การวิเคราะห์ศักยภาพการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีรถไฟฟ้าในเมืองกรุงเทพมหานครและปริมณฑล: กรณีศึกษา สายเฉลิมรัชมงคล และสายฉลองรัชธรรม

The Analysis of Transit Oriented Development (TOD) of Electric Train Stations in Bangkok and Metropolitan Region: The Case Study of Chaleom Ratchamongkon Line and Chalong Ratchadham Line

กฤษฎา แสนสมบูรณ์[1,*] และ ธนาพันธ์ ทับทิมหิน[2]

[1]คณะการจัดการโลจิสติกส์และการคมนาคมขนส่ง, สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ บางตลาด ปากเกร็ด นนทบุรี 11120

[2]คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสุขภาพ, มหาวิทยาลัยนวมินทราธิราช วชิรพยาบาล ดุสิต กรุงเทพมหานคร 10300

Kritsada Saensomboon[1,*] and Thanaphan Thapthimhin[2]

[1]Faculty of Logistics and Transportation Management, Panyapiwat Institute of Management, Bang Talat, Pak Kret, Nonthaburi, 11120, Thailand

[2]Faculty of Science and Health Technology, Navamindradhiraj University, Wachira Phayabal, Dusit, Bangkok, 10300, Thailand

***Corresponding Author E-mail:** kritsadasaen@pim.ac.th

Received: May 05, 2023; **Revised:** Jul 26, 2023; **Accepted:** Aug 16, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาค่าการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีของรถไฟฟ้ามหานครจำนวน 2 สาย คือ สายเฉลิมรัชมงคล (สายสีน้ำเงิน) และสายฉลองรัชธรรม (สายสีม่วง) ในพื้นที่กรุงเทพมหานครและจังหวัดนนทบุรี จำนวน 53 สถานี โดยทำการวิเคราะห์ 4 ปัจจัยหลัก คือ 1) ความหนาแน่น (Density) 2) ความหลากหลาย (Diversity) 3) การออกแบบและระยะทาง (Design and Distance) 4) จุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ (Destination and Connectivity) สำหรับปัจจัยด้านความหนาแน่น ประกอบด้วย ความหนาแน่นประชากร จำนวนจุดที่น่าสนใจ (POI) อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) สำหรับปัจจัยด้านความหลากหลาย (Diversity) ประกอบด้วย ความหลากหลายของการใช้ที่ดิน จำนวนร้านค้ารอบสถานี สำหรับปัจจัยด้านการออกแบบและระยะทาง (Design and Distance) ประกอบด้วย ความหนาแน่นถนน จำนวนที่จอดรถ อัตราส่วนของพื้นที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (OSR) สำหรับปัจจัยด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ (Destination and Connectivity) ประกอบด้วย จำนวนสายรถประจำทาง จำนวนทางเข้าออกสถานีรถไฟ จำนวนโรงเรียน จำนวนคอนโด จำนวนหมู่บ้าน ผู้วิจัยได้คำนวณน้ำหนักของแต่ละตัวแปรด้วย Information entropy weight method (IEW) และได้คำนวณคะแนนการพัฒนาพื้นที่ (TOD SCORE) จากการคำนวณคะแนนการพัฒนาพื้นที่ของทั้ง 53 สถานี ทำให้ผู้วิจัยได้ทราบจุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละสถานี พบว่าค่าเฉลี่ยของคะแนนการพัฒนาพื้นที่พบว่าสถานีรถไฟฟ้าสายสีม่วงมีค่ามากกว่ารถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน สถานีที่มีค่าคะแนนการพัฒนาพื้นที่รวมสูงสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีท่าพระ เพราะมีจำนวนสายรถประจำทางมากกว่าสถานีอื่น ๆ ทำให้คะแนนด้านการเชื่อมต่อมากกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนการพัฒนาพื้นที่รวมสูงสุดของสายสีม่วง คือ สถานีไทรม้า เพราะมีจำนวนจุดที่น่าสนใจมากกว่าสถานีอื่น ๆ สถานีที่มีค่าคะแนนการพัฒนาพื้นที่รวมต่ำสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีบางซื่อ เพราะมีจำนวนโรงเรียนและพื้พักอาศัยรอบสถานีน้อยกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนการพัฒนาพื้นที่รวมต่ำสุดของสายสีม่วง คือ สถานีบางรักน้อยท่าอิฐ เพราะมีจำนวนโรงเรียนและพื้พักอาศัยรอบ

สถานีน้อยกว่าสถานีอื่น ๆ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการวิเคราะห์ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของคะแนนการพัฒนาพื้นที่ในแต่ละปัจจัย ซึ่งสามารถติดตามได้ในวิจัยฉบับนี้ ผลจากการวิเคราะห์ค่าคะแนนการพัฒนาพื้นที่ทำให้สามารถวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละสถานี และกำหนดแนวทางการพัฒนาสถานีขนส่งมวลชนในอนาคตได้ โดยใช้สถานีที่มีค่าคะแนนการพัฒนาพื้นที่สูงเป็นต้นแบบในการพัฒนา ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนในอนาคต

คำสำคัญ: การพัฒนาพื้นที่รอบสถานี, สถานีรถไฟ, รถไฟฟ้า, ระบบราง

Abstract

This research studies transit oriented development (TOD) of two Metropolitan Rapid Transit (MRT) lines, Chaloem Ratchamongkon Line (Blue line) and Chalong Ratchatham line (Purple line), total 53 stations in total, in Bangkok and Nonthaburi Province. The researcher analyze four factors of built environment around mass transit station, 1) Density 2) Diversity 3) Design and Distance 4) Destination and Connectivity. For the density factors, including population density, number of points of interest (POI) and total building area to land area ratio (FAR). For the diversity factors, including the diversity of land use and number of shops around the station. For design and distance factors, including road density, number of parking spaces, Open Space Ratio (OSR). As for the factors related to destinations and connectivity, including the number of bus lines, number of entrances and exits of the train station, number of schools, Number of condominiums and number of villages. The researchers have considered the weight of each variable by using the Information entropy weight method (IEW) and calculated the transit oriented development score (TOD SCORE). From the TOD SCORE calculations of all 53 stations, the researchers find the strengths and weaknesses of each station. The average TOD score of the Purple Line stations is higher than that of the Blue Line stations. The station with the highest total TOD SCORE on the Blue Line is Tha Phra Station and the station with the highest total TOD SCORE on the Purple Line is Sai Ma Station. The station with the lowest total TOD SCORE on the Blue Line is Bang Sue Station and the station with the lowest total TOD SCORE on the Purple Line is Bang Rak Noi Tha It Station. In addition, the researchers analyzed the maximum and minimum values of TOD SCORE for each factor. and described in this research. The results of TOD SCORE analysis can analyze the strengths and weaknesses of each station and determine the development guidelines of mass transit stations in the future using a station with a high TOD SCORE as a model for development of the mass transit system in the future.

Keywords: Transit oriented development (TOD), Train station, Electric train, Railway systems

1. บทนำ

ในปัจจุบันมีการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าขึ้นมาอย่างมากมายในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล สำหรับสถานีรถไฟฟ้าที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันแบ่งออกเป็นรถไฟฟ้าบีทีเอสจำนวน 60 สถานี รถไฟฟ้ามหานครจำนวน 53 สถานี รถไฟฟ้าเชื่อมท่าอากาศยานสุวรรณภูมิจำนวน 8 สถานี รถไฟฟ้าสายสีทองจำนวน 3 สถานี และรถไฟฟ้าชานเมืองสายสีแดงจำนวน 13 สถานี การชี้วัดประสิทธิภาพของสถานีนอกจากจะชี้วัดที่ปริมาณผู้โดยสารแล้ว มีอีกสิ่งหนึ่งที่น่าสนใจ คือ การพัฒนาพื้นที่รอบสถานี (Transit Oriented Development) หรือที่เรียกกันว่า TOD ค่า TOD บ่งบอกถึงประสิทธิภาพของการพัฒนาพื้นรอบสถานีรถไฟ ตามทฤษฎีของ Calthorpe นั้น [5],[6] ได้กำหนดพื้นที่ขอบเขตของ TOD รอบสถานีคือ ระยะรัศมีที่ 2000 ฟุต หรือ 600 เมตร และได้มีการนำเสนอแนวคิดสมัยใหม่ คือ รัศมีระหว่าง 400 และ 800 เมตร รอบสถานีรถประจำทาง และสถานีขนส่งทางราง ตามลำดับ ในประเทศญี่ปุ่นกำหนดที่ 800 เมตร [1–36] ส่วนประเทศไทยนั้น ตามกฎหมายผังเมืองรวม พ.ศ. 2556 กำหนด

FAR Bonus ที่ 500 เมตร [11–37] และกฎหมายใหม่ที่กำลังพิจารณานำมาใช้ กำหนด ระยะรอบสถานีขนส่งทางรางเดี่ยว ๆ ที่ 500 เมตร และถ้าเป็นสถานีขนส่งทางรางที่ตัดกัน (interchange station) จะกำหนดที่ 800–1000 เมตร เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ระยะ catchment area ในการวิจัยนั้น สามารถคำนวณได้ตาม 1) กฎหมายผังเมือง และ 2) ระยะทางที่เดินได้ของผู้ที่อยู่อาศัยรอบสถานี (acceptable walking distance) โดยสถานีรถไฟแต่ละแห่งย่อมมีค่า TOD ที่แตกต่างกัน แต่การเปรียบเทียบค่า TOD ของแต่ละสถานีเป็นไปได้ยาก เพราะ TOD มีความหลากหลาย การคำนวณเพื่อหาค่า TOD ของแต่ละสถานีในกรุงเทพมหานคร จึงต้องพิจารณาจากปัจจัยที่หลากหลาย จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ TOD [1–37] ได้มีการคำนวณค่า TOD SCORE โดยแบ่งตัวชี้วัด TOD ออกเป็นหลายมิติ โดยมีพัฒนาการตั้งแบบ 3 มิติ 4 มิติ 5 มิติ และ 6 มิติ สำหรับ TOD แบบ 3 มิติ ได้แก่ มิติของความหนาแน่น Density มิติของความหลากหลาย (Diversity) และมิติของการออกแบบ (Design) สำหรับ TOD แบบ 4 มิติ ได้แก่ ความหนาแน่น (Density) ความหลากหลาย (Diversity) การออกแบบ (Design) และการเชื่อมต่อ(Connectivity) และต่อมาได้มีการพัฒนา TOD ขึ้นไปเป็น 5 มิติ ได้แก่ ความหนาแน่น (Density) ความหลากหลายในการใช้พื้นที่ (Diversity) การออกแบบพื้นที่ (Design) ระยะทางในการเดินทาง (Distance to Transit) และความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่ (Destination Accessibility) ซึ่งค่า TOD SCORE นี้สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบค่า TOD ของแต่ละสถานีได้ ซึ่งจะทำให้เห็นจุดเด่นและจุดด้อยของแต่ละสถานี ซึ่งหน่วยงานภาครัฐสามารถนำค่า TOD SCORE นี้ มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงพื้นที่รอบสถานีของแต่ละสถานีได้ และทำให้สามารถเลือกโครงการสำหรับการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีรถไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม และจากการศึกษางานวิจัยเพิ่มเติมแนวคิด TOD ได้ถูกพัฒนาเพิ่มขึ้นจนสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 มิติ คือ จุดปลายทาง(Destination) ความหลากหลาย(Diversity) ความหนาแน่น(Density) ระยะทาง (Distance) การออกแบบ(Design) การควบคุมความต้องการในการใช้พาหนะมอเตอร์(Demand management)

ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา มีงานวิจัยเกี่ยวกับการเลือกตัวบ่งชี้เชิงปริมาณและพัฒนามาตรการประกอบเพื่อประเมิน TOD ตัวอย่าง เช่น การปฏิบัติตามกรอบดัชนี TOD ที่มีศักยภาพของ Singh et al (2012) [28] และใช้ความหนาแน่นของที่อยู่อาศัย ความหนาแน่นเชิงพาณิชย์ ระดับการใช้ที่ดินแบบผสมผสาน และความหนาแน่นของธุรกิจเพื่อวัดค่า TOD-ness ในเนเธอร์แลนด์โดยอิงจากการทดสอบพื้นที่เป็นประจำ Singh et al (2014) [27] เลือกตัวบ่งชี้ 13 ตัว ซึ่งสามารถจัดกลุ่มได้เป็นสี่เกณฑ์ และนำแพลตฟอร์มการประเมินเกณฑ์เชิงพื้นที่ (SMCA) มาใช้เพื่อสร้างดัชนี TOD แบบประกอบ (composite TOD) ตามสถานที่สำหรับเขตเมือง Arnhem Nijmegen ในเนเธอร์แลนด์ The Institute for Transportation & Development Policy , ITDP (2014) [40] เสนอตัวบ่งชี้ 21 ตัว สำหรับการประเมินโครงการ TOD ซึ่งสามารถจัดกลุ่มได้เป็นการเดิน การขี่จักรยาน การขนส่ง การเชื่อมต่อ การผสมผสาน การเพิ่มความหนาแน่น ความกระชับ และการเคลื่อนย้าย

Zhang (2007) [33] นำเสนอแบบจำลอง TOD ที่ใช้งานได้ ซึ่งมีลักษณะเป็น 5 มิติ ซึ่งแต่ละมิติมีค่าเสมอกัน กรอบการทำงานประกอบด้วยคุณลักษณะห้าประการ ได้แก่ ความหนาแน่นที่แตกต่างกัน (differentiated density) เขตเชื่อมต่อท่าเรือ(dockized district) การออกแบบที่ละเอียดอ่อน(delicate design) ปลายทางที่หลากหลาย (diverse destination) และการจ่ายเงินปันผล (distributed dividends) Jiang et al (2017) [19] ชี้ให้เห็นว่าตัวชี้วัด TOD ก่อนหน้ามุ่งเน้นไปที่การวัดระดับพื้นที่ใกล้เคียงเป็นหลัก มีความพยายามที่จะกำหนดลักษณะ TOD ทั่วทั้งเมืองของจีน พวกเขาได้พัฒนาการวัดปริมาณระดับระบบสี่แบบและตัวชี้วัดระดับสถานี 13 ตัวของคุณภาพ TOD โดยสังเคราะห์ดัชนี TOD ทั่วทั้งเมืองเพื่อเปรียบเทียบการพัฒนาพื้นที่ใน 24 เมืองในจีนในออกเป็นสองมิติ

Singh (2014) [27] อ้างถึง Evan & Pratt, 2007 [40] ให้เหตุผลว่า "การกำหนดตัวชี้วัด TOD หรือการกำหนดลักษณะของ TOD จะต้องสามารถวัดปริมาณได้" และมีความเหมาะสมสำหรับ "การประเมินเชิงคาดการณ์ล่วงหน้ามากกว่าการประเมินย้อนหลัง" กรอบงานของ Jiang et al (2017) [19] มีความเกี่ยวข้องกับ TOD เป็นพิเศษ เนื่องจากใช้ตัวบ่งชี้เชิงปริมาณเพื่อวัดลักษณะเฉพาะของพื้นที่สถานีและสร้างขึ้นตาม

บริบทของจีน ผู้วิจัยได้ติดตาม Jiang et al (2017) [19] เพื่อปรับกรอบตัวบ่งชี้คุณภาพ TOD ในการแบ่งแยกระดับของสถานี

จากงานวิจัยที่ผ่านมา [36] ได้มีการศึกษาค่า TOD SCORE ของเมืองปักกิ่งและประเทศสิงคโปร์ซึ่งมีความหนาแน่นประชากรใกล้เคียงกัน โดยทำการวิเคราะห์ใน 4 มิติ คือ ความหนาแน่น ความหลากหลาย การออกแบบ และการเชื่อมต่อ ผลปรากฏว่าประเทศสิงคโปร์มี TOD SCORE โดยรวมสูงกว่าประเทศจีน

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะคำนวณค่า TOD SCORE ของสถานีรถไฟฟ้าที่ดำเนินการอยู่ในปัจจุบันของประเทศไทย เพื่อทำการเปรียบเทียบจุดแข็งจุดอ่อนของแต่ละสถานี เพื่อให้สามารถกำหนดแนวทางการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีรถไฟของแต่ละสถานี ซึ่งทำให้การใช้ประโยชน์ของที่ดินรอบสถานีรถไฟฟ้ามีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งส่งผลดีต่อหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่ต้องทำโครงการปรับปรุงพื้นที่รอบสถานีรถไฟฟ้า และผู้ได้รับประโยชน์สูงสุดของการพัฒนาพื้นที่รอบสถานี คือ ประชาชนผู้ใช้บริการรถไฟฟ้า โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลรอบสถานีรถไฟฟ้า เช่น ความหนาแน่นประชากร จำนวนศูนย์การค้า ความหนาแน่นถนน ความหลากหลายของการใช้ที่ดิน จำนวนสายรถประจำทาง ฯลฯ เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่า TOD SCORE ผลการวิจัยที่ได้สามารถนำมาอ้างอิงกับการวิเคราะห์ผลกระทบของโครงการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งจะช่วยให้หน่วยงานภาครัฐสามารถตัดสินใจวางแผนโครงการสำหรับพัฒนากรุงเทพมหานครได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ของงานวิจัย 4 ข้อ คือ

1) สามารถคำนวณค่าการพัฒนาพื้นที่รอบสถานี TOD SCORE ของสถานีแต่ละแห่งได้

2) สามารถวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละสถานีได้ โดยการเปรียบเทียบ TOD SCORE

3) สามารถกำหนดแนวทางการพัฒนา “โครงการพัฒนาพื้นที่รอบสถานี” ได้ในอนาคต โดยย้ายคนที่ใช้ยานพาหนะส่วนตัว มาใช้ระบบขนส่งมวลชนให้มากขึ้น

4) สามารถพัฒนาตัวแบบการคำนวณ TOD SCORE สำหรับสถานีรถไฟฟ้าในประเทศไทยได้

1.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในงานวิจัยนี้ คือ สถานีรถไฟฟ้าทั้งหมดในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทั้งสถานีที่เปิดให้บริการอยู่และสถานีที่ยังไม่เปิดให้บริการ

กลุ่มตัวอย่าง คือ สถานีรถไฟฟ้ามหานคร MRT สายสีม่วง รวมทั้งสิ้น 53 สถานี โดยมีสถานีเตาปูนเป็นสถานีร่วมของรถไฟฟ้าทั้งสองสาย

2. การพัฒนาพื้นที่โดยรอบสถานี (Transit oriented development :TOD)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์หลักการของ TOD 6 มิติ ซึ่งในแต่ละมิติ มีดังนี้

1) ความหนาแน่น (Density) หมายถึง จำนวนครัวเรือน จำนวนประชากร จำนวนงาน ใน 1 หน่วยพื้นที่ การพัฒนาความหนาแน่นสูงใช้หลักการที่ว่า “การวางตำแหน่งของอาคารที่อยู่อาศัย สิ่งอำนวยความสะดวก และสถานที่ทำงานให้อยู่ใกล้กับแหล่งคมนาคมขนส่งที่สำคัญจะช่วยเพิ่มความสะดวกสบาย ส่งผลให้คนเดินและใช้ระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้น”

2) การออกแบบ (Design) หมายถึง ส่วนผสมการใช้ที่ดิน การเข้าถึงสถานีขนส่งอย่างราบรื่นและปลอดภัย(การสร้างทางเดินเท้า ทางจักรยาน ไฟถนน) และการจัดวางสิ่งอำนวยความสะดวก เช่น ม้านั่ง สวนสาธาระ การจัดสวน และห้องสมุด ย่านที่ได้รับการออกแบบที่ดีจะคำนึงถึงความสามารถในการเดินและขี่จักรยาน เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานระบบขนส่งมวลชน ส่งผลให้มีจำนวนผู้โดยสารมากขึ้น

3) ระยะทางในการส่งผ่าน (Distance to transit) หมายถึง ระยะทางในการเข้าถึงสถานีขนส่ง ยิ่งระยะทางใกล้ยิ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของการขนส่งสาธารณะ ซึ่งพฤติกรรมของคนในแต่เมืองจะมีการตัดสินใจเดินที่ระยะทางแตกต่างกัน

4) การเข้าถึงปลายทาง (Destination accessibility) หมายถึง ความหลากหลายของการเข้าถึงจุดหมายปลายทางของการส่ง เช่น ที่ทำงาน ศูนย์บริการ การพักผ่อนหย่อนใจ และอื่นๆ

5) การจัดการความต้องการ (Demand management) หมายถึง กิจกรรม วิธีการ หรือโปรแกรมใดๆ ที่ลดการเดินทางด้วยยานพาหนะ เพื่อให้ใช้ทรัพยากรขนส่งอย่างมีคุณภาพ เช่น บริการรถร่วม

6) ความหลากหลาย (Diversity) หมายถึง การผสมผสานของการใช้งานที่แตกต่างกันและระดับของความสมดุล การออกแบบทางกายภาพที่หลากหลาย อาณาจักรสาธารณะที่ขยายตัว และการรวมกลุ่มทางสังคมที่หลากหลายของเชื้อชาติ ชาติพันธุ์ เพศ อายุ อาชีพ และครัวเรือนที่แตกต่างกัน เช่น ชนิดของสถานที่ต่าง ๆ รอบสถานี

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการรวมปัจจัย 6 มิติ ให้เป็น 4 มิติ โดยทำการรวมมิติด้านการออกแบบ และมิติด้านระยะทางเข้าเป็นมิติเดียวกัน และทำการรวมมิติด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อเป็นมิติเดียวกัน เพื่อความสะดวกในการจัดกลุ่มข้อมูลที่ส่งผลต่อค่า TOD SCORE คือ 1) ความหนาแน่น (Density) 2) ความหลากหลาย (Diversity) 3) การออกแบบและระยะทาง (Design and Distance) 4) จุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ (Destination and Connectivity) และนำปัจจัยทั้งหมดมาวิเคราะห์หาค่า TOD SCORE จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่า TOD SCORE ของแต่ละสถานี เพื่อหาจุดแข็งจุดอ่อนของแต่ละสถานี ดังแสดงใน**รูปที่ 1** โดย**รูปที่ 1** ได้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับการนำข้อมูลตัวแปรในแต่ละปัจจัยมาวิเคราะห์ค่าคะแนนของแต่ละปัจจัย เพื่อนำมาหาค่า TOD SCORE โดยตัวแปรในแต่ละมิติผู้วิจัยได้ประยุกต์มาจากงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต [27],[28],[33],[36]

รูปที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ของแต่ละตัวแปรในการคำนวณ TOD SCORE

จาก**รูปที่ 1** ตัวแปรต้น สำหรับงานวิจัยนี้ คือ 1) ความหนานแน่นประชากร 2) จำนวนจุดที่สนใจ (POI) 3) อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) 4) ความหลากหลายของการใช้ที่ดิน 5) จำนวนร้านค้ารอบสถานี 6) ความหนาแน่นถนน 7) จำนวนที่จอดรถ 8) อัตราส่วนของพื้นที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (OSR) 9) จำนวนสายรถประจำทาง 10) จำนวนทางเข้าออกสถานีรถไฟ 11) จำนวนโรงเรียน 12) จำนวนคอนโด 13) จำนวนหมู่บ้าน

ตัวแปรตาม สำหรับงานวิจัยนี้ คือ ค่าคะแนนของปัจจัยในแต่ละมิติ ซึ่งถ้าหากนำค่าคะแนนของแต่ละปัจจัยมารวมกันก็จะได้ค่า TOD SCORE ของแต่ละสถานี

3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรในงานวิจัยนี้ คือ สถานีรถไฟฟ้าในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ทั้งสถานีที่เปิดให้บริการอยู่และสถานีที่ยังไม่เปิดให้บริการ

กลุ่มตัวอย่าง คือ สถานีรถไฟฟ้ามหานคร MRT ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ที่เปิดให้บริการในปัจจุบัน จำนวน 53 สถานี แบ่งออก 2 สาย คือ สายเฉลิมรัชมงคล(สายสีน้ำเงิน) 38 สถานี และสายฉลองรัชธรรม(สายสีม่วง) 16 สถานี

3.3 การเก็บรวมรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากผู้จัดการสถานีรถไฟฟ้า จำนวน 53 สถานี ที่เปิดให้บริการในปัจจุบัน โดยมุ่งเน้นไปที่ตัวแปรของแต่ละปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า TOD SCORE คือ จุดปลายทาง(Destination) ความหลากหลาย(Diversity) ความหนาแน่น(Density) ระยะทาง(Distance) การออกแบบ (Design) การควบคุมความต้องการในการใช้พาหนะมอเตอร์ (Demand management) ซึ่งผู้วิจัยได้แสดงไว้ใน**ตารางที่ 1**

สำหรับปัจจัยในมิติของความหนาแน่น (Density) ได้แก่ ความหนาแน่นประชากร (คน/ครัวเรือน) จำนวน POI และFAR (อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน)

สำหรับปัจจัยในมิติของความหลากหลาย (Diversity) ได้แก่ ความหลากหลายของการใช้ที่ดิน จำนวนร้านค้ารอบสถานี

สำหรับปัจจัยในมิติของการออกแบบและระยะทาง (Design and Distance) ได้แก่ ความหนาแน่นถนน จำนวนที่จอดรถ อัตราส่วนของพื้นที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (OSR)

สำหรับปัจจัยในมิติของการออกแบบ (Design) และระยะทาง (Distance) ได้แก่ จำนวนทางเข้าสถานีรถไฟ พื้นที่ทางเดินเท้า และพื้นที่ขี่จักรยาน

สำหรับการเก็บรวบรวมของปัจจัยต่าง ๆ จะทำการลงพื้นที่สำรวจ และรวบรวมข้อมูลจากบริษัททางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพจำกัด (BEM) และกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 1 การเก็บข้อมูลแต่ละตัวแปร

มิติ	ตัวบ่งชี้พื้นฐาน	ผลกระทบต่อ TOD	นิยามทางการปฏิบัติ	แหล่งข้อมูล
ความหนาแน่น (Density)	ความหนาแน่นประชากร (คน/ตร.กม.)	+	จำนวนประชากรต่อพื้นที่ในแต่ละแขวงหรือตำบล	1)ลงพื้นที่สำรวจข้อมูล 2)สำนักงานสถิติแห่งชาติ 3)แผนที่ออนไลน์ 4)BEM
	จำนวน POI	+	จำนวนสถานที่ที่สนใจ คือ คอนโด หมู่บ้าน โรงเรียน ร้านสะดวกซื้อ คลินิก บริษัท คลังสินค้า จุดรับส่งสินค้า ที่จอดรถ	
	FAR (อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน)	+	อัตราส่วนของอาคารรวมต่อพื้นที่ดิน	
ความหลากหลาย (Diversity)	ความหลากหลายของการใช้ที่ดิน		คำนวณค่า POI MIX	
	จำนวนร้านค้ารอบสถานี		จำนวนร้านค้าที่อยู่รอบสถานีในรัศมี 500 m	
การออกแบบและระยะทาง (Design and Distance)	ความหนาแน่นถนน	+	ความยาวถนนในพื้นที่ TOD (รัศมี 500 m)	
	จำนวนที่จอดรถ	-	จำนวนสิ่งปลูกสร้าง เช่น อาคารจอดรถ ในรัศมี 500 m	
	OSR (อัตราส่วนของพื้นที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม)	-	อัตราส่วนของพื้นที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม	

ตารางที่ 1 การเก็บข้อมูลแต่ละตัวแปร (ต่อ)

มิติ	ตัวบ่งชี้พื้นฐาน	ผลกระทบต่อ TOD	นิยามทางการปฏิบัติ	แหล่งข้อมูล
จุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ (Destination and Connectivity)	จำนวนสายรถประจำทาง	+	จำนวนรถประจำทางที่วิ่งผ่านสถานี	1)ลงพื้นที่สำรวจข้อมูล 2)สำนักงานสถิติแห่งชาติ 3)แผนที่ออนไลน์ 4)BEM
	จำนวนทางเข้าออกสถานีรถไฟ	+	จำนวนทางเข้าออกสถานีรถไฟ	
	จำนวนโรงเรียน	+	จำนวนโรงเรียนในรัศมี 500 m	
	จำนวนคอนโด	+	จำนวนคอนโดในรัศมี 500 m	
	จำนวนหมู่บ้าน	+	จำนวนหมู่บ้านในรัศมี 500 m	

3.4 ตัวบ่งชี้ในมิติของความหนาแน่น (Density Indicators)

ความหนาแน่น หมายถึง จำนวนประชากรต่อจำนวนบ้าน จำนวนสถานที่รอบ ๆ สถานี (Points of interest : POI) อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อที่ดิน (FAR) ในรัศมี 500 m. ถ้ามีความหนาแน่นมากบ่งชี้ว่ามีค่า TOD มาก ที่ผู้วิจัยเลือกตัวแปรเหล่านี้ เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมา [27],[28],[33],[36] ได้ใช้ค่าเหล่านี้ในการคำนวณ TOD

3.5 ตัวบ่งชี้ในมิติของความหลากหลาย (Diversity Indicators)

ผู้วิจัยใช้จำนวน Point of interest (POI) ในการคำนวนค่า Mix ดังแสดงในสมการที่ (1) และใช้ค่า Mix เป็นตัวแทนของความหลากหลาย โดย POI แบ่งออกเป็น 9 ชนิด คือ จำนวนคอนโด หมู่บ้านโรงเรียน คลินิก ร้านสะดวกซื้อ บริษัทคลังสินค้า จุดบริการขนส่งพัสดุ และที่จอดรถ

$$Mix_{\text{ขน}} \frac{1}{\ln n}\sum_{i=1}^{n} p_i \ln p_i \qquad (1)$$

Mix หมายถึง ระดับของการผสมผสาน (mixing degree)

pi หมายถึง เปอร์เซนต์ของจุดที่สนใจ (Point of Interest: POI) แต่ละแบบ

i หมายถึง ชนิดของ POI

n หมายถึง จำนวนชนิดของ POI

ที่ผู้วิจัยเลือกตัวแปรเหล่านี้ เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมา [27],[28],[33],[36] ได้ใช้ค่าเหล่านี้ในการคำนวณ TOD

3.6 ตัวบ่งชี้ในมิติของการออกแบบและระยะทาง (Design and Distance Indicators)

ผู้วิจัยใช้ ความหนาแน่นถนน จำนวนที่จอดรถรอบสถานี OSR (อัตราส่วนของพื้นที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม) สัดส่วนพื้นที่อาคารต่อพื้นที่ TOD เพื่อคำนวณ TOD ในมิติของการออกแบบและระยะทาง ที่ผู้วิจัยเลือกตัวแปรเหล่านี้ ที่ผู้วิจัยเลือกตัวแปรเหล่านี้ เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมา [27],[28],[33],[36] ได้ใช้ค่าเหล่านี้ในการคำนวณ TOD

3.7 ตัวบ่งชี้ในมิติของจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ (Destination and Connectivity Indicators)

ผู้วิจัยใช้จำนวนสายรถประจำทาง จำนวนทางเข้าออกสถานีรถไฟ จำนวนโรงเรียน จำนวนคอนโดจำนวนหมู่บ้าน เพื่อคำนวณ TOD ในมิติของจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ ที่ผู้วิจัยเลือกตัวแปรเหล่านี้ เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมา[27],[28],[33],[36] ได้ใช้ค่าเหล่านี้ในการคำนวณ TOD

4. การคำนวณค่า TOD SCORE

สำหรับการคำนวณ TOD Score ผู้วิจัยได้ใช้วิธีถ่วงน้ำหนักแบบ Information entropy weight method (IEW) เพื่อกำหนดน้ำหนักของแต่ละตัวแปร [19],[36] ซึ่งถูกพัฒนาครั้งแรกโดย Shanon and Weaver [25]โดยมีขั้นตอนการคำนวณดังต่อไปนี้

4.1 การสร้างเมตริกซ์การตัดสินใจ (Decision matrix construction)

สร้างเมตริกซ์ข้อมูล (Data matrix) $X=(X_{ij})m \times n$ โดย m คือ จำนวนสถานี และ n คือ จำนวนตัวชี้วัด TOD (TOD indicator) เมื่อ X_{ij} คือ ค่าของตัวชี้วัด j ของสถานี i

4.2 การสร้างมาตราฐานของเมตริกซ์การตัดสินใจ (Normalization of the decision matrix)

กำจัดผลกระทบจากหน่วยที่แตกต่างกันของแต่ละตัวแปร เพื่อให้ได้ค่าดัชนีเชิงปริมาณสำหรับตัวแปรเดียวกัน เรียกว่า X'_{ij} โดยแต่ละตัวแปรสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2) โดยสำหรับปัจจัยที่ส่งผลกระทบเป็นบวกต่อ TOD สามารถหาค่าได้ดังนี้

$$X'_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{jj_{\text{รถหาค}}}}{X_{jj_{\text{รถหาค}}} - X_{jj_{\text{รถหาค}}}} \quad (2)$$

สำหรับปัจจัยที่ส่งผลกระทบเป็นลบต่อ TOD สามารถหาค่าได้ดังสมการที่ (3)

$$X'_{ij} = \frac{X_{jj_{\text{รที่}}} - X_{ij}}{X_{jj_{\text{รที่}}} - X_{jj_{\text{รที่}}}} \quad (3)$$

โดย

X'_{ij} คือ ค่าดัชนีชี้วัดระดับเชิงปริมาณของแต่ละตัวชี้วัดที่ส่งผลต่อ TOD

X_{ij} คือ ค่าของตัวชี้วัด j ของสถานี i

$X_{j\,min}$ คือ ค่าต่ำสุดของตัวชี้วัดนั้น เทียบจากทุกสถานีที่คำนวณ

$X_{j\,max}$ คือ ค่าสูงสุดของตัวชี้วัดนั้น เทียบจากทุกสถานีที่คำนวณ

4.3 คำนวณค่าเอนโทรปี (entropy) ของแต่ละตัวบ่งชี้

ค่าเอนโทรปีของตัวบ่งชี้ j สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (4)

$$H_j = \frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^{m} p_{ij} \ln p_{ij} \quad (4)$$

โดย

Hij คือ ค่าเอนโทรปีของแต่ละตัวบ่งชี้

m คือ จำนวนสถานี

pij คือ สัดส่วนของค่าชี้วัดเชิงปริมาณของตัวบ่งชี้ j ของสถานี i กับผลรวมค่าชี้วัดทุกสถานี

สำหรับค่า p_{ij} ในสมการที่ (4) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (5)

$$p_{ij} = \frac{X'_{ij}}{\sum_{k=1}^{m} X'_{kj}} \quad (5)$$

โดย i = 1,2,3,…,m และ j = 1,2,3, … , n

m และ n คือ จำนวนสถานีและจำนวนตัวบ่งชี้ ตามลำดับ

ถ้า $p_{ij} = 0$ ให้ถือว่า $\ln p_{ij} = 0$

โดยทั่วไปถ้าค่า H_{ij} มีค่าน้อย บ่งบอกถึง ระดับความเบี่ยงเบนและจำนวนข้อมูลที่มาก ส่งผลต่อค่าน้ำหนักที่มากขึ้นในการคำนวณ TOD

4.4 คำนวณสัมประสิทธิ์ของความไม่สมดุล (imbalance coefficient) ของแต่ละตัวบ่งชี้

ค่าสัมประสิทธิ์ของความไม่สมดุล สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (6)

$$G_j = 1 - H_j \quad (6)$$

โดย

G_j คือ ความเบี่ยงเบนของสัมประสิทธิ์ของตัวบ่งชี้ j

H_{ij} คือ ค่าเอนโทรปีของแต่ละตัวบ่งชี้

4.5 คำนวณน้ำหนักของแต่ละตัวแปร

การกำหนดนำหนักตัวแปรสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (7)

$$W_j = \frac{G_j}{\sum_{1}^{n} G_j} \quad (7)$$

โดย

W_j คือ น้ำหนักของตัวบ่งชี้ ตัวที่ j

G_j คือ ความเบี่ยงเบนของสัมประสิทธิ์ของตัวบ่งชี้ j

n คือ จำนวนตัวบ่งชี้ n ที่ส่งผลต่อ TOD

4.6 คำนวณ TOD SCORE ของแต่ละสถานี

การคำนวณค่าการพัฒนาพื้นที่ของแต่ละสถานีสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (8)

$$V_i = \sum_{j=1}^{n} W_j X'_{ij} \times 100 \quad (8)$$

โดย

V_i คือ ค่าคะแนน TOD (TOD SCORE) ของแต่ละสถานี i

n คือ จำนวนตัวบ่งชี้ n ที่ส่งผลต่อ TOD

W_j คือ น้ำหนักของตัวบ่งชี้ ตัวที่ j

X'_{ij} คือ ค่าดัชนีชี้วัดระดับเชิงปริมาณของแต่ละตัวชี้วัดที่ส่งผลต่อ TOD

4.7 ค่าน้ำหนักที่ได้จากการคำนวณ TOD SCORE

ผู้วิจัยใช้วิธี IEW เพื่อคำนวณค่าน้ำหนักได้ผลลัพธ์ดัง**ตารางที่ 2**

ตารางที่ 2 ปัจจัยบ่งชี้ TOD และการคำนวณน้ำหนักด้วยวิธี IEW

มิติ	ตัวบ่งชี้พื้นฐาน	ผลกระทบต่อ TOD	น้ำหนัก		
			รวมสองสาย	สายสีน้ำเงิน	สายสีม่วง
ความหนาแน่น (w=0.1227)	ความหนาแน่นประชากร (คน/ครัวเรือน)	+	0.0457	0.0527	0.0694
	จำนวนจุดที่สนใจ (POI)	+	0.0594	0.0566	0.0652
	FAR (อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน)	+	0.0176	0.0223	0.0609
ความหลากหลาย (w=0.1463)	ค่าความหลากหลายของการใช้ที่ดิน	+	0.0171	0.0243	0.0568
	จำนวนร้านค้ารอบสถานี	+	0.1293	0.1118	0.0919
การออกแบบและระยะทาง (w=0.0932)	ความหนาแน่นถนน	+	0.0465	0.0502	0.0611
	จำนวนที่จอดรถ	-	0.0380	0.0342	0.0598
	OSR (อัตราส่วนของพื้นที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม)	-	0.0087	0.0112	0.1059
จุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ (w=0.6378)	จำนวนสายรถประจำทาง	+	0.0964	0.0967	0.0687
	จำนวนทางเข้าออกสถานีรถไฟ	+	0.0509	0.0657	0.0588
	จำนวนโรงเรียน	+	0.1653	0.1607	0.1055
	จำนวนคอนโด	+	0.1005	0.0966	0.0760
	จำนวนหมู่บ้าน	+	0.2245	0.2169	0.1198

จาก**ตารางที่ 2** ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้จำนวน 13 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 4 มิติ คือ 1)ความหนาแน่น 2)ความหลากหลาย 3)การออกแบบและระยะทาง 4)จุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ โดยได้ค่าน้ำหนัก 0.1227 0.1463 0.0932 และ 0.6378 ตามลำดับ โดยผู้วิจัยได้คำนวณค่าน้ำหนักแยกเป็น 3 รูปแบบ คือ 1)คิดน้ำหนักรวมทุกสถานีของทั้ง 2 เส้นทาง 2)คิดน้ำหนักเฉพาะสถานีสายเฉลิมรัชมงคล(สีน้ำเงิน) 3)คิดน้ำหนักเฉพาะสถานีสายฉลองรัชธรรม(สีม่วง) สำหรับผลการคำนวณค่าน้ำหนักพบว่ารถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคล(สีน้ำเงิน) มีค่าน้ำหนักของมิติด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อมากกว่าสายฉลองรัชธรรม(สีม่วง) โดยค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้ที่มีค่ามากกว่า ได้แก่ จำนวนสายรถประจำทาง จำนวนทางเข้าออกสถานีรถไฟ จำนวนคอนโด จำนวนหมู่บ้าน และในทางตรงกันข้ามรถไฟฟ้าสายฉลองรัช

ธรรม(สีม่วง) มีค่าน้ำหนักของมิติด้านความหนาแน่น มิติด้านความหลากหลาย และมิติการออกแบบและระยะทางมากกว่าสายเฉลิมรัชมงคล(สีน้ำเงิน) โดยค่าน้ำหนักของตัวบ่งชี้ที่มีค่ามากกว่า ได้แก่ ความหนาแน่นประชากร จำนวนจุดที่สนใจ (POI) อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน (FAR) ค่าความหลากหลายของการใช้ที่ดิน จำนวนร้านค้ารอบสถานี ความหนาแน่นถนน จำนวนที่จอดรถ อัตราส่วนของพื้นที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม (OSR)

5. ผลการคำนวณค่า TOD SCORE

ผู้วิจัยได้คำนวณค่าสถิติของ TOD SCORE ในแต่ละมิติ โดยค่าสถิติที่ใช้ในการคำนวณได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด โดยการคำนวณแยกออกเป็น 3 ชุด คือ โดยชุดแรก คือ 1)การคำนวณรวมทั้งสองสายจำนวน 53 สถานี 2)การคำนวณเฉพาะสายเฉลิมรัชมงคล(สีน้ำเงิน) 3)การคำนวณเฉพาะสายฉลองรัชธรรม(สีม่วง) โดยผลการคำนวณได้ดัง**ตารางที่ 3**

ตารางที่ 3 สรุปค่าทางสถิติของ TOD SCORE

สาย รถไฟฟ้า	ค่าสถิติ	คะแนนความหนาแน่น	คะแนนความหลากหลาย	คะแนนการออกแบบและระยะทาง	คะแนนจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ	TOD Score
	Statistical Value	(Density Score)	(Diversity Score)	(Design and Distance Score)	(Destination and Connectivity Score)	
รวมสองสาย n=53	ค่าเฉลี่ย	4.55	3.82	5.35	16.07	29.79
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	1.64	2.72	1.47	8.11	10.37
	ค่าต่ำสุด	1.88	0.00	2.05	2.43	13.73
	ค่าสูงสุด	10.50	14.45	8.92	37.42	61.34
สายสีน้ำเงิน n=37	ค่าเฉลี่ย	5.10	3.86	5.36	17.32	31.64
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	1.88	2.39	1.41	10.25	11.83
	ค่าต่ำสุด	2.18	0.30	2.36	3.55	14.65
	ค่าสูงสุด	11.96	13.30	9.13	46.78	63.71
สายสีม่วง n=16	ค่าเฉลี่ย	9.36	6.61	10.25	16.54	42.77
	ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐาน	2.09	2.96	5.00	5.51	10.87
	ค่าต่ำสุด	6.59	0.00	3.44	6.31	27.01
	ค่าสูงสุด	14.28	14.42	18.57	26.52	63.48

จาก**ตารางที่ 3** พบว่าค่าเฉลี่ยรวมของ TOD SCORE ของสถานีรถไฟฟ้าทั้งสองสาย คือ 29.79 คะแนน โดยสายสีน้ำเงินมีค่าเฉลี่ย 31.64 คะแนน สายสีม่วงมีค่าเฉลี่ย 42.77 คะแนน จึงสรุปได้ว่าในภาพรวมของ TOD SCORE สายสีม่วงมีค่าเฉลี่ยมากกว่าสายสีน้ำเงิน สำหรับส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของ TOD SCORE ทั้งสองสาย พบว่าสายสีน้ำเงินมีค่ามากกว่าสายสีม่วง บ่งบอกถึงการกระจายตัวของ TOD SCORE ที่มากกว่า สำหรับค่า TOD SCORE สูงสุด

สายสีน้ำเงินมีค่ามากกว่าสายสีม่วง และค่า TOD SCORE ต่ำสุด ของสายสีน้ำเงินมีค่าน้อยกว่าสายสีม่วง สำหรับค่า TOD SCORE ของแต่ละสถานีของรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินและสายสีม่วงได้แสดงไว้ใน**ตารางที่ 4** และ**ตารางที่ 5** ตามลำดับ

สำหรับมิติด้านความหนาแน่น สายสีน้ำเงินมีค่าเฉลี่ยของ TOD SCORE มากกว่าสายสีม่วง ส่วนเบี่ยงมาตราฐานสายสีม่วงมีค่ามากกว่าสายสีน้ำเงินบ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูลที่มากกว่า ค่าสูงสุดของสายสีม่วงมีค่ามากกว่าสายสีน้ำเงิน ค่าต่ำสุดของสายสีน้ำเงินมีค่ามากกว่าสายสีม่วง

สำหรับมิติด้านความหลากหลาย สายสีม่วงมีค่าเฉลี่ยของ TOD SCORE มากกว่าสายสีน้ำเงิน ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานสายสีม่วงมีค่ามากกว่าสายสีน้ำเงินบ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูลที่มากกว่า ค่าสูงสุดของสายสีม่วงมีค่ามากกว่าสายสีน้ำเงิน ค่าต่ำสุดของสายสีม่วงมีค่าน้อยกว่าสายสีน้ำเงิน

สำหรับมิติด้านการออกแบบและระยะทาง สายสีม่วงมีค่าเฉลี่ยของ TOD SCORE มากกว่าสายสีน้ำเงิน ส่วนเบี่ยงมาตราฐานสายสีม่วงมีค่ามากกว่าสายสีน้ำเงินบ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูลที่มากกว่า ค่าสูงสุดของสายสีม่วงมีค่ามากกว่าสายสีน้ำเงิน ค่า TOD SCORE ต่ำสุด ของสายสีน้ำเงินมีค่าน้อยกว่าสายสีม่วง

สำหรับมิติด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ สายสีน้ำเงินมีค่าเฉลี่ยของ TOD SCORE มากกว่าสายสีม่วง ส่วนเบี่ยงเบนมาตราฐานของสายสีน้ำเงินมีค่ามากกว่าสายสีม่วงบ่งบอกถึงการกระจายของข้อมูลที่มากกว่า ค่าสูงสุดของสายสีน้ำเงินมีค่ามากกว่าสายสีม่วง

ตารางที่ 4 ค่า TOD SCORE แยกตามสถานีของสถานีรถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคล(สีน้ำเงิน)

สถานี / TOD	TOD SCORE	Density Score	Diversity Score	Design and Distance Score	Destination and Connectivity Score
ท่าพระ	63.71	8.36	3.60	4.97	46.78
จรัญ 13	35.19	5.61	5.46	5.53	18.59
ไฟฉาย	41.76	7.96	13.30	3.60	16.91
บางขุนนนท์	28.01	6.07	1.62	5.15	15.16
บางยี่ขัน	30.31	5.97	4.71	2.67	16.95
สิรินธร	44.19	4.76	4.75	4.01	30.66
บางพลัด	16.10	4.93	1.32	4.75	5.10
บางอ้อ	33.89	4.96	1.64	5.00	22.29
บางโพ	32.37	4.34	4.91	4.24	18.88
บางซื่อ	14.65	4.32	1.24	5.54	3.55
กำแพงเพชร	26.72	5.61	8.36	4.34	8.40
จตุจักร	29.32	3.53	3.08	5.19	17.51
พหลโยธิน	50.87	5.93	4.34	8.01	32.58
ลาดพร้าว	32.94	3.51	2.17	6.21	21.06
รัชดาภิเษก	36.96	7.76	4.62	4.69	19.88
สุทธิสาร	24.82	4.67	6.15	5.97	8.03
ห้วยขวาง	62.15	7.42	2.94	5.53	46.27
ศูนย์วัฒนธรรมแห่งชาติ	19.78	2.62	0.54	6.12	10.50
พระราม 9	30.85	3.61	0.30	8.57	18.37

ตารางที่ 4 ค่า TOD SCORE แยกตามสถานีของสถานีรถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคล(สีน้ำเงิน) (ต่อ)

สถานี / TOD	TOD SCORE	Density Score	Diversity Score	Design and Distance Score	Destination and Connectivity Score
เพชรบุรี	34.90	4.75	6.86	5.37	17.92
Sukhumvit	15.98	3.09	2.56	4.89	5.44
ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์	32.91	4.93	4.01	9.13	14.84
คลองเตย	26.89	4.66	4.67	6.81	10.75
ลุมพินี	20.80	3.49	2.94	7.30	7.07
สีลม	19.26	3.66	2.40	6.14	7.05
สามย่าน	35.83	11.96	3.14	6.47	14.26
หัวลำโพง	34.61	5.65	4.32	5.70	18.93
วัดมังกร	16.21	5.09	4.39	2.36	4.38
สามยอด	16.73	2.18	1.08	5.38	8.09
สนามไชย	20.73	2.48	1.71	4.68	11.86
อิสรภาพ	45.20	6.03	5.77	6.42	26.98
บางไผ่	34.86	3.63	5.30	5.31	20.62
บางหว้า	45.25	4.66	3.39	5.26	31.95
เพชรเกษม 48	34.17	5.53	5.97	4.17	18.49
ภาษีเจริญ	19.42	3.13	3.17	4.06	9.05
บางแค	24.83	5.49	2.72	5.14	11.47
หลักสอง	37.67	6.52	3.34	3.63	24.18

จาก**ตารางที่ 4** จะเห็นได้ว่าสถานีที่มีค่า TOD SCORE สูงสุด สามอันดับแรก ได้แก่ สถานีท่าพระ สถานีห้วยขวาง สถานีพหลโยธิน ตามลำดับ เพราะคะแนนสำหรับมิติด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อมากกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่มีค่า TOD SCORE ต่ำสุด สามอันดับแรก คือ สถานีบางซื่อ สถานีสุขุมวิท สถานีบางพลัด

สำหรับมิติด้านความหนาแน่น สถานีที่ได้คะแนนสูงสุดสามอันดับแรก คือ สถานีสามย่าน สถานีท่าพระ และสถานีไฟฉาย ตามลำดับ เพราะมีจำนวนจุดที่น่าสนใจ (POI) มากกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่ได้คะแนนต่ำสุดสามอันดับแรก คือ สถานีสามยอด สถานีสนามไชย และสถานีศูนย์วัฒนธรรมแห่งชาติ ตามลำดับ

สำหรับมิติด้านความหลากหลาย สถานีที่ได้คะแนนสูงสุดสามอันดับแรก คือ สถานีไฟฉาย สถานีกำแพงเพชร และสถานีเพชรบุรี ตามลำดับ เพราะมีค่าความหลากหลายของการใช้ที่ดิน (Mix) และจำนวนร้านค้ารอบสถานีมากกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่ได้คะแนนต่ำสุดสามอันดับแรก คือ สถานีพระราม 9 สถานีศูนย์วัฒนธรรมแห่งชาติ และสถานีสามยอด ตามลำดับ

สำหรับมิติด้านการออกแบบและระยะทาง สถานีที่ได้คะแนนสูงสุดสามอันดับแรก คือ สถานีศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ สถานีพระราม 9 และสถานีพหลโยธิน ตามลำดับ เพราะมีความหนาแน่นถนนมากกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่ได้คะแนนต่ำสุดสามอันดับแรก คือ สถานีวัดมังกร สถานีบางยี่ขัน และสถานีไฟฉาย ตามลำดับ

สำหรับมิติด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ สถานีที่ได้คะแนนสูงสุดสามอันดับแรก คือ สถานีท่าพระ สถานีห้วยขวาง และสถานีพหลโยธิน ตามลำดับ เพราะมี

จำนวนสายรถประจำทางและจำนวนคอนโดรอบสถานีมากกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่ได้คะแนนต่ำสุดสามอันดับแรก คือ สถานีบางซื่อ สถานีวัดมังกร และสถานีบางพลัด

ตารางที่ 5 ค่า TOD SCORE แยกตามสถานีของสถานีรถไฟฟ้าสายฉลองรัชธรรม(สีม่วง)

สถานี / TOD	TOD SCORE	Density Score	Diversity Score	Design and Distance Score	Destination and Connectivity Score
คลองบางไผ่	38.68	6.59	7.98	4.48	19.63
ตลาดบางใหญ่	44.29	9.28	10.91	4.60	19.49
สามแยกบางใหญ่	33.54	8.76	6.21	7.77	10.80
บางพลู	31.97	8.62	4.31	8.30	10.74
บางรักใหญ่	38.04	8.99	5.82	8.75	14.48
บางรักน้อยท่าอิฐ	27.01	7.68	5.12	7.91	6.31
ไทรม้า	63.48	13.37	14.42	12.09	23.60
สะพานพระนั่งเกล้า	29.13	6.81	5.07	3.44	13.82
แยกนนทบุรี 1	53.82	11.31	7.65	16.08	18.78
บางกระสอ	53.21	9.26	6.86	17.79	19.29
ศูนย์ราชการนนทบุรี	30.43	8.66	6.95	4.24	10.58
กระทรวงสาธารณสุข	37.94	8.51	0.00	18.57	10.86
แยกติวานนท์	52.73	9.75	7.30	18.22	17.46
วงศ์สว่าง	41.38	7.26	6.26	9.21	18.65
บางซ่อน	52.48	10.67	5.54	9.75	26.52
เตาปูน	56.20	14.28	5.42	12.87	23.63

จาก**ตารางที่ 5** จะเห็นได้ว่าสถานีที่มีค่า TOD SCORE สูงสุด สามอันดับแรก ได้แก่ สถานีไทรม้า สถานีเตาปูน และสถานีแยกนนทบุรี 1 ตามลำดับ เพราะคะแนนสำหรับมิติด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อมากกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่มีค่า TOD SCORE ต่ำสุด สามอันดับแรก คือ สถานีบางรักน้อยท่าอิฐ สถานีสะพานพระนั่งเกล้า และสถานีศูนย์ราชการนนทบุรี ตามลำดับ

สำหรับมิติด้านความหนาแน่น สถานีที่ได้คะแนนสูงสุดสามอันดับแรก คือ สถานีเตาปูน สถานีไทรม้า และสถานีแยกนนทบุรี 1 ตามลำดับ เพราะมีจำนวนจุดที่น่าสนใจ (POI) มากกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่ได้คะแนนต่ำสุดสามอันดับแรก คือ สถานีคลองบางไผ่ สถานีสะพานพระนั่งเกล้า และสถานีวงศ์สว่าง ตามลำดับ

สำหรับมิติด้านความหลากหลาย สถานีที่ได้คะแนนสูงสุดสามอันดับแรก คือ สถานีไทรม้า สถานีตลาดบางใหญ่ และสถานีคลองบางไผ่ ตามลำดับ เพราะมีค่าความหลากหลายของการใช้ที่ดินและจำนวนร้านค้ารอบสถานีมากกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่ได้คะแนนต่ำสุดสามอันดับแรก คือ สถานีกระทรวงสาธารณสุข สถานีบางพลู และสถานีสะพานพระนั่งเกล้า ตามลำดับ

สำหรับมิติด้านการออกแบบและระยะทาง สถานีที่ได้คะแนนสูงสุดสามอันดับแรก คือ สถานีกระทรวงสาธารณสุข สถานีแยกติวานนท์ และสถานีบางกระสอ ตามลำดับ เพราะมีความหนาแน่นถนนมากกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่ได้คะแนนต่ำสุดสามอันดับแรก คือ สถานีศูนย์ราชการนนทบุรี สถานีคลองบางไผ่ สถานีตลาดบางใหญ่ ตามลำดับ

สำหรับมิติด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ สถานีที่ได้คะแนนสูงสุดสามอันดับแรก คือ สถานีไทรม้า สถานีบางซ่อน และสถานีเตาปูน ตามลำดับ เพราะมีจำนวนสายรถประจำทางและจำนวนคอนโดรอบสถานีมากกว่าสถานีอื่น ๆ และสถานีที่ได้คะแนนต่ำสุดสามอันดับแรก คือ สถานีบางรักน้อย ท่าอิฐ สถานีศูนย์ราชการนนทบุรี และสถานีบางพลู ตามลำดับ

6. สรุปผล

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 คือ สามารถคำนวณค่าการพัฒนาพื้นที่รอบสถานี TOD SCORE ของสถานีแต่ละแห่งได้ ผู้วิจัยได้คำนวณค่า TOD SCORE ของสถานีรถไฟฟ้า 2 สาย คือ สายเฉลิมรัชมงคล(สีน้ำเงิน) และสายฉลองรัชธรรม(สีม่วง) จำนวนทั้งสิ้น 53 สถานี โดยผู้วิจัยได้แบ่งปัจจัยหลักออกเป็น 4 มิติ คือ 1) มิติด้านความหนาแน่น ตัวบ่งชี้ คือ จำนวนประชากรต่อจำนวนบ้าน จำนวนจุดที่สนใจ (POI) และค่า FAR(อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน) 2) มิติด้านความหลากหลาย ตัวบ่งชี้ คือ ความหลากหลายของการใช้ที่ดิน จำนวนร้านสะดวกซื้อรอบสถานี 3) การออกแบบและระยะทาง ตัวบ่งชี้ คือ ความหนาแน่นถนน จำนวนที่จอดรถ และ OSR (อัตราส่วนของพื้นที่ว่างต่อพื้นที่อาคารรวม) 4)จุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ ตัวบ่งชี้ คือ จำนวนสายรถประจำทาง จำนวนทางเข้าออกสถานีรถไฟ จำนวนโรงเรียน จำนวนคอนโด และจำนวนหมู่บ้าน

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 คือ สามารถวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละสถานีได้ โดยการเปรียบเทียบ TOD SCORE ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบ TOD SCORE ของแต่ละสถานี พบว่าค่าเฉลี่ยของ TOD SCORE ของสถานีรถไฟฟ้าสายฉลองรัชธรรม(สีม่วง) มีค่ามากกว่า TOD SCORE ของสถานีรถไฟฟ้าสายเฉลิมรัชมงคล(สีน้ำเงิน) เพราะสายสีม่วงมีที่อยู่อาศัยรอบสถานีโดยเฉลี่ยมากกว่าสายสีน้ำเงิน สำหรับมิติของความหนาแน่น และมิติด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ สถานีรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงินมี ค่าเฉลี่ยของ TOD SCORE มากกว่าสถานีรถไฟฟ้าสายสีม่วงเพราะมีจำนวนจุดที่น่าสนใจ POI รอบสถานี และจำนวนสายรถประจำทางและจำนวนคอนโดมากกว่าสถานีอื่น ๆ ในทางตรงกันข้าม สำหรับมิติด้านความหลากหลาย และมิติด้านการออกแบบและระยะทาง สถานีรถไฟฟ้าสายสีม่วงมี ค่าเฉลี่ยของ TOD SCORE มากกว่าสถานีรถไฟฟ้าสายสีน้ำเงิน เพราะมีค่าความหลากหลายของการใช้ที่ดินจำนวนร้านค้ารอบสถานี และความหนาแน่นถนนมากกว่าสถานีอื่น ๆ

สถานีที่มีค่า TOD SCORE รวมสูงสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีท่าพระ และสถานีที่มีค่าเฉลี่ย TOD SCORE รวมสูงสุดของสายสีม่วง คือ สถานีไทรม้า เพราะทั้งสองสถานีได้คะแนนในปัจจัยของมิติด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อมากกว่าสถานีอื่น ๆ ในมิติของความหนาแน่น สถานีที่มีค่า TOD SCORE สูงสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีสามย่าน สถานีที่มีค่า TOD SCORE สูงสุดของสายสีม่วง คือ สถานีเตาปูน เพราะทั้งสองสถานีมีจำนวนจุดที่น่าสนใจ (POI) มากกว่าสถานีอื่น ๆ ในมิติของความหลากหลาย สถานีที่มีค่า TOD SCORE สูงสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีไฟฉาย สถานีที่มีค่า TOD SCORE สูงสุดของสายสีม่วง คือ สถานีไทรม้า เพราะทั้งสองสถานีมีความหลากหลายของการใช้ที่ดิน (Mix) และจำนวนร้านค้ารอบสถานีมากกว่าสถานีอื่น ๆ ในมิติของการออกแบบและระยะทาง สถานีที่มีค่า TOD SCORE สูงสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ สถานีที่มีค่า TOD SCORE สูงสุดของสายสีม่วง คือ สถานีกระทรวงสาธารณสุข เพราะทั้งสองสถานีมีความหนาแน่นถนนมากกว่าสถานีอื่น ๆ ในมิติของจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ สถานีที่มีค่า TOD SCORE สูงสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีท่าพระ สถานีที่มีค่า TOD SCORE สูงสุดของสายสีม่วง คือ สถานีไทรม้า ตามลำดับ เพราะทั้งสองสถานีมีจำนวนสายรถประจำทางและจำนวนคอนโดรอบสถานีมากกว่าสถานีอื่น ๆ

สถานีที่มีค่า TOD SCORE รวมต่ำสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีบางซื่อ และสถานีที่มีค่าเฉลี่ย TOD SCORE รวมต่ำสุดของสายสีม่วง คือ สถานีบางรักน้อยท่าอิฐ เพราะมีคะแนนของแต่ละปัจจัยน้อยกว่าสถานีอื่น ๆ โดยเฉพาะปัจจัยด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ ในมิติของความหนาแน่น สถานีที่มีค่า TOD SCORE ต่ำสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีสามยอด สถานีที่มีค่า TOD SCORE ต่ำสุด

ของสายสีม่วง คือ สถานีคลองบางไผ่ เพราะทั้งสองสถานีมีจำนวนจุดที่น่าสนใจ (POI) น้อยกว่าสถานีอื่น ๆ ในมิติของความหลากหลาย สถานีที่มีค่า TOD SCORE ต่ำสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีพระราม 9 สถานีที่มีค่า TOD SCORE ต่ำสุดของสายสีม่วง คือ สถานีกระทรวงสาธารณสุข เพราะทั้งสองสถานีมีความหลากหลายของการใช้ที่ดิน (Mix) และจำนวนร้านค้ารอบสถานีน้อยกว่าสถานีอื่น ๆ ในมิติของการออกแบบและระยะทาง สถานีที่มีค่า TOD SCORE ต่ำสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีวัดมังกร สถานีที่มีค่า TOD SCORE ต่ำสุดของสายสีม่วง คือ สถานีศูนย์ราชการนนทบุรี เพราะทั้งสองสถานีมีความหนาแน่นถนนน้อยกว่าสถานีอื่น ๆ ในมิติของจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อ สถานีที่มีค่า TOD SCORE ต่ำสุดของสายสีน้ำเงิน คือ สถานีบางซื่อ สถานีที่มีค่า TOD SCORE ต่ำสุดของสายสีม่วง คือ สถานีบางรักน้อยท่าอิฐ เพราะมีจำนวนสายรถประจำทางและจำนวนคอนโดรอบสถานีมากกว่าสถานีอื่น ๆ

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 3 คือ สามารถกำหนดแนวทางการพัฒนา “โครงการพัฒนาพื้นที่รอบสถานี” ได้ในอนาคต ผู้วิจัยสามารถหาจุดเด่นจุดด้อยของสถานีในแต่ละมิติได้ โดยการคำนวณค่า TOD SCORE สถานีที่มีค่า TOD SCORE น้อย หน่วยงานภาครัฐและเอกชนสามารถปรับปรุงมิติที่มีคะแนนต่ำให้มีคะแนนสูงขึ้นได้ โดยการออกนโยบายการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชน ให้สอดคล้องกับ TOD SCORE เช่น จัดทำโครงการพัฒนาคอนโด หรือหมู่บ้านรอบพื้นที่สถานี เพื่อเพิ่ม FAR (อัตราส่วนพื้นที่อาคารรวมต่อพื้นที่ดิน) การสร้างพื้นที่สำหรับตั้งบริษัท เพื่อดึงดูดให้ประชากรไหลเข้าพื้นที่มากขึ้น การสร้างร้านค้า จุดให้บริการขนส่งสินค้า เพื่อเพิ่ม POI สิ่งเหล่านี้สามารถช่วยเพิ่มคะแนนมิติด้านความหนาแน่นได้ การสร้าง POI ให้มีความหลากหลายมากขึ้น สามารถช่วยเพิ่มคะแนนมิติด้านความหลากหลายได้ โครงการสร้างถนน สามารถช่วยเพิ่มคะแนนในมิติของการออกแบบและระยะทาง การเพิ่มจำนวนสายรถประจำทาง การเพิ่มทางเข้าออกสถานี สามารถช่วยเพิ่มคะแนนในมิติของจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อได้ การพัฒนาพื้นที่รอบสถานีสามารถใช้สถานีที่มีคะแนน TOD ในแต่ละมิติสูง เป็นต้นแบบในการพัฒนา

จากวัตถุประสงค์ข้อที่ 4 คือ สามารถพัฒนาตัวแบบการคำนวณ TOD SCORE สำหรับสถานีรถไฟฟ้าในประเทศไทยได้ ผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีการคำนวณ TOD SCORE โดยการเขียนโปรแกรมผ่านซอฟต์แวร์ได้ ถ้าหากมีผู้สนใจคำนวณค่า TOD SCORE ผู้วิจัยยินดีให้คำปรึกษาและสอนวิธีการคำนวณทั้งหมด ทั้งการสร้างเมตริกซ์ข้อมูล การคำนวณน้ำหนักให้แต่ละตัวแปร เพื่อพัฒนาวงการวิจัยสำหรับการขนส่งและการพัฒนาเมือง เพื่อให้สามารถกำหนดนโยบายและวางแผนพัฒนาแต่ละสถานีให้ตรงจุดมากขึ้น

7. อภิปรายผล

จากงานวิจัยที่ผ่านมา [36] ได้ทำการคำนวณ TOD SCORE ที่เมืองปักกิ่งและประเทศสิงคโปร์ โดยมีการใช้วิธี IEW ในการกำหนดน้ำหนักของปัจจัยในแต่ละมิติ สิ่งที่งานวิจัยนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมา คือ 1) งานวิจัยเดิมมิติด้านความหนาแน่นของงานวิจัยเดิมมีน้ำหนักมากที่สุด แต่งานวิจัยนี้มิติด้านจุดหมายปลายทางและการเชื่อมต่อมีน้ำหนักมากที่สุด 2) น้ำหนักของมิติด้านความหนาแน่น และมิติด้านการเชื่อมต่อของงานวิจัยที่ผ่านมามีความแตกต่างจากงานวิจัยนี้ค่อนข้างมาก ที่น้ำหนักของมิติทั้งสองมีความแตกต่างกัน เพราะบริบทด้านการขนส่งของสาธารณรัฐประชาชนจีน ประเทศสิงคโปร์ และประเทศไทย มีความแตกต่างกัน พฤติกรรมการใช้รถไฟฟ้าของประชากรในแต่ละประเทศมีความแตกต่างกัน งานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา [36] คือ น้ำหนักของมิติด้านความหลากหลายและมิติด้านการออกแบบมีความใกล้เคียงกัน เพราะลักษณะของสถานีรถไฟฟ้าของทั้ง 3 ประเทศ มีส่วนที่คล้ายคลึงกัน

8. ข้อจำกัดในงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

การทำวิจัยนี้สิ่งที่เป็นปัญหา คือ ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก จึงต้องเสียเวลาในการเก็บข้อมูล และขอข้อมูลบางส่วนจากหน่วยงานราชการ เช่น กรมโยธาธิการและผังเมือง กรมที่ดิน ที่ว่าการอำเภอ รถไฟฟ้ามหานคร การรถไฟแห่งประเทศไทย และหน่วยงานเอกชน เช่น บริษัททางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพจำกัด (BEM) บริษัท ระบบขนส่งมวลชน

กรุงเทพ จำกัด (BTS) พบปัญหา คือ ข้อมูลบางส่วนที่ต้องใช้ในงานวิจัย ไม่มีบันทึกไว้ ต้องลงพื้นที่สำรวจข้อมูลเอง ข้อมูลบางส่วนเป็นสมบัติของทางราชการไม่สามารถนำออกมาเผยแพร่ได้ และการขอซื้อข้อมูลเพื่อใช้ประมวลผลในซอฟต์แวร์ มีราคาสูงเกินกว่างบประมาณวิจัยที่ตั้งไว้ ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยแนะนำให้ขอทุนวิจัยร่วมกับหน่วยงานราชการ และของบประมาณให้เพียงพอกับการซื้อข้อมูลบางส่วนในการวิจัย งานวิจัยนี้ทำให้ทราบจุดแข็งและจุดอ่อนของแต่ละสถานีได้ เมื่อทราบจุดบกพร่องของแต่ละสถานี หน่วยงานภาครัฐและเอกชนสามารถนำไปออกแบบโครงการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีในอนาคตได้ ซึ่งถ้าหากมีการออกแบบโครงการตามค่า TOD SCORE จะทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ตรงจุดมากขึ้น ถ้าหากมีเวลาเก็บข้อมูลมากขึ้น ผู้วิจัยจะทำการคำนวณ TOD SCORE ของทุก ๆ สถานีในกรุงเทพและปริมณฑล และส่งมอบผลการคำนวณค่า TOD SCORE ให้แก่หน่วยงานภาครัฐและเอกชน เช่น กรุงเทพมหานคร กรมโยธิการและผังเมือง BTS และ BEM เพื่อวางแผนการพัฒนาเมืองต่อไป หลักการคำนวณ TOD SCORE นี้ และในอนาคตผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้การคำนวณ TOD SCORE กับสถานีรถไฟของการรถไฟฟ้าแห่งประเทศไทย และท่าเรือขนส่งผู้โดยสารของกรมเจ้าท่า เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อดีข้อเสียของสถานีรถไฟและท่าเรือขนส่งผู้โดยสารได้อีกด้วย

9. กิตติกรรมประกาศ

สำหรับงานวิจัยเรื่อง “การวิเคราะห์ศักยภาพการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่ง (TOD) ทางรางในเมืองกรุงเทพมหานครและปริมณฑล” สามารถสำเร็จลุล่วงได้เพราะความร่วมมือจากหน่วยงานหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัททางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพจำกัด (มหาชน) ที่ได้ให้ข้อมูลเส้นทางรถไฟฟ้ามหานครจำนวน 53 สถานี คือ สายเฉลิมรัชมงคล 38 สถานี และสายฉลองรัชธรรม 16 สถานี โดยมีสถานีเตาปูนเป็นจุดเชื่อมต่อระหว่างทั้งสองสาย ผู้วิจัยขอขอบคุณการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนแห่งประเทศไทย (รฟม.) ที่ช่วยแนะนำแนวทางในการหาข้อมูลวิจัยให้แก่ผู้วิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท อีเอสอาร์ไอ (ประเทศไทย) จำกัด ที่ช่วยแนะนำการใช้ซอฟต์แวร์สำหรับงานวิจัย ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย

นอกจากหน่วยงานที่ข้าพเจ้าได้กล่าวมาข้างต้น ข้าพเจ้าต้องขอขอบคุณ คุณธนวัฒน์ เดชปรอท ตำแหน่งวิศวกรบริษัททางด่วนและรถไฟฟ้ากรุงเทพจำกัด (มหาชน) ที่ช่วยประสานงานกับหน่วยงานภายในให้แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบคุณ รศ.ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ อดีตอาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยแนะนำการวิเคราะห์ตัวแปรทางสถิติให้แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบคุณรศ.ดร.ณัฐพงษ์ พัฒนพงษ์ อาจารย์ประจำคณะเศรษฐศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ที่ให้ข้อมูลการใช้ซอฟต์แวร์ด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอบคุณ รศ.ดร.ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์ ดร.ภูวดล ศิริรังษี ผศ.ดร.อนุพงศ์ ทึ่งในธรรม และ ผศ.ดร.สลิลาทิพย์ ทิพยไกรศร ผู้บริหารคณะการจัดการโลจิสติกส์และการคมนาคมขนส่งที่คอยสนับสนุนให้ข้าพเจ้าทำงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง

ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์รพี อุดมทรัพย์ คุณสิริวรรณ แนบสนิท ที่คอยช่วยเหลือเวลาข้าพเจ้ามีปัญหาในการวิจัย และช่วยเดินเอกสารต่าง ๆ ให้แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบคุณบิดามารดา และครูบาอาจารย์ของข้าพเจ้าที่คอยอบรมสั่งสอนและให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า จนข้าพเจ้าสามารถทำวิจัยได้ด้วยตัวเอง

เอกสารอ้างอิง

[1] P. A. Barter, “Singapore's Mobility Model: Time for an Update?,” in *Megacity Mobility Culture*, Heidelberg, Germany: Springer- Verlag Berlin Heidelberg, 2013, ch.12, pp. 225–242.

[2] D. Belzer, and G. Autler, 2002. “Defining Transit-Oriented Development for the 21st Century,” in *Transit Oriented Development: Moving From Rhetoric to Reality*, Washington, DC, USA: The Brookings Institution, 2002, ch 2, pp. 8–16.

[3] D. Belzer and G. Autler, "Countering Sprawl with Transit- Oriented Development," *Issues in Science and Technology*, vol. 19, no. 1, 2002.

[4] S. M. Ramírez and J. V. Rosas, "Towards Urban Development Based on Sustainable Mobility: TOD " in *Transit Oriented Development: Regenerate Mexican Cities to Improve Mobility*, Mexico City, Mexico: Institute for Transportation and Development Policy Mexico, 2014, ch 2, pp. 44–53.

[5] P. Calthorpe, "Transit System" in *The Next American Metropolis*, New York, NY, USA: Princeton Architectural Press, ch 3, pp. 104–107.

[6] H. Dongquan, et al. "Energy use of, and CO2 emissions from China's urban passenger transportation sector–Carbon mitigation scenarios upon the transportation mode choices," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 53, pp. 53–67, 2013, doi: 10.1016/j.tra.2013. 06.004.

[7] E. Cascetta and F. Pagliara, "Rail friendly transport and land-use policies: the case of the Regional Metro System of Naples and Campania," in *Transit Oriented Development: Making it Happen*, C. Curtis, J. L. Renne, L. Bertolini, Eds., London, UK: Routledge, ch. 5, pp. 49-64, 2009.

[8] R. Cervero, C. Ferrell and S. Murphy, "Transit-Oriented Development and Joint Development in the United States: A Literature Review," *Research Results Digest*, vol. 52, 2002, pp. 1–144 .

[9] R. Cervero and J. Murakami, "Effects of Built Environments on Vehicle Miles Traveled: Evidence from 370 US Urbanized Areas," *Environment and Planning A: Economy and Space*, vol. 42, no. 2, pp. 400–418, doi: 10.1068/a423.

[10] R. Cervero, S. Murphy, C. Ferrell, N Goguts, Y-H Tsai, G. B. Arrington, J Boroski, J Smith-Heimer, R Golem, P Peninger, E Nakajima et al., "Transit-oriented development in the United States: Experiences, Challenges, and Prospects," Washington, DC, USA, Rep. 102, 2004.

[11] S. Chen and C. Zegras, "Rail Transit Ridership Station- Area Analysis of Boston's Massachusetts BayTransportation Authority," *Transportation Research Record*, vol. 2544, no. 1, pp.110–122, 2016, doi: 10.3141/2544-13

[12] X. Chen, " Prospect of the Transit- Oriented Development in China," *Management Research and Practice*, vol. 2, no. 1, pp. 83–93, 2010.

[13] Why Transit-oriented Development and why Now?, Reconnecting America Okland, CA, USA, 2007, 1–24.

[14] P. Newman, "Planning for transit oriented development: strategic principles," in *Transit oriented development*, London, UK: Routledge, 2016, ch. 2, pp. 13–22.

[15] L. Tom. "Delivering joined–up government in the UK: dimensions, issues and problems," *Public administration*, vol.80, no.4, 2002, pp. 615–642, doi: 10.1111/1467-9299.00321.

[16] P. Fard, "Measuring Transit Oriented Development Implementing a GIS- based analytical tool for measuring existing TOD levels," M.S. Thesis, Geo-Information Science and Earth Observation Dept., Twente Univ., Enschede, Netherland, 2013.

[17] J. Renne, "Urban interventions: formulating a strategy for walkable and transit-oriented development," in *Handbook on Transport and Land Use*, Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing, 2023, ch. 14, pp. 250–262.

[18] M. V. Chester, "Life-cycle environmental inventory of passenger transportation modes in the United

States," Ph.D dissertation, CEE Dept., Univ. California, Berkeley, CA, USA, 2008.

[19] Y. Jiang, P. Gu, F. Chen, Y. Chen and P.C. Zegras, " Measuring Transit- Oriented Development in Quantity and Quality: A Case of 24 Cities with Urban Rail Systems in China," in *Transportation Research Board 96th Annual Meeting*, Washington DC, USA, Jan 8–12, 2017, Art. no. 17-05885.

[20] M. Kuby, A. Barranda and C. Upchurch, "Factors influencing light‐rail station boardings in the United States," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 38, no. 3, pp. 223– 247, 2004, doi: 10.1016/j.tra.2003.10.006.

[21] W. Donggen and M. Zhou, "The built environment and travel behavior in urban China: A literature review," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, vol. 52, 2017, pp. 574–585, doi: 10.1016/j.trd.2016.10.031

[22] P. L. Garcia, E. Onieva, E. Osaba, A.D. Masegosa and A. Perallos, "GACE: A meta‐heuristic based in the hybridization of Genetic Algorithms and Cross Entropy methods for continuous optimization," *Expert Systems with Applications*, vol. 55, pp. 508–519, 2016, doi: 10.1016/j.eswa.2016.02.034

[23] S. Mehndiratta and A. Salzberg, 2012. "Improving Public Transport in Chinese Cities: Elements of an Action Plan," in *Sustainable Low- Carbon City Development in China*, Washington, DC, USA: The World Bank, 2012, ch. 11, pp. 269–298.

[24] W.‐S Ng, L. Schipper and Y. Chen, 2010. "China motorization trends: New directions for crowded cities," *The journal of Transport and Land Use*, vol. 3, no. 3, pp. 5–25, 2010, doi: 10.5198/jtlu.v3i3.151

[25] J. L. Renne, "Measuring the success of transit oriented development," in *Transit Oriented Development*. London, UK: Routledge, 2016, ch. 18, pp. 241–255.

[26] S. Vajda, "The mathematical theory of communication. by Claude E. Shannon and Warren Weaver. Pp. 117 $2.50. 1949.(University of Illinois Press, Urbana)," *The Mathematical Gazette*, vol. 34, no. 310, pp. 312–313, 1950.

[27] Y. J. Singh, P. Fard, M. Zuidgeest, M. Brussel, M. van Maarseveen, " Measuring transit oriented development: A spatial multi criteria assessment approach for the City Region Arnhem and Nijmegen," *Journal of Transport Geography*, vol 35, pp.130–143, 2014, doi: 10.1016/j.jtrangeo.2014.01.014.

[28] Y. J. Singh, M. H. P. Zuidgeest, J. Flacke and M. F. A. M. van Maarseveen, "A design framework for measuring transit oriented development," presented at Urban and Maritime Transport 2022. , Valencia, Spain, Sep. 19–21, 2022, pp.719–730.

[29] Y. J. Singh, A. Lukman, J. Flacke, M. Zuidgeest, M.F.A.M. Van Maarseveen, "Measuring TOD around transit nodes - Towards TOD policy. Transport Policy," *Transport Policy*, vol. 56, pp. 96–111, 2017, doi: 10.1016/j.tranpol.2017.03.013

[30] H. Suzuki, J. Murakami, Y. ‐H Hong and B. Tamayose, "Development-Based Land Value Capture for Financing Transit-Oriented Development," in *Financing Transit- Oriented Development with Land Values*, Washington, DC, USA: The World Bank, 2015, ch. 1, pp. 33–41.

[31] H. Tay, " Cycling Infrastructure as a First Mile Solution for Mass Transit Access in Singapore – A Study of MRT Ridership in Singapore Towns," M.S Thesis, Urban Studies and Planning Dept. , MIT, Cambridge, MA, USA, 2012.

[32] The World Bank, "Transforming Chinese Cities with Transit," worldbank.org. http://www.worldbank.org/en/ news/ feature/ 2013/ 11/ 22/ transforming- chinese-cities-with transitfinancing-transit-with-land-values.

[33] M. Zhang, "The Chinese edition of Transit-Oriented Development," *Transportation Research Record*, vol. 2038, no. 1, pp. 120–127, 2007, doi: 10.3141/2038-16.

[34] C. Zegras, A. Stewart, R. Forray, R. Hidalgo, C. Figueroa, F. Duarte and J. Wampler, "TEN Designing BRT-oriented development," in *Restructuring public transport through Bus Rapid Transit: An international and interdisciplinary perspective*, J. C. Munoz and L. Paget-Seekins, Eds, Bristol, UK: University Press, 2016, pp. 181–208.

[35] R. Zheng, " Establishing TOD on the Ground: Case-based Analysis of Implementing TOD in China," M.S. Thesis, Urban Studies and Planning Dept. , MIT, Cambridge, MA, USA, 2015.

[36] Y. Xie, "Measuring the performance of metro-based Transit Oriented Development (TOD): a comparative study between Beijing and Singapore," M. C. P. Thesis, Urban Studies and Planning Dept. , MIT, Cambridge, MA, USA,2017

[37] X. Zhuang and S. Zhao, " Effects of land and building usage on population, land price and passengers in station areas: A case study in Fukuoka, Japan," *Frontiers of Architectural Research*, vol. 3, no. 2, pp. 199–212, 2014, doi: 10.1016/j.foar.2014.01.004.

[38] Khongouan, Waralak, "Public Opinions of Residents in Bangkok's Central Business District Towards Environmental Management in the Bangkok Comprehensive Plan of 2013," *Journal of Architectural/Planning Research and Studies*, vol. 15, no. 1, pp. 35–48, 2018, doi: 10.56261/jars.v15i1.154441.

[39] *TOD Standard*, v2.1, Institute for Transportation & Development Policy, New York, NY, USA, Apr. 1, 2014.

[40] J. E. Evans and R.H. Pratt, "Traveler response to transportation system changes," Transportation Research Board, Washington, D.C, USA, Rep. 95, 2017.