# โครงสร้างข้อมูลในระบบรางภายใต้บริบทระบบรถไฟฟ้ากรุงเทพมหานครฯ

# Rail Data Structure in the Context of the Bangkok Rail Transit System

ลลิตพรรณ สมิติวัณฑิกุล[1] วเรศรา วีระวัฒน์[1*]
[1]สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
E-mail: waressara@gmail.com*

Lalitphan Samitiwantikul[1], Waressara Weerawat[1*]
[1] Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Mahidol University
E-mail: waressara@gmail.com*

## บทคัดย่อ

ระบบรถไฟฟ้าในเมืองมีลักษณะเป็นโครงข่ายที่ครอบคลุมพื้นที่การเดินทางภายในเมืองเพื่อนำพาผู้โดยสารให้ไปถึงที่หมายในเวลาอันรวดเร็ว ในขณะเดียวกันปริมาณข้อมูลที่เกิดขึ้นในระบบก็เกิดขึ้นมากตามขนาดของโครงข่าย เช่น ข้อมูลสถานี ข้อมูลการเดินทางของผู้โดยสาร จึงทำให้การวิเคราะห์การดำเนินงานทางด้านระบบรางตลอดทั้งโครงข่าย เช่น การวิเคราะห์ลักษณะการเดินทาง ค่าโดยสาร และเวลาเดินทาง เกิดความยุ่งยากในการรวบรวมข้อมูลที่มีที่มาและโครงสร้างข้อมูลที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ข้อมูลในระบบรางทั้งโครงข่ายจึงต้องการการบริหารจัดการข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ การบริหารจัดการข้อมูลในระบบรางมีส่วนสำคัญในการดำเนินงานเพื่อพัฒนาคุณภาพการให้บริการและการวางแผนกำหนดนโยบาย แต่ในบริบทการดำเนินงานทางด้านระบบรถไฟฟ้ากรุงเทพฯในปัจจุบันยังมีลักษณะบริหารจัดการแบบแยกสายการเดินรถ ทำให้ข้อมูลที่เกี่ยวเนื่องกับระบบรถไฟฟ้าถูกจัดเก็บแยกและมีลักษณะโครงสร้างข้อมูลแตกต่างไปอย่างน้อย 4 แบบตามจำนวนผู้ให้บริการเดินรถไฟฟ้าในปัจจุบัน งานวิจัยนี้จึงรวบรวมและออกแบบโครงสร้างข้อมูลพื้นฐานเพื่อจัดเก็บข้อมูลร่วมกันของทั้งโครงข่ายรถไฟฟ้า และประยุกต์ใช้ข้อมูลจากโครงสร้างที่ออกแบบด้วยการแสดงแผนภาพของภาพรวมการดำเนินงานและการเดินทางในระบบรถไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Data visualization โดยให้ผลลัพธ์เป็นโครงสร้างข้อมูลที่สำคัญประกอบด้วย โครงสร้างข้อมูลสถานี โครงสร้างข้อมูลตารางเวลาเดินรถ โครงสร้างข้อมูลค่าโดยสาร โครงสร้างข้อมูลหน่วยงานที่รับผิดชอบและสายการเดินรถ โครงสร้างข้อมูลการใช้งานของผู้โดยสาร ด้วยการออกแบบโครงสร้างข้อมูลที่ดี ข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ จึงมีความสอดคล้องกัน ลักษณะการเดินทางของผู้โดยสารพร้อมกับข้อมูลพื้นฐานสามารถแสดงเป็นแผนภาพเพื่อสร้างความเข้าใจที่ชัดเจนและการเปรียบเทียบที่ดียิ่งขึ้น

**คำสำคัญ**: การประยุกต์ใช้ข้อมูลในระบบราง, โครงสร้างข้อมูลในระบบราง, การนำเสนอแผนภาพข้อมูล

## Abstract

A network of urban rail transit systems covers areas of a city to carry passengers to their destinations more efficiently. The amount of data generated in the system increases as the network grows. Analysis of rail operations throughout the network, such as passenger behavior analytics, is difficult when collecting from different data sources and with different data structures. Analyzing data in the entire metro network requires efficient data management. Rail data management plays an important role in the improvement of service quality and policy planning. At present in the contexts of operating the Bangkok mass transit system are still a separate management context. This shows that the data in the urban rail transit system needs to be designed differently and stored separately. With the number of Bangkok rail operators, the data structure has at least four different structures. This research aims to collect and design a basic data structure for the entire Bangkok mass transit network. The data has been applied by displaying diagrams of the overall transit experience and passenger flow in the mass transit system with a data visualization program. The results are key data structures which include station data structure, timetable data structure, fare data structure, operator and line data structure, and passenger usage data structure. With good structure design, the data from different sources can be synchronized. The characteristics of passenger flow, together with common basic information, can be graphically represented for better understanding and comparison.

**Keywords:** Rail data application, Rail data structure, Data visualization

## 1. บทนำ

ระบบรถไฟฟ้าในเมือง (Metro transit) เป็นระบบขนส่งหลักที่ขนส่งผู้โดยสารปริมาณมากได้ในเวลาที่รวดเร็ว มีส่วนสำคัญโดยเฉพาะในช่วงเวลาที่มีการจราจรหนาแน่นอย่างเช่นในช่วงเวลาเร่งด่วนที่ผู้โดยสารต้องการความตรงต่อเวลาของการเดินทาง และด้วยลักษณะเฉพาะของระบบรถไฟฟ้าในเมืองมีการเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่ายทำให้การเดินทางระหว่างพื้นที่ในเมืองจึงเป็นไปได้อย่างสะดวกสบาย ในขณะเดียวกัน ข้อมูลสนับสนุนการเดินทางในระบบรางจึงมีความสำคัญต่อการวางแผนการเดินทางของผู้โดยสาร [1] ช่วยให้เกิดการวางแผนการเดินทางให้เหมาะสมต่อความต้องการ ข้อมูลสนับสนุนการเดินทางยังมักถูกนำมาใช้ในการชี้วัดประสิทธิภาพของระบบขนส่งทางรางไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์การเข้าถึงระบบขนส่ง การเชื่อมต่อ ความถี่ของการให้บริการ [2] นำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับข้อมูลการเดินทางของผู้โดยสารเพื่อศึกษาและเพิ่มประสิทธิภาพการเดินทางในเมือง [3] ข้อมูลสนับสนุนการเดินทางในระบบรางจึงเป็นข้อมูลพื้นฐานตั้งต้นที่สำคัญต่อการวิเคราะห์ข้อมูลของระบบโครงข่ายรถไฟฟ้า

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การบริหารจัดการระบบรถไฟฟ้าในกรุงเทพมีลักษณะของการบริหารจัดการแบบแยกส่วนแยกสาย ทำให้สายการเดินรถตลอดทั้งโครงข่ายมีผู้บริหารโครงการและผู้ให้บริการเดินรถที่หลากหลายและยังมีข้อกำหนดการดำเนินงานแตกต่างกันไปตามลักษณะของสัญญาสัมปทาน ด้วยเหตุนี้ข้อมูลพื้นฐานในระบบราง เช่น ชื่อ-รหัสสถานี ตารางเวลาเดินรถ ชื่อสายการเดินรถ ถูกกำหนดและจัดเก็บตามหน่วยงานที่เป็นเจ้าของโครงการสายนั้น ๆ ด้วยข้อมูลพื้นฐานที่กระจัดกระจายจึงส่งผลต่อขั้นตอนการดำเนินงานวิเคราะห์ข้อมูลโดยภาพรวมของโครงข่ายระบบรถไฟฟ้างานวิจัยนี้จึงต้องการรวบรวมข้อมูล และพัฒนาโครงสร้างข้อมูลพื้นฐานในระบบรถไฟฟ้ากรุงเทพฯให้สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลทั้งโครงข่าย ในส่วนที่ 2 กล่าวถึงการประยุกต์ใช้ข้อมูลในระบบรางและโครงสร้างข้อมูลในระบบรถไฟฟ้ากรุงเทพฯ ในส่วนที่ 3 กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงาน ในส่วนที่ 4 กล่าวถึงผลลัพธ์หลังจากพัฒนาโครงสร้างข้อมูล และพัฒนา Data visualization พร้อมการวิเคราะห์ผล ส่วนที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

## 2. การประยุกต์ใช้ข้อมูลในระบบรางและโครงสร้างข้อมูลระบบรถไฟฟ้ากรุงเทพฯ

ระบบขนส่งทางรางในเมืองมีลักษณะของการขนส่งผู้โดยสารเดินทางระหว่างพื้นที่ในระยะไกลได้อย่างรวดเร็วและมีลักษณะเป็นโครงข่ายที่เชื่อมต่อกันและกัน ณ สถานีแลกเปลี่ยน การวางแผนการเดินทางของผู้โดยสารจึงต้องประยุกต์ใช้ข้อมูลจากทั้งโครงข่าย เพื่อคำนวณเส้นทางการเดินทางภายในโครงข่ายที่ดีสุด เช่น เส้นทางที่มีเวลาเดินทางที่น้อยที่สุด เส้นทางที่มีราคาค่าโดยสารที่ถูกที่สุด การอาศัยข้อมูลระหว่างสายการเดินรถที่แตกต่างร่วมกันจะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลแบบข้ามสาย

The General Transit Feed Specification (GTFS) เป็นโครงสร้างข้อมูลพื้นฐานสำหรับการส่งต่อข้อมูลการเดินทางจากหน่วยงานที่รับผิดชอบสายการเดินทางนั้น ๆ ให้แก่ผู้พัฒนาแอปพลิเคชันทางด้านการสนับสนุนข้อมูลการเดินทางแก่ผู้โดยสาร โดยมีหลักการการออกแบบให้ครอบคลุมข้อมูลที่ใช้สำหรับวางแผนการเดินทางเท่านั้น GTFS ประกอบไปด้วยองค์ประกอบของข้อมูล หน่วยงานที่ให้บริการ เส้นทางการเดินรถ เที่ยวที่ให้บริการ วันที่ให้บริการ ชื่อ-รหัสสถานี ตำแหน่งจุดจอดระบบขนส่ง เวลาที่หยุดจอด เป็นองค์ประกอบหลัก และยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ส่งเสริมการให้ข้อมูลแก่ผู้โดยสาร ซึ่งตำแหน่งจุดจอดของระบบขนส่งมักถูกนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับข้อมูลปริมาณการเดินทางของผู้โดยสาร [1,2] นอกจากนั้นยังนำไปใช้วิเคราะห์ร่วมกับคุณภาพการให้บริการการเดินทางที่มีจุดร่วมกัน จุดจอดหรือสถานีรับส่งผู้โดยสารจึงเป็นข้อมูลที่สำคัญในการเชื่อมต่อข้อมูลที่เกิดขึ้นระหว่างระบบหรือระหว่างสายการเดินรถที่แตกต่างกัน การมีชื่อหรือรหัสสถานี ณ สถานีแลกเปลี่ยนที่เป็นชื่อเดียวจะช่วยให้การเชื่อมต่อข้อมูลมีความสะดวก

Transport for London (TfL) มีการให้บริการข้อมูลเพื่อวางแผนการเดินทางต่อผู้โดยสารและให้บริการข้อมูลแก่ผู้พัฒนาแอปพลิเคชันการเดินทางภายนอก ด้วยระบบ Application Programming Interface (API) [4] โดยทั่วไปข้อมูลที่ใช้ในการวางแผนการเดินทางแก่ผู้โดยสารประกอบด้วย ชื่อ-ตำแหน่งที่ตั้งของสถานี สิ่งอำนวยความสะดวก การเชื่อมต่อไปยังระบบขนส่งอื่น ตารางเวลาเดินรถ ราคาค่าโดยสาร TfL มีโครงสร้างข้อมูล National Public Transport Access Nodes (NaPTAN) ที่เป็นรหัสสำหรับการระบุสถานีการเดินทางในระบบขนส่งสาธารณะร่วมกันทุกระบบขนส่ง [5] ที่ประกอบด้วยข้อมูลชื่อจุดจอด ตำแหน่ง Latitude-Longitude สถานที่ใกล้เคียง และอื่น ๆ และยังมี National Location Code (NLC) ที่เป็นรหัสสำหรับการระบุสถานีของโครงข่ายรถไฟ และรถไฟฟ้าทั้งสหราชอาณาจักร รหัส NLC ถูกใช้ในการเป็นจุดอ้างอิงเพื่อสนับสนุนข้อมูลการเดินทางแก่ผู้โดยสาร และยังเป็นจุดอ้างอิงของระบบการออกตั๋วเดินทางในระบบรถไฟและรถไฟฟ้า [6] ซึ่งรหัสร่วมเหล่านี้มีเอกลักษณ์เฉพาะโดยที่จะไม่ซ้ำกับสถานีอื่น ๆ แม้จะเป็นสถานีร่วม เช่น สถานี Acton Town เป็นสถานีแลกเปลี่ยนระหว่างสายการเดินรถ District และ Piccadilly มีกำหนดรหัสทั้งรูปแบบ NLC 500 และรูปแบบรหัส NaPTAN 940GZZLUACT ข้อมูลการเดินทางของผู้โดยสารที่สำคัญต่อการวางแผนในระบบขนส่งจึงเชื่อมต่อกันทั้งโครงข่ายการเดินทางในระบบขนส่งสาธารณะ ด้วยรหัสสถานีร่วมระหว่างสายการเดินทาง งานวิจัย [7] ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลการเดินทางทั้งโครงข่ายของระบบขนส่งสาธารณะและโครงสร้างของรหัสสถานีร่วม NaPTAN พัฒนาระบบเพื่อช่วยวางแผนการเดินทางได้แบบครอบคลุมทุกระบบขนส่งสาธารณะ ในการวางแผนระบบขนส่งมีการประยุกต์ใช้ข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้ร่วมกับปริมาณการเดินทางในระบบขนส่งรถไฟฟ้าเพื่อมาศึกษาลักษณะพฤติกรรมการเดินทางของผู้โดยสารที่เดินทางข้ามสายการเดินรถ [8-10] และนำไปสู่การพัฒนานโยบายที่จะมาสนับสนุนการเดินทางให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การศึกษาภาพรวมการเดินทางทั้งโครงข่ายจึงเป็นผลลัพธ์หนึ่งของการประยุกต์ใช้ข้อมูลแบบข้ามสายการเดินรถและนำไปสู่การเข้าใจการเดินทางของผู้โดยสารในเมือง

โครงข่ายระบบรถไฟฟ้ากรุงเทพฯในปัจจุบันประกอบไปด้วย 8 สาย ประกอบด้วย รถไฟฟ้าในเมืองสายสีเขียวอ่อน สายสีเขียวเข้ม สายสีน้ำเงิน สายสีม่วง สายสีทอง รถไฟฟ้าสายเชื่อมต่อท่าอากาศยาน รถไฟฟ้าชานเมืองสายสีแดงเข้ม และรถไฟฟ้าชานเมืองสายสีแดงอ่อน และสายการเดินรถที่กำลังจะเปิดให้บริการในปี 2022 อีก 2 สาย คือ รถไฟฟ้าในเมืองสายสีเหลือง และสายสีชมพู อีกทั้งยังมีสายการเดินรถที่กำลังถูก

วางแผนโครงการอย่างต่อเนื่อง [11] แต่ด้วยโครงสร้างการบริหารจัดการระบบรถไฟฟ้ากรุงเทพฯทำให้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญถูกออกแบบและจัดเก็บแยกตามหน่วยงานที่รับผิดชอบในสายการเดินรถนั้น ๆ โครงสร้างข้อมูลที่สำคัญประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ข้อมูลพื้นฐานในระบบรถไฟฟ้า และ ข้อมูลการเดินทางของผู้โดยสาร ไม่ได้ถูกออกแบบมาในรูปแบบเดียวกัน เช่น รหัสของสถานีสายสีเขียวและ รหัสสถานีของสายสีน้ำเงิน ตัวอักษรหน้าไม่ได้ถูกกำหนดให้เป็นในความหมายเดียวกัน เช่น BLXX และ NXX นอกจากนั้นชื่อและรหัสสถานีของสถานีที่สามารถเปลี่ยนถ่ายผู้โดยสารไปยังสายการเดินรถอื่นได้ ไม่มีชื่อหรือรหัสที่สามารถระบุได้ว่าเป็นสถานีที่แลกเปลี่ยนร่วมกันทำให้ไม่สามารถจัดเก็บข้อมูลการเชื่อมต่อได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในส่วนของข้อมูลการเดินทางของผู้โดยสารที่สำคัญ ด้วยระบบการบริหารจัดการที่แยกส่วนทำให้ระบบ Automatic Fare Collection ถูกแยกออกจากกัน การรวบรวมข้อมูลการใช้งานจากทุกสายการเดินรถจะทำให้สามารถเห็นภาพรวมการเคลื่อนไหวของผู้โดยสารในระบบรถไฟฟ้า การใช้สถานีเวลาที่เดินทาง ซึ่งทั้งหมดจะสะท้อนการเดินทางด้วยระบบรถไฟฟ้าในปัจจุบัน การวางแผนทางด้านนโยบายจึงไม่สามารถที่จะขาดข้อมูลภาพรวมลักษณะการใช้งานของระบบขนส่งหลัก [12] ดังนั้นการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้งานของผู้โดยสารที่ร่วมกับข้อมูลพื้นฐานที่ของเวลาเดินทาง ราคาค่าโดยสาร จะช่วยให้นักวิเคราะห์นโยบายสามารถวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นจากระบบที่มีอยู่เดิมต่อผู้โดยสารได้ ข้อมูลในระบบรางกรุงเทพฯจึงต้องถูกดำเนินงานบริหารจัดการข้อมูลให้เป็นระบบเพื่อสนับสนุนให้การประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อผู้โดยสารและผู้วางแผนระบบขนส่ง ทั้งในแง่ของการวิเคราะห์ข้อมูลและอัปเดตข้อมูลให้ทันสมัยได้ง่าย

## 3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงานประกอบไปด้วย

### 3.1 รวบรวมข้อมูลพื้นฐานในระบบรถไฟฟ้ากรุงเทพฯ และข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลที่รวบรวม ประกอบด้วย สถานีและสายการเดินรถ และองค์ประกอบย่อยของข้อมูลประกอบด้วย ชื่อ-รหัส และตำแหน่งสถานี ชื่อสายการเดินรถ ชื่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ปริมาณการใช้บริการหรือปริมาณการเดินทางของผู้โดยสาร ตารางเวลาเดินรถ เวลาเดินทางระหว่างสถานี และค่าโดยสาร โดยข้อมูลชื่อและรหัสสถานีได้รวบรวมจาก Bangkok Mass Transit Map [13] ตำแหน่งของสถานีได้รวบรวมจาก Google Map ในส่วนตารางเวลาเดินรถ เวลาเดินทาง และค่าโดยสาร ได้รวบรวมจาก เว็บไซต์ของหน่วยงานที่ให้บริการการเดินรถ [14-16] และข้อมูลปริมาณการเดินทางของผู้โดยสารได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากหน่วยงานที่ให้บริการเดินรถเช่นเดียวกัน ข้อมูลที่รวบรวมเป็นข้อมูลที่มีลักษณะคงที่ (Static data) ในเบื้องต้นจึงเก็บรวบรวมเป็นไฟล์ประเภท .xls แต่ถึงอย่างไรข้อมูลที่ได้รับมาจากแต่ละหน่วยงานมีลักษณะโครงสร้างข้อมูลที่แตกต่างกัน เช่น .xlsx .txt .csv .pdf ในบางผู้ให้บริการใช้ชื่อย่อสถานีเป็นการบ่งบอกถึงสถานีแทนการใช้รหัส จึงทำให้การทำความสะอาดข้อมูลต้องมีการประยุกต์ใช้ Microsoft Excel Macro ในการจัดการข้อมูลให้อยู่ในโครงสร้างเดียวกัน

### 3.2 ออกแบบโครงสร้างข้อมูลเพื่อจัดเก็บข้อมูลทั้งโครงข่าย

โครงสร้างข้อมูลประกอบไปด้วย 5 ส่วน คือ โครงสร้างข้อมูลสถานี (Station) โครงสร้างข้อมูลตารางเวลาเดินรถ (Timetable) โครงสร้างข้อมูลค่าโดยสาร (Fare) โครงสร้างข้อมูลหน่วยงานที่รับผิดชอบและสายการเดินรถ (Operator/Owner/Line) และโครงสร้างข้อมูลการใช้งานของผู้โดยสาร (Passenger usage) ซึ่งข้อมูลที่สำคัญคือ ปริมาณการใช้งานสถานี และ ปริมาณการเดินทางรายสถานีต้นทาง-ปลายทาง (Origin-Destination) ในโครงสร้างแต่ละส่วนประกอบด้วย Data attribute ที่เป็นองค์ประกอบย่อย เช่น รหัส ชื่อ เวลา การออกแบบกำหนดให้ในทุกโครงสร้างที่มี Data attribute ร่วมกันต้องใช้โครงสร้างเดียวกัน เช่น รหัสสถานีที่ใช้ในโครงสร้างข้อมูลการใช้งานของผู้โดยสารใช้โครงสร้างเดียวกันกับในโครงสร้างข้อมูลสถานี

### 3.3 ออกแบบแผนภาพที่ได้จากการประยุกต์ใช้ข้อมูลทั้งโครงข่าย

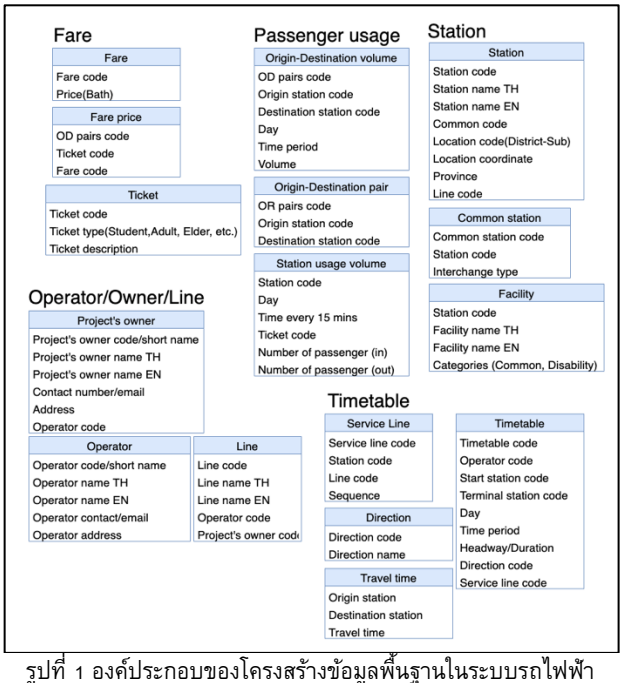
ในมุมนักวางแผนระบบขนส่งต้องอาศัยข้อมูลการใช้งานระบบขนส่งของผู้โดยสารโดยภาพรวม เพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์แนวโน้มการใช้งานในอนาคต ในขณะเดียวกันข้อมูลที่เกิดขึ้นในระบบเช่น เวลาเดินทาง ก็เป็นข้อมูลที่ชี้วัดถึงประสิทธิภาพการให้บริการ จึงได้ออกแบบแผนภาพแสดงปริมาณการเดินทางผู้โดยสารขาออกและการแสดงเวลาเดินทางทั้งโครงข่าย การแสดงปริมาณผู้โดยสารขาออกโดยกำหนดให้สถานีต้นทางเป็นสถานีร่วมกันระหว่างสายการเดินรถที่แตกต่างเพื่อที่จะให้เกิดการแสดงผลของข้อมูลให้ได้มากที่สุด โดยข้อมูลในส่วนนี้อาศัยข้อมูลปริมาณผู้โดยสารแบบ Origin-Destination (OD) ข้อมูลชื่อ รหัสสถานีและพิกัดทางภูมิศาสตร์

การแสดงแผนภาพนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่จะสังเกตพฤติกรรมการเดินทางในพื้นที่กรุงเทพฯโดยภาพรวมร่วมกับเวลาที่ใช้เดินทางจากต้นทางไปยังปลายทางที่แสดงผลซึ่งเวลาเดินทางเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่ชี้วัดคุณภาพการเดินทางของระบบขนส่งสาธารณะ แผนภาพภาพรวมของระบบโครงข่ายรถไฟฟ้าใช้โปรแกรม Data visualization ที่สามารถรองรับการประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ได้

## 4. ผลลัพธ์ และการวิเคราะห์ผล

โครงสร้างข้อมูลในส่วนสถานีถูกออกแบบให้สามารถจัดเก็บชื่อสถานี รหัสสถานี ตำแหน่งสถานี รหัสสายการเดินรถ พร้อมกับสิ่งอำนวยความสะดวกในสถานีที่เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการเดินทางของผู้โดยสาร ในส่วนสถานีเปลี่ยนสายการเดินรถในปัจจุบัน เช่น สถานีอโศก-สุขุมวิท สถานีมักกะสัน-เพชรบุรี ยังไม่มีโครงสร้างข้อมูลร่วมกันเพื่อบ่งชี้เป็นสถานีที่ผู้โดยสารสามารถเปลี่ยนเส้นทางได้ ดังนั้นเพื่อให้โครงสร้างสามารถเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างสายการเดินรถทั้งในส่วนการวางแผนการเดินทางทั้งโครงข่ายและการวางแผนระบบขนส่งทางราง จึงต้องมีการกำหนดรหัสสถานีร่วมเพิ่ม เพื่อเป็นข้อมูลบ่งชี้ถึงการแลกเปลี่ยนการเดินทาง และเชื่อมต่อข้อมูลการเดินทางระหว่างสายการเดินรถ การออกแบบรหัสสถานีร่วมต้องกำหนดให้รหัสมีลักษณะเฉพาะ โครงสร้างข้อมูลสำหรับตารางเวลาเดินรถประกอบด้วย รหัสของตารางเวลาเดินรถ สายที่ให้บริการและรหัสสถานีที่หยุดจอด วัน-เวลาที่ให้บริการ ทิศทาง รหัสสายการเดินรถ เวลาเดินทางระหว่างสถานีโดยระบุรหัสสถานีต้นทางและสถานีปลายทาง โครงสร้างข้อมูลสำหรับค่าโดยสาร ประกอบด้วย ค่าโดยสารพร้อมรหัสของค่าโดยสารเพื่อที่จะสามารถเชื่อมกับรหัสของประเภทตั๋วและรหัส

สถานีต้นทาง-ปลายทาง ตั๋วโดยสารยังมีการระบุถึงประเภทของตั๋วและคำอธิบายของตั๋วโดยสารแต่ละประเภท โครงสร้างข้อมูลของสายการเดินรถและผู้ให้บริการประกอบด้วย ชื่อ-รหัสสายการเดินรถพร้อมกับรหัสของหน่วยงานที่ให้บริการสายการเดินรถนั้น ๆ โดยสายการเดินรถไฟฟ้าในกรุงเทพฯปัจจุบันยังไม่มีหน่วยงานเดินรถร่วมกันบนเส้นทางเดียวกัน หน่วยงานที่ให้บริการต้องถูกระบุข้อมูลที่อยู่และช่องทางการติดต่อ นอกจากหน่วยงานที่ให้บริการยังมีข้อมูลหน่วยงานที่เป็นเจ้าของโครงการสายการเดินรถนั้น ๆ ในส่วนโครงสร้างข้อมูลการใช้งานของผู้โดยสาร ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักคือ ข้อมูลการเดินทางแบบสถานีต้น-ปลายทาง ประกอบด้วย รหัสสถานีต้นทาง-ปลายทาง วัน-เวลาของข้อมูล และข้อมูลการเดินทางรายสถานีเข้า-ออก วัน-เวลาของข้อมูล และรหัสสถานีนั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 1



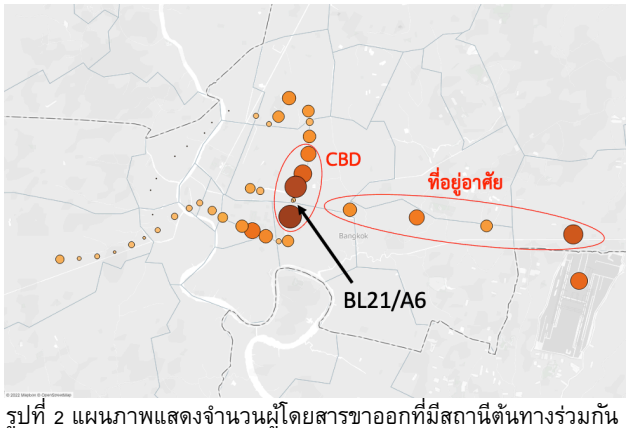

รูปที่ 1 องค์ประกอบของโครงสร้างข้อมูลพื้นฐานในระบบรถไฟฟ้า

รหัสสถานีร่วม หรือ Common station code ถูกระบุเป็น Data attribute ในส่วนของโครงสร้างข้อมูลสถานี และรหัสสถานีร่วมเองก็มีการเก็บข้อมูลในตัวเองเพื่ออธิบายลักษณะความแตกต่างระหว่างรหัสจากผลลัพธ์การออกแบบรหัสสถานีร่วมเป็นดังตารางที่ 1 รหัสสถานีร่วมช่วยให้การระบุสถานีที่สามารถเปลี่ยนสายการเดินรถได้ แต่ถึงอย่างไรต้องมีการกำหนดลักษณะเฉพาะลงในรหัสเพื่อเห็นถึงความแตกต่างของสถานี โดยกำหนดให้ รหัสสองตัวหน้าเป็นหมายเลขสถานีเปลี่ยนถ่าย และรหัสสองตัวหลังแสดงถึงประเภทของการเปลี่ยนถ่ายที่สามารถมีได้ 3 กรณีคือ 10 01 และ 11 ที่หมายถึง สถานีที่ผู้โดยสารเปลี่ยนชานชาลา สถานีที่ผู้โดยสารต้องเดินเปลี่ยนสถานี และสถานีที่ผู้โดยสารเปลี่ยนสายภายในสถานีเดียวกัน ตามลำดับ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของการสถานีแลกเปลี่ยนในกรุงเทพฯ

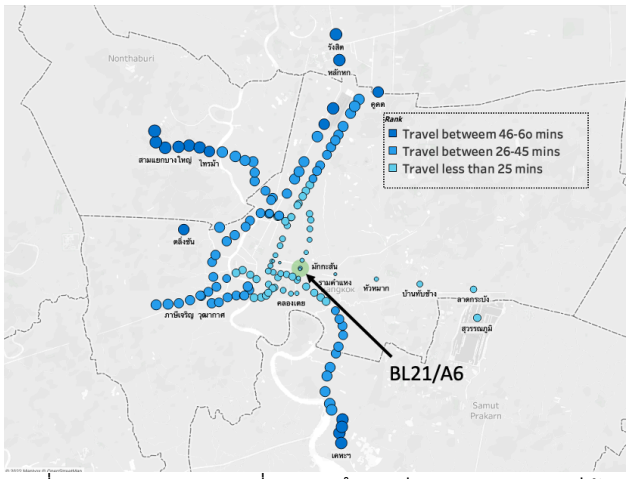
ตารางที่ 1 รหัสสถานีร่วม (Common station code)

| รหัสสถานีร่วม (Common station code) | รหัสสถานี (Station code) | ลำดับสถานีร่วม (Sequence) | ประเภทเปลี่ยนถ่าย (Interchange type) |
|---|---|---|---|
| 0110 | CEN | 01 | 10 |
| 0201 | E4/BL22 | 02 | 01 |
| 0301 | E15/Y23 | 03 | 01 |
| 0401 | N2/A8/RE04 | 04 | 01 |
| 0501 | N8/BL13 | 05 | 01 |
| 0601 | N9/BL14 | 06 | 01 |
| 0701 | S2/BL26 | 07 | 01 |
| 0801 | S7/G1 | 08 | 01 |
| 0901 | S12/BL34 | 09 | 01 |
| 1010 | BL01 | 10 | 10 |
| 1110 | PP16/BL10 | 11 | 10 |
| 1201 | BL11 | 12 | 01 |
| 1211 | RN01/RS01/RW01/RE01/A9 | 12 | 11 |
| 1301 | BL15/Y1 | 13 | 01 |
| 1401 | BL21/A6 | 14 | 01 |
| 1501 | PP15/RW02 | 15 | 01 |

หลังจากกำหนดรหัสสถานีร่วม ข้อมูล OD ของสองสายการเดินรถที่มีสถานีร่วมกันจึงสามารถแสดงผลได้พร้อมกันในแผนภาพ Data visualization ดังรูปที่ 2 ที่กำหนดให้ใช้รหัสสถานีร่วม 1401 คือ สถานีร่วมระหว่างสถานีมักกะสัน (A6) สาย ARL และสถานีเพชรบุรี (BL21) สายสีน้ำเงิน ขนาดของวงกลมและสีที่แตกต่างแสดงถึงปริมาณผู้โดยสารขาออกที่สถานนั้น ๆ โดยยิ่งขนาดวงกลมใหญ่และสีเข้มขึ้นหมายถึงปริมาณผู้โดยสารขาออกมากขึ้น ผู้โดยสารเข้าสู่สถานีร่วมที่เป็นสถานที่ในบริเวณเดียวกันและเดินทางออกไปยังสถานีที่ตั้งอยู่ในเขตต่าง ๆ ของกรุงเทพฯ จากรูปปริมาณผู้โดยสารขาออกส่วนใหญ่อยู่ในย่าน Central Business Area (CBA) และย่านที่อยู่อาศัยของกรุงเทพฯ ข้อมูลพื้นฐานเรื่องเวลาเดินทางที่อยู่ในโครงสร้างข้อมูลตารางเวลาเดินรถถูกนำมาแสดงผลดังในรูปที่ 3 จากรูปได้แสดงเวลาที่ใช้เดินทางไปยังสถานีต่าง ๆ จากสถานีต้นทางที่กำหนดคือสถานีร่วมมักกะสัน-เพชรบุรี โดยวงกลมขนาดใหญ่หมายถึงเวลาเดินทางที่ใช้มากขึ้น สถานีที่ยิ่งอยู่ห่างจากสถานีต้นทางจะยิ่งแสดงขนาดใหญ่ สีของวงกลมมี 3 สีแบ่งตามช่วงระยะเวลาที่ใช้เดินทางประกอบด้วย สีฟ้าแสดงเวลาที่ใช้เดินทางน้อยกว่า 25 นาที สีน้ำเงิน แสดงเวลาที่ใช้เดินทางระหว่าง 26-45 นาที และสีน้ำเงินเข้มแสดงเวลาที่ใช้เดินทางระหว่าง 46-60 นาที เวลาเดินทางที่แสดงเป็นผลรวมของเวลาเดินทางที่น้อยที่สุดที่ไปยังสถานีปลายทางนั้น ๆ กับเวลาที่ผู้โดยสารต้องเดินเท้าเปลี่ยนถ่ายสถานี เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรูปที่ 2 และ 3 พบว่าผู้โดยสารที่ขึ้นจากสถานีร่วมมักกะสัน-เพชรบุรี ส่วนใหญ่ใช้เวลาเดินทางน้อยกว่า 25 นาทีและมีบางส่วนที่ใช้เวลาเดินทางประมาณ 26-45 นาทีเพื่อเดินทางไปยังสถานีปลายทางในสาย ARL หรือสายสีน้ำเงิน




รูปที่ 2 แผนภาพแสดงจำนวนผู้โดยสารขาออกที่มีสถานีต้นทางร่วมกัน สถานีมักกะสัน(A6)สายARL และสถานีเพชรบุรี(BL21)สายสีน้ำเงิน




รูปที่ 3 แผนภาพแสดงเวลาที่เดินทางถึงสถานีปลายทางจากสถานีต้นทางร่วมสถานีมักกะสัน(A6)-สถานีเพชรบุรี(BL21)

## 5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การออกแบบโครงสร้างข้อมูลพื้นฐานร่วมกันในระบบรางกรุงเทพฯ สรุปผลได้ดังนี้ 1.การบริการจัดการข้อมูลทำให้มีความพร้อมต่อการเก็บรวบรวมข้อมูล แก้ไขข้อมูล แล้วนำไปใช้วิเคราะห์ข้อมูลแบบข้ามสายการเดินรถ 2.การออกแบบรหัสสถานีร่วมมีส่วนช่วยให้เห็นลักษณะการเดินทางแบบข้ามเขตในกรุงเทพฯได้ในมุมมองที่กว้างขึ้น แต่ถึงอย่างไรข้อมูล OD เป็นเพียงข้อมูลที่เกิดขึ้นภายในสายการเดินรถนั้น ๆ ซึ่งยังไม่ได้สะท้อนถึงสถานีต้นทาง-ปลายทางที่แท้จริงที่ผู้โดยสารเดินทางจากผลลัพธ์ในเบื้องต้นพบว่าโครงสร้างทั้งหมดมีส่วนประกอบของสถานีที่เป็นองค์ประกอบหลัก สถานีจึงควรถูกกำหนดและแก้ไขอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อที่จะไม่กระทบต่อข้อมูลในส่วนอื่น ๆ

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่สนับสนุนทุนการศึกษาระดับปริญญาโท ภายใต้ทุนสนับสนุนศิษย์เก่า

## เอกสารอ้างอิง

[1] Antrim A, Barbeau SJ. The many uses of GTFS data–opening the door to transit and multimodal applications. Location-Aware Information Systems Laboratory at the University of South Florida. 2013.

[2] Lu K, Liu J, Zhou X, Han B. A Review of Big Data Applications in Urban Transit Systems. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2020.

[3] Antunes H, Figueiras P, Costa R, Teixeira J, Jardim-Gonçalves R. Big data analytics for extracting mobility patterns in a large urban center. 2019.

[4] Transport for London. Our open data. [cite 2021.Available from: https://tfl.gov.uk/info-for/open-data-users/our-open-data?intcmp=3671#on-this-page-9.]

[5] Department for Transport. National Public Transport Access Nodes (NaPTAN) [12 June 2014]. 2014 [Available from: https://data.gov.uk/dataset/ff93ffc1-6656-47d8-9155-85ea0b8f2251/national-public-transport-access-nodes-naptan.]

[6] National Location Code: Wikipedia, The Free Encyclopedia.; 2020 [updated 8/08/2020 17:26 (UTC)]. [Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/National_Location_Code.]

[7] HrnČiř J. Improving a collaborative travel planning application: Citeseer; 2011.

[8] Fu X, Gu Y. Impact of a new metro line: Analysis of metro passenger flow and travel time based on smart card data. Journal of advanced transportation. 2018.

[9] Taboada GL, Han L. Exploratory Data Analysis and Data Envelopment Analysis of Urban Rail Transit. Electronics. 2020;9(8):1270.

[10] Sun Y, Shi J, Schonfeld PM. Identifying passenger flow characteristics and evaluating travel time reliability by visualizing AFC data: a case study of Shanghai Metro. Public Transport. 2016;8(3):341-63.

[11] Mass Rapid Transit Master Plan in Bangkok Metropolitan Region: Wikipedia, The Free Encyclopedia.; 2020 [updated 24/02/2020 12:53 UTC. [Available from: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Mass_Rapid_Transit_Master_Plan_in_Bangkok_Metropolitan_Region&oldid=942400295.]

[12] Giraud A, Trépanier M, Morency C, Légaré F. Data fusion of APC, smart card and GTFS to visualize public transit use. CIRRELT, Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise. 2016.

[13] CLARE. Bangkok Mass Transit Map 2022 [updated 3 March 2022]; cited 2022. [Available from: https://www.eg.mahidol.ac.th/dept/clare/en/component/content/article/14-research/bangkok-metro-enhancement/104-bangkok-mass-trasit.html?Itemid=141.]

[14] Bangkok Mass Transit System. 2022 [Available from: https://www.bts.co.th.]

[15] Bangkok Expressway and Metro Public Company Limited. 2022 [Available from: https://metro.bemplc.co.th.]

[16] Airport Rail Link. 2022 [Available from: https://metro.bemplc.co.th.]