพฯ ทำให้ไม่สามารถสร้างถนนเพิ่มเติมได้ ทำให้คนกรุงเทพฯ มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางสูงจากการเดินทางด้วยรถยนต์ ในทางกลับกัน ค่าใช้จ่ายในการเดินทางด้วยระบบขนส่งมวลชนเช่น การใช้รถไฟฟ้ามีต้นทุนน้อยกว่าและมีความปลอดภัยมากกว่าการเดินทางด้วยรถยนต์ แต่ในปัจจุบันการวางเส้นทางรถไฟฟ้ายังไม่ครอบคลุมทุกพื้นที่ การเพิ่มเส้นทางของระบบขนส่งมวลชนพร้อมกับ TOD จะทำให้คนกรุงเทพใช้รถส่วนตัวน้อยลงและใช้ระบบขนส่งมากขึ้น ส่งผลให้ค่าครองชีพที่เกิดจากการเดินทางลดลงด้วยเช่นกัน

2.2.2 ความจำเป็นในการเลือกใช้ระบบการเดินทางที่รวดเร็วและตรงเวลา

จากข้อมูลการสำรวจของสำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร พบว่าอัตราค่าเฉลี่ยความเร็วของรถยนต์ในพื้นที่กรุงเทพ โดยเฉพาะในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน มีค่าลดลงในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2555 ถึง พ.ศ. 2560) และมีแนวโน้มที่จะลดลงอีก หากมีการพัฒนาพื้นที่ตามหลัก TOD และเพิ่มเส้นทางรถไฟฟ้า มีโอกาสที่ทำให้คนกรุงเทพหันมาใช้บริการระบบขนส่งมวลชนกันมากขึ้น

2.2.3 การพัฒนาที่ดินโดยรอบสถานีขนส่งส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารรถไฟฟ้าทุกเส้นทางเพิ่มขึ้น

การเพิ่มส่วนต่อขยาย การเชื่อมกับรถไฟฟ้าสายอื่น ๆ หรือการพัฒนาพื้นที่โดยรอบตัวสถานีเช่น คอนโดมิเนียม ห้างสรรพสินค้า ตลอดจนธุรกิจต่างๆ ทำให้จำนวนผู้โดยสารเพิ่มสูงขึ้น เมื่อผู้โดยสารมากขึ้นทำให้เกิดโอกาสของธุรกิจและการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นอีก

2.2.4 หลักการเลือกตัวแปรตัวบ่งชี้ระดับการพัฒนาที่ดิน (TOD Indicators)

จากหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีการเสนอหลักการเลือกตัวแปรตัวบ่งชี้ระดับการพัฒนาที่ดิน หลายเอกสารได้แนะนำว่าตัวแปรตัวบ่งชี้ระดับการพัฒนาที่ดิน ควรจะครอบคลุม วัดผลได้ วัดปริมาณได้ นิยามชัดเจน เข้าถึงได้ เป็นกลาง และอ่อนไหวต่อกลายเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา

ในการที่จะแยกตัวชี้, การศึกษานี้ได้อ้างอิงหลักการของ Cervero และ Kockelman [9] ซึ่งได้แบ่งตัวบ่งชี้ออกเป็น 3 ชนิด 3D concept (Density, Diversity, Design) ในการให้คะแนนในการพัฒนารอบสถานีขนส่งมวลชน (TOD)

- ความหนาแน่น (Density) บ่งบอกถึงปริมาณของประชากรและการจ้างงานเทียบกับพื้นที่ของสถานีที่ศึกษา
- ความหลากหลาย (Diversity) บ่งบอกถึงลักณะการใช้งานที่ดินและการพัฒนาของที่ดินโดยรอบสถานี และยังช่วยบ่งบอกถึงโอกาสที่จะเกิดกิจกรรมต่าง ๆ รอบสถานีขนส่งมวลชน
- การออกแบบ (Design) มุ่งความคิดไปที่ทางเท้าและทางจักรยาน และช่วยทำให้บริการการขนส่งมวลชนเข้าถึงได้ง่าย

ในกรณีศึกษานี้เราได้เลือกตัวบ่งชี้ระดับการพัฒนาที่ดินตามข้อมูลที่มีซึ่งก็คือข้อมูลการลักษณะการใช้งานที่ดินและข้อมูล

Entropy index คือดัชนีการวัดการใช้งานที่ดินแบบผสมผสาน โดยคำนวณจากสัดส่วนการใช้ที่ดินของ (Floor Area) แต่ละชนิด โดยต้องมีตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป ยิ่งมีระดับการกระจายอัตราส่วนการใช้ที่ดินสูงค่า Entropy ก็จะยิ่งสูงขึ้น ค่า Entropy index มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยให้ P_j เป็นอัตราส่วนการใช้ที่ดินแต่ละ j ชนิดในพื้นที่ที่ศึกษา $k \geq 2$ คือจำนวนชนิดการใช้ดินที่ทั้งหมดในพื้นที่ แสดงในสมการต่อไปนี้

$$\mathrm{ENT} = -\left[\sum_{j=1}^{k} P_j \ln(P_j)\right] \Big/ \ln(k)$$

ชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่มีผลต่อการคำนวนค่า Entropy ยกตัวอย่างพื้นที่มีการใช้ที่ดิน 3 ชนิดและมีสัดส่วนของแต่ละชนิด 1, 2, 3 ตามลำดับเท่ากับ 20/50/30 จะได้ค่า Entropy เท่ากับการแบ่งสัดส่วนเท่ากับ 50/30/20 ตามลำดับ

Land use intensity คือสัดส่วนใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมดต่อพื้นที่รอบสถานีที่ศึกษาทั้งหมด (Area) ที่รัศมี 500 เมตรรอบสถานีที่ทำการศึกษา

Vertical mixture คือสัดส่วนพื้นที่ของอาคาร 2 ชั้นขึ้นไป (เช่น ห้องแถว) ที่มีร้านขายของอยู่ชั้นล่างและพื้นที่ๆใช้ที่ดินแบบผสมผสานต่อพื้นที่รอบสถานีที่ศึกษาทั้งหมด (Area) ที่รัศมี 500 เมตรรอบสถานีที่ทำการศึกษา

3. ระเบียบวิธีวิจัย

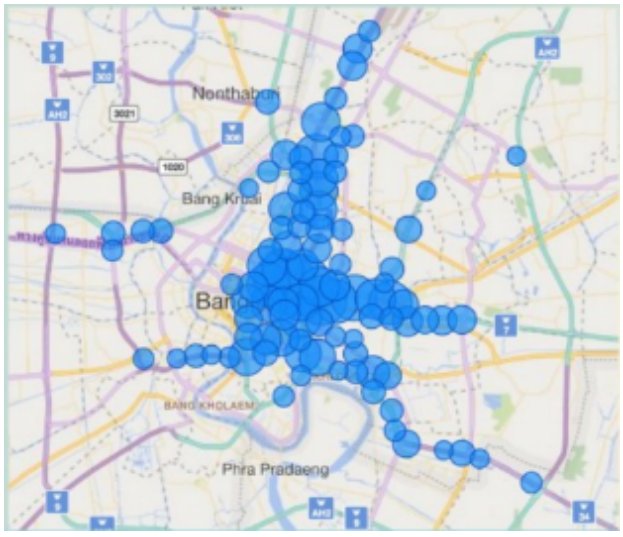
งานศึกษานี้มุ่งเน้นไปที่การรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ในพื้นที่โดยรอบของสถานีขนส่งมวลชน และนำข้อมูลที่รวบรวมมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ

ขั้นตอนการทำงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่

1. วางขอบเขตพื้นที่ ที่จะทำการศึกษาและเลือกข้อมูลที่จะใช้ในขั้นตอนการวิเคราะห์และนำเสนอ
2. รวบรวมข้อมูลและการจำแนกข้อมูลตัวแปร โดยอ้างอิงจากงานวิจัยได้มีการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ Transport-Oriented Development (TOD) รวบรวมข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ที่เข้าถึงได้ จากนั้นทำการจำแนกและจัดรูปแบบข้อมูลให้เป็นข้อมูลตัวแปร (ตัวบ่งชี้ระดับการพัฒนาที่ดิน) เช่น Entropy, Land use intensity, Vertical Mixture
3. หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวบ่งชี้ระดับการพัฒนาที่ดินกับผลการสำรวจพื้นที่และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยวิธีวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้วิธีการหาค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ระหว่างตัวบ่งชี้ระดับการพัฒนาที่ดินกับผลการสำรวจพื้นที่และการใช้ประโยชน์ที่ดิน
4. การนำข้อมูลคุณภาพทางเท้าและข้อเสนอแนะที่สำรวจได้มาแสดงผลแผนที่

3.1 พื้นที่ศึกษา

เกณฑ์ในการคัดเลือกจุดสำรวจคือ ปริมาณความหนาแน่นของการเชื่อมต่อสัญญาณของข้อมูลการใช้งานสัญญาณโทรศัพท์ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้าและเย็น มาสร้างเป็น heat map ดังแสดงใน**รูปที่ 1**



รูปที่ 1 heat map ตำแหน่งที่มีความหนาแน่นของสัญญาณโทรศัพท์

จากนั้นจะนำตำแหน่งของเสาสัญญาณโทรศัพท์ที่มีความหนาแน่นมากที่สุด 100 อันดับแรก มาคัดเลือกพื้นที่ที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบขนส่งสาธารณะ เช่น

1. เป็นสถานีเชื่อมต่อของระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน
2. เป็นจุดเปลี่ยนถ่ายจากระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน
3. เป็นจุดเชื่อมต่อรถโดยสารประจำทาง สถานีรถไฟชานเมือง ท่าเรือ
4. เป็นจุดศูนย์กลางของพื้นที่กิจกรรมทางเศรษฐกินและสังคม (ห้างสรรพสินค้า สถานที่ราชการ สถานศึกษา)

รวมทั้งสิ้น 33 จุด คือ สถานีรถไฟฟ้า BTS สายสุขุมวิท จำนวน 9 สถานี สถานีรถไฟฟ้า BTS สายสีลม จำนวน 5 สถานี สถานีรถไฟฟ้า MRT สายสีน้ำเงิน จำนวน 6 สถานี สถานีรถไฟฟ้า MRT สายสีม่วง จำนวน 1 สถานี รถไฟฟ้าสาย Airport Rail Link (ARL) จำนวน 2 สถานี รถไฟฟ้าชานเมืองสายสีแดงเข้ม SRT จำนวน 2 สถานี สถานีรถไฟ 1 สถานี และป้ายรถโดยสารประจำทาง จำนวน 7 ป้าย ดังแสดงใน**ตารางที่ 1**

ตารางที่ 1 รายชื่อจุดสำรวจทั้ง 33 จุด

สถานีรถไฟฟ้า BTS จำนวน 14 สถานี	สถานีรถไฟฟ้า MRT จำนวน 7 สถานี	สถานีรถไฟฟ้า SRT จำนวน 2 สถานี
ตลาดพลู	สุทธิสาร	วัดเสมียนนารี
กรุงธนบุรี	ห้วยขวาง	ดอนเมือง
ละพานตากสิน	บางพื่อ	
หมอชิต	บางซ่อน	สถานีรถไฟฟ้า ARL จำนวน 2 สถานี
ห้าแยกลาดพร้าว	เพชรบุรี	รามคำแหง
เพลินจิต	สามย่าน	หัวหมาก
ศาลาแดง	ศูนย์วัฒนธรรมแห่งประเทศไทย	
อโยธา		สถานีรถไฟ 1 สถานี
ออนนุช	ป้ายรถโดยสารประจำทาง จำนวน 7 สถานี	หัวตะเข้
อารีย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	
อโศก	เดอะมอลล์บางกะปิ แอมปิแลนส์	
ของนนทรี	อนุสาวรีย์ประชาธิปไตย	
ทองหล่อ	ห้างสรรพสินค้าพาต้าเป็นเกล้า	
พญาไท	แยกบางนา	
	ประตูน้ำ	
	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ	

3.2 การลงพื้นที่สำรวจ รวบรวมและคัดกรองข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลที่ได้จากการลงสำรวจพื้นที่จริง และข้อมูลอาคารรอบสถานี ข้อมูลที่ได้จากการลงสำรวจพื้นที่จริงผู้ทำงานวิจัยได้นำมาใช้พิจารณาเพื่อประเมินผลการสำรวจพื้นที่และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละสถานี ส่วนข้อมูลอาคารรอบสถานีผู้ทำงานวิจัยนำมาใช้คำนวณเพื่อวิเคราะห์หาค่าตัวบ่งชี้ระดับการพัฒนาที่ดิน (TOD Indicators)

3.2.1 ลงพื้นที่สำรวจทางเท้า

เริ่มดำเนินการเก็บข้อมูลโดยรอบสถานี โดยผู้ร่วมทำงานวิจัยได้ทำการลงพื้นที่สำรวจจริงทุกสถานี ผู้ทำงานวิจัยได้สำรวจด้วยการเดินไปตามถนนเส้นหลักที่อยู่ภายในรัศมี 500 เมตรจากสถานี ข้อมูลที่ได้ทำการเก็บรวบรวมจากการลงสำรวจพื้นที่จริงถูกบันทึกลงใน Google form เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูล 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐาน ส่วนที่ 2 ข้อมูลการสำรวจการเข้าถึงพื้นที่ของระบบขนส่งสาธารณะ ส่วนที่ 3 การสำรวจพื้นที่และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อมูลในส่วนที่ 3 เป็นการประเมินผลการสำรวจพื้นที่และลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งจะทำการประเมินทั้งหมด 6 มิติ โดยแต่ละมิติจะทำการประเมินในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

- **มิติที่ 1** การออกแบบอาคารโดยรอบสถานีขนส่งมวลชน (Building Design)
- **มิติที่ 2** การพัฒนาอาคารที่อยู่อาศัยรอบสถานีขนส่งมวลชนเพื่อรองรับครัวเรือนหลากหลายกลุ่มรายได้ (Mixed-Income Development)

- **มิติที่ 3** การส่งเสริมความหลากหลายของประเภทการใช้ที่ดินและอาคารโดยรอบสถานีขนส่งมวลชน (Mix of Uses)
- **มิติที่ 4** การสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อผู้เดินเท้าและผู้ใช้จักรยานในการสัญจร (Pedestrian and Bicycle Environment)
- **มิติที่ 5** การออกแบบที่จอดรถรอบสถานีขนส่งมวลชน (Car Parking)
- **มิติที่ 6** การประเมินสภาวะด้านธุรกิจและการตลาด (Business and Market Assessment)

3.2.1 ข้อมูลอาคารรอบสถานี

โดยในส่วนของข้อมูลอาคารภายในพื้นที่กรุงเทพ ได้ถูกสำรวจและบันทึกไว้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ผ่านโปรแกรม QGIS ไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ทำให้ก่อนการใช้ข้อมูลจึงจำเป็นต้องตรวจทานข้อมูลเพื่อให้ตรงกับข้อมูลปัจจุบัน โดยผู้ทำงานวิจัยจะสำรวจอาคารรอบบริเวณจุดสำรวจ ตรวจสอบลักษณะการใช้อาคารในปัจจุบัน หากข้อมูลเปลี่ยนไปจากเดิมจะต้องลบหรือแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง โดยลักษณะของอาคารที่ต้องสำรวจ คือ จำนวนชั้น ประเภทของอาคาร และพื้นที่ของอาคาร และคำนวณพื้นที่ใช้สอยของอาคารใหม่ผ่านเครื่องมือในโปรแกรม QGIS จากนั้นทำการแปลงข้อมูลออกมาในรูปแบบไฟล์ Excel เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

3.3 Correlation Analysis

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) ของข้อมูล ซึ่งเป็นค่าที่ใช้หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ โดยการแปลผลจากค่า correlation ด้วยวิธี Pearson และค่าที่คำนวณได้จะถูกกำหนดไว้ดัง **ตารางที่ 2** โดยใช้ดัชนีความเชื่อมั่นที่ 0.05

ตารางที่ 2 การกำหนดค่า correlation coefficient

Correlation Coefficient	ค่าความสัมพันธ์
0.5 หรือมากกว่า	สัมพันธ์มาก
0.3 – 0.5	สัมพันธ์ปานกลาง
0.1 – 0.3	สัมพันธ์น้อย
ต่ำกว่า 0.1	ไม่มีความสัมพันธ์

การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีสหสัมพันธ์ จะเจาะจงไปในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคะแนนทางเท้าที่ได้จากการเดินสำรวจแล้วจึงนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ

3.4 การแสดงผลข้อมูลทางเท้า

ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณคะแนนฉลี่ยของคุณภาพทางเท้าในแต่ละจุดเชื่อมต่อ และทำการแสดงผลข้อมูลทางเท้าลงในแผนที่ โดยนำข้อมูลมาจาก google form ที่ซึ่งเป็นฐานข้อมูลจากการสำรวจ ในส่วนที่ 2 (ข้อมูลการสำรวจการเข้าถึงพื้นที่ของระบบขนส่งสาธารณะ- ทางเท้า) ซึ่งข้อมูลสำหรับแต่ละทางเท้านั้น จะประกอบไปด้วย

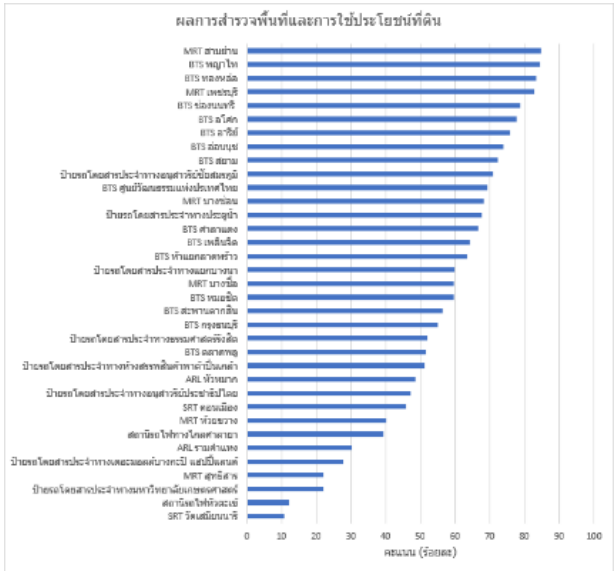
1. ข้อมูลตำแหน่งทางเท้า จะถูกบันทึกอยู่เป็นในรูปของ latitude และ longitude เริ่มต้น และ latitude และ longitude ปลาย
2. ข้อมูลคะแนนคุณภาพทางเท้า แบ่งเป็นเกณฑ์ ตั้ง 1 ทางเท้ามีสภาพไม่ดี ควรปรับปรุง 2 และ 3 ทางเท้ามีคุณภาพดีที่สุด
3. หมายเหตุจากผู้สำรวจ เช่น ทางเท้าไม่เรียบ มีสิ่งกีดขวางจำนวนมาก มีกลิ่นขยะเหม็นเน่า หรือ ทางเท้าเรียบร้อย มีความกว้างพอให้เดินได้อย่างสะดวก

ในการประมวลผลและแสดงผล ผู้วิจัยได้ใช้ภาษา python เนื่องจากเป็นภาษาที่ง่าย ทำให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว และได้ใช้ library pandas เพื่อทำการดึงข้อมูลขึ้นมาจากฐานข้อมูลที่สำรวจใน google form และ library folium เพื่อทำการนำข้อมูลทางเท้า ทั้งตำแหน่งทางเท้า คะแนนคุณภาพทางเท้า และ หมายเหตุจากผู้สำรวจ เพื่อแสดงผลออกมาออกมาเป็นแผนที่ในรูปของ web application

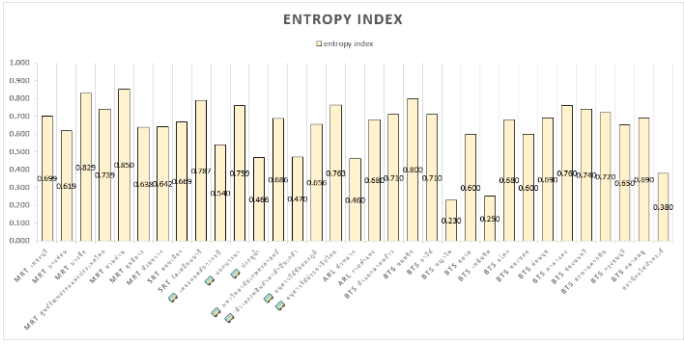
4. ผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การศึกษารูปแบบการใช้ที่ดินรอบจุดเชื่อมต่อการขนส่งสาธารณะ

จากการลงพื้นที่ และประเมินคะแนน 6 มิติ และคำนวณคะแนนรวมโดยใช้วิธีการเฉลี่ยปกติได้ผลดัง**รูปที่ 2** และการคำนวณดัชนีการใช้ที่ดินแบบผสมผสาน (Entropy Index) จากข้อมูล GIS ได้ผลดัง**รูปที่ 3**



รูปที่ 2 ผลคะแนนประเมิน 6 มิติ เรียงจากมากไปน้อย

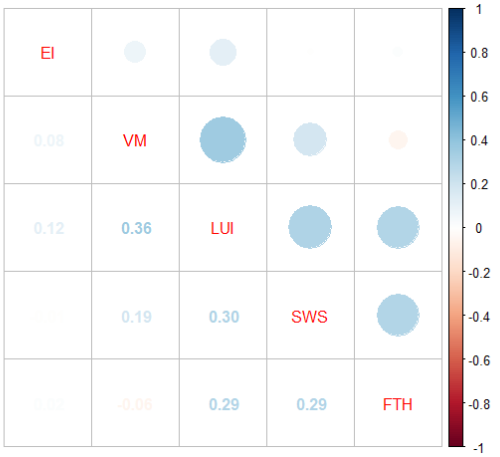


รูปที่ 3 ข้อมูลดัชนีการใช้ที่ดินแบบผสมผสาน

จากการศึกษารูปแบบการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา และคำนวณดัชนีที่เกี่ยวข้อง พบว่าพื้นที่ MRT สามย่าน เป็นพื้นที่ที่มีค่า Entropy Index สูงที่สุด และมีคะแนนการประเมิน 6 มิติ สูงที่สุด สรุปได้ว่า พื้นที่ MRT สามย่านมีการพัฒนาพื้นที่ตามหลัก TOD ได้ดีที่สุด จากมีการกระจายตัวกันของการใช้ที่ดินที่หลากหลาย และความหนาแน่นของการใช้พื้นที่ที่สูง ทำให้ผู้คนในพื้นที่ไม่จำเป็นต้องเดินทางไปไกลจากที่อยู่อาศัยของตนเอง เกิดกิจกรรมทางเศรษฐกิจภายในพื้นที่ การทำงาน จับจ่ายใช้สอย ไม่จำเป็นต้องเดินทางมาจากที่อื่น ลดปริมาณรถติดและขับเคลื่อนการค้าขายภายในพื้นที่

4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนคุณภาพทางเท้าเฉลี่ยกับคะแนนประเมิน มิติที่4 (การสร้างสภาพแวดล้อมที่เอื้ออำนวยต่อผู้เดินเท้าและผู้ใช้จักรยานในการสัญจร)

จากการวิเคราะห์ correlation ได้ผลตามที่แสดงใน correlation matrix **รูปที่ 4**



รูปที่ 4 ข้อมูลดัชนีการใช้ที่ดินแบบผสมผสาน

พบว่า คะแนนการประเมินมิติที่ 4 และคะแนนคุณภาพทางเท้า มีความสัมพันธ์กันน้อยถึงปานกลาง (r = 0.29) โดยตัวแปรทั้งสองเป็นตัวแปรที่บ่งบอกถึงลักษณะและคุณภาพทางเท้าเหมือนกัน จึงควรที่จะมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน แต่เนื่องจากการเก็บข้อมูลที่ต่างกันทำให้การประเมินทางเท้าจากทั้ง 2 วิธี มีความสัมพันธ์กันเพียงแค่เล็กน้อยและไม่สามารถใช้แทนกันได้

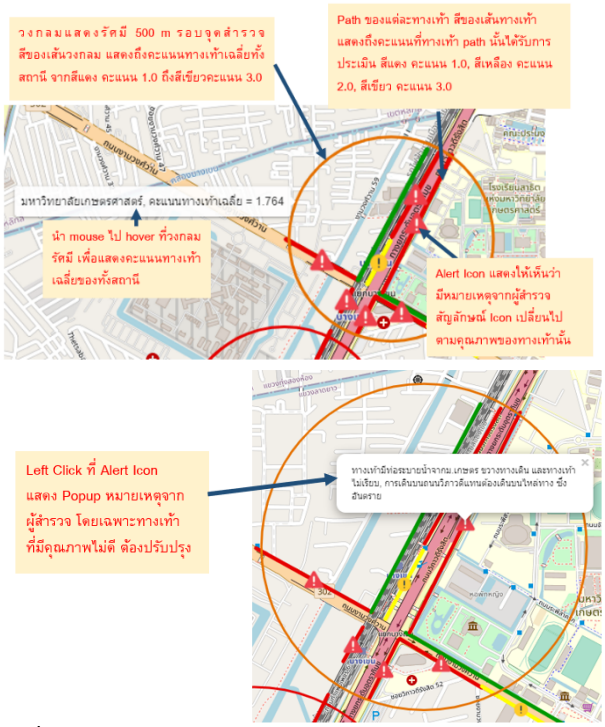
ค่าความสัมพันธ์ตัวต่อมาที่สนใจคือ ค่าความหนาแน่นการใช้พื้นที่ (LUI) กับตัวแปรบ่งบอกคุณภาพทางเท้าทั้งสองคือ FTH และ SWS โดยความหนาแน่นการใช้พื้นที่กับคะแนนการประเมินมิติที่ 4 มีความสัมพันธ์กันเล็กน้อยถึงปานกลาง (r = 0.29) ส่วนความหนาแน่นการใช้พื้นที่กับคะแนนคุณภาพทางเท้ามีความสัมพันธ์กันปานกลาง (r = 0.30) ทั้ง 2 ค่ามีแนวโน้วเป็นบวกและใกล้เคียงกัน เนื่องจาก เมื่อพื้นที่มีความหนาแน่นมากขึ้น พื้นที่รกร้างหรือพื้นที่ที่ถูกปล่อยทิ้งไม่ใช้ประโยชน์น้อยลง เมื่อมีการใช้พื้นที่ อุปสงค์ของทางเท้าที่ดีและมีคุณภาพจะมากขึ้น

4.3 การนำข้อมูลทางเท้าพร้อมข้อเสนอแนะ มาแสดงบนแผนที่ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์

ข้อมูลทางเท้า โดยเฉพาะ ตำแหน่งพิกัดของทางเท้า เป็นข้อมูลที่เป็นลักษณะเชิงแผนที่ การนำข้อมูลตำแหน่งพิกัดของทางเท้า ประกอบกับข้อมูล คะแนนทางเท้าที่ได้รับการประเมิน และหมายเหตุจากผู้สำรวจ โดยเฉพาะทางเท้าที่มีคุณภาพไม่ดี ต้องปรับปรุง นำมาแสดงในลักษณะของแผนที่นั้น ทำให้ข้อมูลในถูกแสดงผลออกมา ในรูปแบบที่ก่อให้เกิดความเข้าใจ และดูง่าย มากกว่าข้อมูลในลักษณะตาราง ดังตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลทางเท้าใน**รูปที่ 5**

การแสดงผลออกมาเป็นลักษณะแผนที่ทำให้ทราบ ได้อย่างรวดเร็วว่าตรงจุดสำรวจไหน มีคุณภาพทางเท้าโดยเฉลี่ยที่ดี หรือจุดไหน มีคุณภาพทางเท้าที่ยังต้องรอการปรับปรุง พร้อมทั้งเป็นการลงรายละเอียดเป็นพิกัดทางเท้าที่ยังต้องรอการปรับปรุง และหมายเหตุสำหรับทางเท้านั้น เช่น ผู้ใช้งานแผนที่ จะสามารถรู้ได้ว่า ทางเท้าหลังสถานีกลางบางซื่อ พิกัดนี้ต้องปรับปรุง เนื่องจากทางเท้าแคบ ไม่เรียบ มีสิ่งขีดขวาง

ข้อมูลทางเท้าที่แสดงในลักษณะแผนที่ สามารถเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง เป็นการสนับสนุนทางด้านข้อมูลในการตัดสินใจให้แก่นักพัฒนาผังเมือง เพื่อที่จะสามารถเดินหน้าและวางแผนการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะไปในทิศทางที่ถูกต้อง



รูปที่ 5 ตัวอย่างการแสดงผลข้อมูลทางเท้าของจุดสำรวจป้ายรถโดยสารประจำทาง ม.เกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานทางวิศวกรรมโยธา การสำรวจจุดเชื่อมต่อระบบขนส่งสาธารณะตามหลักการพัฒนาพื้นที่โดยรอบเพื่อส่งเสริมการใช้ระบบขนส่งมวลชน (Transit-Oriented Development) สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างสูงจาก อาจารย์ รศ.ดร. จิตติชัย รุจน

กนกนาฏ และ อ.ดร. พงษ์สันธ์ บัณฑิตสกุลชัย อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ผู้ที่คอยให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาแก่ผู้วิจัย รวมทั้งผลักดันให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณสำนักการวางผังและพัฒนาเมือง กรุงเทพมหานคร ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ของพื้นที่ที่ทำการศึกษาวิจัย โดยรอบสถานที่ศึกษาทั้ง 33 สถานที่ในครั้งนี้ ขอขอบคุณเนื้อหาในรายวิชา 2101-555 Travel Behavior Survey and Analysis ที่ทบทวนหลักการทางสถิติ การเขียนโปรแกรมและการแปลผลจาก R ให้แก่ผู้จัดทำ

ขอขอบคุณ ดร.ภาธินันท์ ไทยทัตกุล นักวิจัยสถาบันการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความรู้ในการใช้โปรแกรม QGIS เบื้องต้น ขอขอบคุณ คุณจอมพล เพชราวุธ นิสิตปริญญาโทภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร ที่ให้ให้คำแนะนำในการสำรวจพื้นที่ รวมถึงการประเมินผลการสำรวจพื้นที่และการใช้ประโยชน์ที่ดิน สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครอบครัวของผู้วิจัยที่ให้การสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำงานวิจัยฉบับนี้ขึ้นมา

เอกสารอ้างอิง

[1] Zhou J, Yang Y, Gu P et al (2019) Can TODness improve (expected) performances of TODs? An exploration facilitated by non-traditional data. Transp Res Part D Transp Environ 74:28–47.**https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.07.008**

[2] Kamruzzaman Md, Shatu FM, Hine J, Turrell G (2015) Commuting mode choice in transit oriented development:disentangling the effects of competitive neighbourhoods, travel attitudes, and self-selection. Transp Policy 42:187–196. https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.06.003

[3] Ewing R, Tian G, Park K et al (2019) Comparative case studies: trip and parking generation at Orenco Station TOD, Portland Region and Station Park TAD, Salt Lake City Region. Cities 87:48–59. https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.12.020

[4] Daly H, Ramea K, Chiodi A et al (2012) Modal choice in a TIMES model. IEA-ETSAP

[5] Luan X, Cheng L, Song Y, Zhao J (2002) Better understanding the choice of travel mode by urban residents: new insights from the catchment areas of rail transit stations. Sustain Cities Soc 53:101968. https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101968

[6] Chakrabarti S (2017) How can public transit get people out of their cars? An analysis of transit mode choice for commute trips in Los Angeles. Transp Policy 54:80–89. https://doi.org/10.1016/ j.tranpol.2016.11.005

[7] Yu L, Xie B, Chan EHW (2019) Exploring impacts of the built environment on transit travel: distance, time and mode choice, for urban villages in Shenzhen, China. Transp Res Part E Logist Transp Rev 132:57–71. https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.11.004

[8] Sulistyaningrum S, Sumabrata J (2018) Transit Oriented Development (TOD) index at the current transit nodes in Depok City, Indonesia. IOP Conf Ser Earth Environ Sci 126:012217. https:// doi.org/10.1088/1755-1315/126/1/012217

[9] Nyunt, K. T., & Wongchavalidkul, N. (2020). Evaluation of Relationships Between Ridership Demand and Transit-Oriented Development (TOD) Indicators Focused on Land Use Density, Diversity, and Accessibility: A Case Study of Existing Metro Stations in Bangkok. Urban Rail Transit, 6(1), 56-70. doi:10.1007/s40864-019-00122-2