การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง

นางสาวพิชญา ศรีทองทิม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RIDERSHIP FORECAST FOR MASS TRANSIT SYSTEMS IN BANGKOK USING DIRECT DEMAND MODEL

Miss Pichaya Sritongtim

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Civil Engineering

Department of Civil Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง
โดย	นางสาวพิชญา ศรีทองทิม
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์สิทธิ์ เฉลิมพงศ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต เอื้ออาภรณ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สรวิศ นฤปิติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์สิทธิ์ เฉลิมพงศ์)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มาโนช โลหเตปานนท์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร. สุรศักดิ์ ทวีศิลป์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พิชญา ศรีทองทิม : การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง (RIDERSHIP FORECAST FOR MASS TRANSIT SYSTEMS IN BANGKOK USING DIRECT DEMAND MODEL) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร.ศักดิ์สิทธิ์ เฉลิมพงศ์, 110 หน้า.

นับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 เป็นต้นมา เมืองมีการขยายตัวของอย่างไร้ขอบเขต ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด จึงจำเป็นต้องพัฒนาระบบขนส่งมวลชนให้รองรับความต้องการในการเดินทางที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามในอดีตที่ผ่านมาพบว่าระบบรถไฟฟ้าในกรุงเทพมหานครมีการใช้งานระบบที่เกิดขึ้นจริงมีปริมาณต่ำกว่าที่คาดการณ์ไว้ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของระบบขนส่งมวลชน และศึกษาตัวแปรที่จะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้แนวทางการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีมาปรับใช้ในการคาดการณ์ ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองประกอบไปด้วย 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานี และปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน จากผลการศึกษาพบว่าตัวแปรหลักที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร ประกอบไปด้วย การใช้พื้นที่อาคารเป็นสำนักงานและบริษัทห้างสรรพสินค้า ความยาวถนนรอบสถานี จำนวนประชากรรอบสถานี ความจุจุดจอดแล้วจร จำนวนเส้นทางรถประจำทาง ประเภทเส้นทางของระบบรถขนส่งมวลชน และประเภทของสถานี และเมื่อพิจารณาความคลาดเคลื่อนของจำนวนผู้โดยสารคาดการณ์และจำนวนผู้โดยสารจริงนั้นพบว่าแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นให้ผลที่ยอมรับได้ เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนที่นิยมใช้ในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารในปัจจุบัน เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนไม่แตกต่างจากกันมากนัก สำหรับงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดในเรื่องของจำนวนสถานีตัวอย่าง สถานีที่นำมาวิเคราะห์แบบจำลองเป็นสถานีในเมืองในขณะที่สถานีคาดการณ์เป็นสถานีชานเมือง และแบบจำลองไม่สามารถอธิบายจำนวนผู้โดยสารได้หากมีเส้นทางอื่นแข่งขัน สุดท้ายสำหรับงานวิจัยในอนาคตควรจะเพิ่มจำนวนสถานีตัวอย่าง พร้อมกับเพิ่มจำนวนสถานีชานเมืองมาใส่ในแบบจำลองเพื่อให้ผลการคาดการณ์ที่ได้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้นไป

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมโยธา ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5470304021 : MAJOR CIVIL ENGINEERING

KEYWORDS: AREA USED AROUND THE STATION / DIRECT DEMAND MODEL / PUBLIC TRANSPORTATION

PICHAYA SRITONGTIM: RIDERSHIP FORECAST FOR MASS TRANSIT SYSTEMS IN BANGKOK USING DIRECT DEMAND MODEL. ADVISOR: ASSOC. PROF. SAKSITH CHALERMPONG, Ph.D., 110 pp.

From 1960 until now, Transportation networks turn Bangkok to Urban Sprawl and Traffic congestions. Improving Public Transportation is an idea to support happened trips. However, from the past to present, forecasted passengers are under estimate. Then, this study has objectives to forecast passengers and find affected variables with Direct Demand Model (TOD) which concerns area used around the station. Data to analyze are separated into 3 factors: Area used around the station, Population around the station and Transportation characteristics. Conclusion from this study shows main factors that affect numbers of passenger: Office Area, Department Area, Road Length, Population Around Station, Capacity of Parking, Numbers of Bus at Station, Type of operate route, and Type of station. However, approximation error between forecasted and real passengers can accept when compare with 4-step model error because there are similar results. Limitations of this study are numbers of sample station, using urban stations forecast suburb stations and unexplained analysis with other occurrence routes. For future research, adding more sample stations and also suburb station for better result.

Department: Civil Engineering Student's Signature .....

Field of Study: Civil Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year: 2014

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. ศักดิ์สิทธิ์ เฉลิมพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงที่ได้มอบความรู้และคำแนะนำซึ่งมีประโยชน์อย่างยิ่งในการศึกษาวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ ดร. สรวิศ นฤปิติ ประธานกรรมการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มาโนช โลหเตปานนท์ และดร. สุรศักดิ์ ทวีศิลป์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่กรุณาตรวจสอบและให้คำแนะนำในการจัดทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิศวกรรมการขนส่งทุกท่านที่ให้ความรู้และคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิทยานิพนธ์ นอกจากนั้นต้องขอขอบพระคุณ คุณจตุพร วระภูมิ นักวิชาการแผนที่ปฏิบัติการ สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร สำหรับความช่วยเหลือในด้านข้อมูลการใช้พื้นที่รอบสถานี คุณอำนาจ คงไทยและคุณภานุ ไชยวรรณ บริษัท กรุงเทพธนาคม จำกัด สำหรับข้อมูลรถโดยสารด่วนพิเศษและข้อมูลรถไฟฟ้าส่วนต่อขยาย สายสุขุมวิท โดยข้อมูลเหล่านี้เป็นข้อมูลสำคัญสำหรับงานวิจัยนี้เป็นอย่างยิ่ง

สุดท้ายนี้ผู้เขียนขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ที่ให้การสนับสนุนทั้งด้านกำลังทรัพย์และกำลังใจ และขอบขอบคุณพี่ ๆ เพื่อนๆ โดยเฉพาะนายศิวารักษ์ อุ่นศิวิไลย์และนายนวคุณ พิมพ์ทิมานนท์ นิสิตวิศวกรรมขนส่ง ที่คอยช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการเขียนวิทยานิพนธ์เล่มนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 3

1.5 วิธีดำเนินงานวิจัย 3

1.6 องค์ประกอบของร่างวิทยานิพนธ์ 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารด้วยแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน 6

2.2 การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง 9

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 12

2.4 สรุปการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29

บทที่ 3 วิธีการศึกษา 30

3.1 ภาพรวมของงานวิจัย 30

3.2 พื้นที่การศึกษา 31

3.3 กลุ่มตัวอย่าง 33

Chulalongkorn University

หน้า

3.4 สมมติฐานของงานวิจัย 33
3.5 วิธีการเก็บข้อมูล 40
3.6 แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล 45
บทที่ 4 การคาดการณ์ตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง 53
4.1 ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี 53
4.2 ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีและปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน 55
4.3 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 57
บทที่ 5 การสร้างแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง 58
5.1 ข้อมูลที่ในใช้แบบจำลอง 58
5.2 การสร้างแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง 60
5.3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง 64
5.4 การตรวจสอบแบบจำลอง 65
5.5 การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสาร 71
5.6 สรุปผลการวิเคราะห์แบบจำลอง 73
บทที่ 6 สรุปผลงานวิจัย 74
6.1 สรุปผลงานวิจัยในแต่ละปัจจัย 75
6.2 ข้อเสนอแนะ 78
6.3 ข้อจำกัดงานวิจัย 79
6.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 80
รายการอ้างอิง 82
ภาคผนวก ก ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 85
ภาคผนวก ข การกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 91

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ภาคผนวก ค กราฟ scatter plot ของค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าทำนายของตัวแปรตาม..... 95

ภาคผนวก ง ตารางตัวแปรคาดการณ์แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง 99

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 เมทริกซ์ของจำนวนการเดินทางที่ถ่ายเทระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทาง 7

ตารางที่ 2.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์แบ่งตามลักษณะของตัวแปร 17

ตารางที่ 2.3 ตัวแปรที่ใช้ประมาณจำนวนผู้โดยสาร สำหรับ 69 สถานีรถโดยสารด่วนพิเศษ 18

ตารางที่ 2.4 แบบจำลองสำหรับคาดการณ์จำนวนผู้โดยสาร (ขาขึ้น) สำหรับรถโดยสารด่วนพิเศษ 20

ตารางที่ 2.5 แบบจำลองอุปสงค์โดยตรงประมาณค่าจำนวนผู้โดยสาร (ขาขึ้น) สำหรับรถไฟฟ้าใต้ดิน 21

ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุวิธีกำลังสองน้อยสุดของจำนวนอัตราจ้างงานในพื้นที่และจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยในช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์ 24

ตารางที่ 2.7 แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง 25

ตารางที่ 2.8 จำนวนผู้โดยสารขาขึ้น และขาลง ที่ได้จากแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง 27

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรต้นที่ใช้พิจารณาในงานวิจัย 38

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลอง 41

ตารางที่ 4.1 ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี 54

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีและปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน 56

ตารางที่ 5.1 ตัวแปรต้นที่ใช้พิจารณาในงานวิจัย 58

ตารางที่ 5.2 แบบจำลองไม่จำกำจัดตัวแปรระหว่างแบบจำลองของทั้งสามระบบ และแบบจำลองไม่จำกัดตัวแปรที่ไม่พิจารณาระบบรถโดยสารด่วนพิเศษ 61

ตารางที่ 5.3 แบบจำลอง Semi-log Regression 63

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบแบบจำลองและแบบจำลองอย่างมีนัยสำคัญ 64

ตารางที่ 5.5 ค่าสถิติ Tolerance และค่าสถิติ VIF 66

ตารางที่ 5.6 แบบจำลองหลังแก้ไขปัญหา Heterosedasticity 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 5.7 สัมประสิทธิ์คาดการณ์และสัมประสิทธิ์จากแบบจำลอง 68

ตารางที่ 5.8 จำนวนผู้โดยสารจริง จำนวนผู้โดยสารจากแบบจำลอง 2 แบบจำลองในปี พ.ศ. 2555 71

ตารางที่ 5.9 จำนวนผู้โดยสารจริง จำนวนผู้โดยสารจากแบบจำลอง 2 แบบจำลอง 72

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1 ภาพรวมการศึกษางานวิจัย 4
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน 9
รูปที่ 2.2 โครงสร้างของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณการจราจรด้วยวิธี OTM 13
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ในการหาจำนวนประชากรและการจ้างงาน 26
รูปที่ 3.1 ภาพรวมการศึกษางานวิจัย 31
รูปที่ 3.2 ระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร 32
รูปที่ 3.3 สถานีของแต่ละระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร 32
รูปที่ 3.4 การหาพื้นที่ใช้งานของอาคาร 42
รูปที่ 3.5 การหาความยาวถนนรอบสถานี 44
รูปที่ 3.6 การหาจำนวนผู้อยู่อาศัยรอบสถานี 45
รูปที่ 5.1 แผนภาพการแจกแจงของจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี 60
รูปที่ 5.2 แผนภาพความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระต่อกัน 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การขยายตัวพื้นที่เมืองของกรุงเทพมหานครเป็นไปอย่างรวดเร็วและไร้ขอบเขต ซึ่งทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัดอย่างกว้างขวาง จึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนเพื่อให้สามารถรองรับความต้องการในการเดินทางที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอันเกิดจากการเจริญเติบโตของเมือง อย่างไรก็ดีจากประสบการณ์ที่ผ่านมาพบว่าเมื่อเปิดใช้ระบบรถไฟฟ้าในกรุงเทพมหานคร จำนวนผู้โดยสารของแต่ละระบบที่เกิดขึ้นจริงยังมีปริมาณต่ำกว่าที่คาดการณ์ไว้เมื่อก่อนทำการก่อสร้างอยู่มาก

เพื่อเป็นการดึงดูดประชากรให้มาใช้บริการระบบขนส่งมวลชนมากขึ้น จึงได้มีการนำแนวทางการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชน (Transit-Oriented Development: TOD) มาปรับใช้ (มูลนิธิโลกสีเขียว 2556) โดยการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชน หมายถึง กระบวนการจัดการพื้นที่ในเมืองให้เกิดความกระชับ ส่งเสริมการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบผสมผสาน ได้แก่ ที่อยู่อาศัย แหล่งพาณิชยกรรม ระบบบริการของเมือง พื้นที่สาธารณะรอบสถานีขนส่งมวลชน โดยการสร้างสรรค์สภาพแวดล้อมที่ดี ปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกและทางเดินเท้าให้มีคุณภาพสูง (บุณยประวิตร 2553)

ในอดีตการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารมักจะพิจารณาในระดับมหภาค คือ จำนวนผู้โดยสารทั้งหมดของแต่ละรูปแบบการเดินทาง แต่ในปัจจุบันการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารสามารถพิจารณาได้ในระดับจุลภาคซึ่งก็คือการนำแนวทางการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชนมาปรับใช้ การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารด้วยแนวคิดนี้ เรียกว่า การคาดการณ์ผู้โดยสารด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง เป็นการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารจากการใช้ประโยชน์พื้นที่รอบสถานี

สำหรับประเทศไทยงานวิจัยที่ผ่านมายังไม่มีงานวิจัยใดที่คาดการณ์จำนวนผู้โดยสารระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง แต่ในต่างประเทศมีการใช้แบบจำลองอุปสงค์โดยตรงกันอย่างแพร่หลายเนื่องจากช่วยส่งเสริมการวางแผนระบบขนส่งมวลชน และใช้การวิเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งประเทศไทยเองก็สามารถที่จะพัฒนาแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงกับข้อมูลที่มีอยู่เพื่อใช้ประกอบการวางแผนการขนส่ง โดยไม่ได้มุ่งเน้นที่จะนำแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงไปไปทดแทนแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน เป็นแต่เพียงใช้ตรวจสอบ

ซึ่งกันและกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของแต่ละสถานีจากการใช้ประโยชน์พื้นที่รอบสถานีระบบขนส่งมวลชนจากแบบจำลองให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น และทราบถึงตัวแปรที่จะส่งเสริมให้ประชาชนหันมาใช้บริการระบบขนส่งมวลชน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์หลักอยู่ 3 ประการ ดังนี้

1) ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ในปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานี และปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน
2) สร้างแบบจำลองเพื่อเปรียบเทียบจำนวนผู้โดยสารจากแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงกับจำนวนผู้โดยสารจริงที่มาใช้บริการเพื่อตรวจสอบความใกล้เคียงของผลที่คาดการณ์จากแบบจำลองกับข้อมูลจริงของส่วนต่อขยาย
3) เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนผู้โดยสารจากแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงกับความคลาดเคลื่อนผู้โดยสารจากแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนเพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ใกล้เคียงกับความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนหรือไม่

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

ขอบเขตของการวิจัยแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วน คือ 1) ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี 2) การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารรายสถานีของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร และ3) การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของจำนวนผู้โดยสารระหว่างแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงและแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน

ในส่วนที่ 1 ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร จากปัจจัยการใช้พื้นที่รอบสถานี ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานี และปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน

ในส่วนที่ 2 คาดการณ์จำนวนผู้โดยสารด้วยวิธีแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง สำหรับสถานีส่วนต่อขยายระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส สายสุขุมวิท (ส่วนต่อขยาย ได้แก่ สถานีบางจาก สถานีปุณณ-

วิถี สถานีอุดมสุข และสถานีบางนา) จากการแทนค่าแบบจำลอง ซึ่งแบบจำลองนั้นจะใช้วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (ไม่รวมส่วนต่อขยาย) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารจากแบบจำลอง

ในส่วนที่ 3 ตรวจสอบความถูกต้องของการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารจากแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง และแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน เปรียบเทียบกับจำนวนผู้โดยสารจริง

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

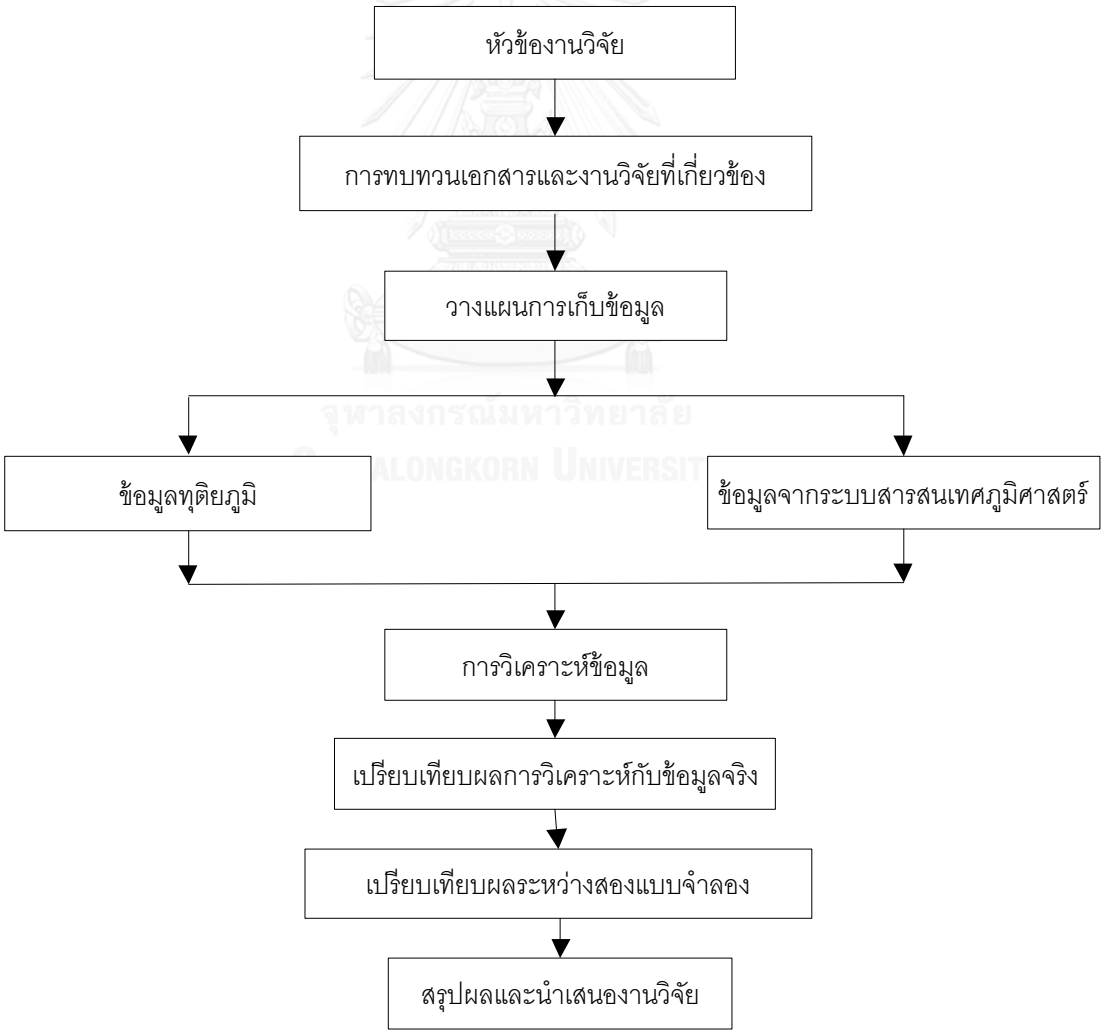
1) ทราบถึงตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี
2) สามารถคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารคาดการณ์ของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครของระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส ระบบรถไฟฟ้ามหานคร และระบบรถโดยสารด่วนพิเศษได้
3) มีแบบจำลองทางเลือกที่สามารถใช้ตรวจสอบการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน

1.5 วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอนหลัก คือ

1) สำรวจวิเคราะห์จำนวนผู้โดยสารที่จะมาใช้บริการระบบขนส่งมวลชน จากการศึกษาและรายงานต่าง ๆ ในอดีต เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์จำนวนผู้โดยสารของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร
2) รวบรวมข้อมูลของตัวแปรที่จะใช้ในการวิเคราะห์ ทั้งจำนวนผู้โดยสาร การดำเนินการของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร และลักษณะการใช้พื้นที่รอบสถานี ของทั้งระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส ระบบรถไฟฟ้ามหานคร และระบบะรถโดยสารด่วนพิเศษ รวมทั้งสิ้น 53 สถานี (ไม่พิจารณาส่วนต่อขยายสายสีลมจากสถานีกรุงธนบุรี ถึงสถานีบางหว้า และส่วนต่อขยายสายสุขุมวิทจากสถานีบางจากถึงสถานีแบริ่ง เนื่องจากเส้นทางทั้งสองยังไม่เปิดให้บริการในปี พ.ศ. 2553)

3) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด เพื่อคำนวณหาแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพ
4) เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองและข้อมูลจริงเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลการคาดการณ์
5) เปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของทั้งสองแบบจำลอง โดยพิจารณาจากจำนวนผู้โดยสารจริงและจำนวนผู้โดยสารคาดการณ์จากแบบจำลอง ว่าแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงสามารถใช้คาดการณ์โดยมีความคลาดเคลื่อนจากจำนวนผู้โดยสารไม่ต่างจากแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนมากนัก



รูปที่ 1.1 ภาพรวมการศึกษางานวิจัย

1.6 องค์ประกอบของร่างวิทยานิพนธ์

องค์ประกอบของร่างวิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วยเนื้อหารวมทั้งสิ้น 6 บท คือ

บทที่ 1 บทนำ ประกอบด้วย ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย วิธีดำเนินงานวิจัย และแผนการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสรุปการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 ขั้นตอนการวิจัย ประกอบด้วย คือ ภาพรวมของงานของวิจัย พื้นที่การศึกษา กลุ่มตัวอย่าง สมมติฐานของงานวิจัย วิธีการเก็บข้อมูลข้อมูล และแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 4 การคาดการณ์ตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง ประกอบด้วย การคาดการณ์ตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี และปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีและลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน และสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

บทที่ 5 การวิเคราะห์แบบจำลอง ประกอบด้วย ข้อมูลที่ในแบบจำลอง การวิเคราะห์แบบจำลอง การเปรียบเทียบแบบจำลอง การตรวจสอบแบบจำลอง การตรวจสอบเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธ์ การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสาร และสรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัย ประกอบด้วย สรุปผลงานวิจัย ข้อเสนอแนะ ข้อจำกัดงานวิจัย และข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะเป็นการนำเสนอข้อมูลพื้นฐาน ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของระบบขนส่งมวลชน โดยจะแบ่งเนื้อหาในส่วนนี้ออกเป็น 4 ส่วน คือ 1) การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารด้วยแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน 2) การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง 3) งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ 4) สรุปการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งรายละเอียดแต่ละส่วนมีดังต่อไปนี้

2.1 การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารด้วยแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน

การวิเคราะห์ความต้องการเดินทางด้วยแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1) แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Model) 2) แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model) 3) แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal Split or Mode Choice) และ 4) แบบจำลองการแจกแจกแจงการเดินทาง (Trip Assignment Model) แต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1.1 แบบจำลองการเกิดการเดินทาง

แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่คาดการณ์ปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ย่อยที่ศึกษา (Zones) หรืออาจกล่าวอีกนัยคือ จำนวนการเดินทางทั้งหมดที่เกิดขึ้นในเมือง โดยทั่วไปอาจจะคำนวณได้จากจำนวนประชากรที่เกิดขึ้นในพื้นที่ย่อยที่ศึกษา (ผศ. ดร. สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ 2551) เมื่อจบขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบจำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นในพื้นที่ย่อยที่ศึกษา แต่คงยังไม่สามารถระบุได้ว่าจำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นนั้นจะเดินทางไปพื้นที่ย่อยอื่นพื้นที่ใดบ้าง และมีจำนวนเท่าไร

แบบจำลองการเดินทางสามารถจำแนกออกตามวัตถุประสงค์ได้เป็น 4 ประเภท คือ 1) การเดินทางไปทำงาน (Work trips) 2) การเดินทางไปโรงเรียน (School trips) 3) การเดินทางไปซื้อสินค้า (Shopping trips) และ 4) การเดินทางเพื่อเข้าสังคมหรือสันทนาการ (Social or recreational trips) นอกจากนี้แบบจำลองการเดินทางยังสามารถแบ่งได้ตามลักษณะของการเดินทางที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย (Home-based trips: HB) และการเดินทางที่ไม่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย (Non home-based trips: NHB) อีกด้วย

2.1.2 แบบจำลองการกระจายการเดินทาง

แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่ใช้คาดการณ์ปริมาณการเดินทางว่ามีต้นทางและปลายทางเป็นพื้นที่ย่อยที่ศึกษาใดบ้าง ปริมาณการเดินทางที่ได้จะอยู่ในรูปของเมทริกซ์ของจำนวนการเดินทางที่ถ่ายเทระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทาง (OD Table) ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เมทริกซ์ของจำนวนการเดินทางที่ถ่ายเทระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทาง

จุดต้นทาง	จุดปลายทาง				
	1	2	3	4	...
1	T_{11}	T_{12}	T_{13}	T_{14}	$T_{1...}$
2	T_{21}	T_{22}	T_{23}	T_{24}	$T_{2...}$
3	T_{31}	T_{32}	T_{33}	T_{34}	$T_{3...}$
4	T_{41}	T_{42}	T_{43}	T_{44}	$T_{4...}$
....	$T_{...1}$	$T_{...2}$	$T_{...3}$	$T_{...4}$	$T_{...5}$

(ที่มา: สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551)

โดย T_{ij} คือ จำนวนการเดินทางที่จุดเริ่มต้น i และจุดปลายทาง jในการหาค่าT_{ij} ของแต่ละช่องนั้นสามารถคำนวณได้หลายวิธีแต่วิธีที่นิยมมี 2 วิธีหลัก ๆ คือ แบบจำลองความโน้มถ่วง (Gravity Model) และวิธีอัตราการเติบโต (Fratar growth factor model)

2.1.3 แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่ใช้คาดการณ์สัดส่วนรูปแบบการเดินทางของการเดินทางทั้งหมดระหว่างต้นทางและปลายทาง โดยจะใช้อรรถประโยชน์ที่ได้รับจากการเดินทาง (Utility Function) ซึ่งอยู่ในรูปของแบบจำลองโลจิท (logit model) มาพิจารณาความน่าจะเป็นในการเลือกรูปแบบการเดินทาง

แบบจำลองโลจิท (Logit model) นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) Binary logit model (BNL) ใช้ในกรณีที่มีรูปแบบการเดินทาง 2 รูปแบบ เช่น ระบบขนส่งสาธารณะ และรถยนต์ส่วนบุคคล 2) Multinomial logit model (MNL) ใช้ในกรณีที่มีรูปแบบการเดินทางมากกว่า 2 รูปแบบ เช่น รถไฟฟ้า รถโดยสารประจำทาง และรถยนต์ส่วนบุคคล และ 3) Nested logit model ใช้ในกรณีที่มีรูปแบบการเดินทางมากกว่า 2 รูปแบบ และการเลือกแต่ละครั้งมีลำดับขั้น

2.1.4 แบบจำลองการแจกแจกแจงการเดินทาง

แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่คาดการณ์จำนวนการเดินทางของแต่ละรูปแบบที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทางระหว่างต้นทางและปลายทางของพื้นที่ย่อยที่ศึกษา

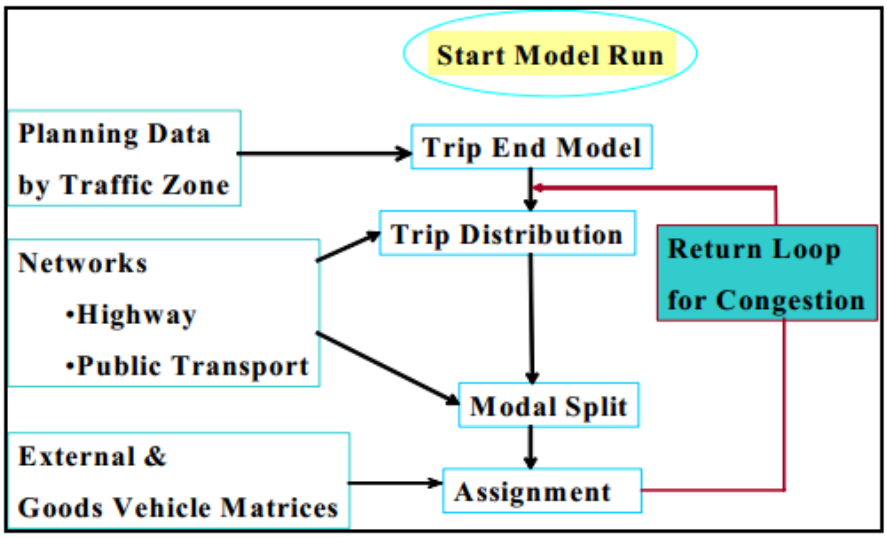
เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์หาจำนวนการเดินทางของแต่ละเส้นทางที่นิยม คือ การแจกแจงด้วยวิธีทั้งหมดหรือไม่มี (All-or-nothing assignment) การแจกแจงด้วยวิธีจุดสมดุล (Equilibrium assignment) การแจกแจงด้วยหลักความน่าจะเป็น (Stochastic assignment) และการแจกแจงแบบจล (Dynamic assignment)

แบบจำลองความต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน เป็นแบบจำลองที่ได้รับความนิยมในการนำมาคาดการณ์ค่าที่ใช้ในการวางแผนระบบขนส่ง ไม่ว่าจะเป็นจำนวนผู้โดยสารของระบบรถไฟ หรือปริมาณการจราจรบนระบบโครงข่ายถนน แต่ทว่าในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองนี้มีความยุ่งยากและซับซ้อน ทั้งในเรื่องของข้อมูลที่นำมาใช้ และการวิเคราะห์เนื่องจากการวิเคราะห์เป็นการวิเคราะห์แบบต่อเนื่องหากการวิเคราะห์ในขั้นตอนใดเกิดความผิดพลาดก็จะทำให้การคาดการณ์ก็จะผิดพลาดตามไปด้วย

2.1.5 แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน

แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน (แบบจำลอง eBUM) เป็นแบบจำลองระดับกรุงเทพมหานครและปริมณฑลที่ใช้คาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของระบบขนส่งมวลชนและจำนวนการจราจรในปัจจุบัน (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและการจราจร 2550) ถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกสำหรับโครงการ UTDM แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2540 แบบจำลองนี้ใช้หลักการของแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน คือ การเกิดการเดินทาง การกระจายการเดินทาง การเลือกรูปแบบการเดินทาง และการแจกแจงการเดินทาง โดยรูปที่ 2.1 เป็นโครงสร้างของแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน

สำหรับตัวแปรที่ใช้ในแบบจำลองได้มาจากการสำรวจข้อมูลระดับครัวเรือน ได้แก่ รายได้ต่อครัวเรือน การกระจายขนาดของครัวเรือน หมายเลขการเกิดการเดินทางตามครัวเรือนแต่ละประเภท และและจำนวนข้อมูลการจราจรที่ระดับโซนจราจร 625 โซน



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน

(ที่มา: สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2550)

2.2 การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง

แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง (Direct Demand Ridership Models) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการคาดการณ์ เปรียบเทียบ และเลือกรูปแบบระบบขนส่งในพื้นที่ชานเมืองของประเทศสหรัฐอเมริกา แบบจำลองนี้ให้ผลที่ค่อนข้างแม่นยำ และง่ายต่อการใช้ในการคาดการณ์เงินช่วยเหลือต่อระบบขนส่งมวลชน (Peers 2005) นอกจากนั้นแบบจำลองนี้ยังมีการพิจารณาการใช้พื้นที่รอบสถานีและลักษณะการให้บริการของระบบขนส่งในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสาร เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน จะพบว่าแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นมีความอ่อนไหวมากกว่าวิธีแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนในเรื่องของเงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์ เพราะวิเคราะห์เป็นระดับชุมชนและสถานีขนส่ง ซึ่งมีความละเอียดมากกกว่าพื้นที่ที่ย่อยที่ศึกษา (Traffic Zone) นอกจากนั้นในการคาดการณ์ยังเป็นการคาดการณ์จากข้อมูลที่เกิดในการให้บริการและจำนวนผู้โดยสารจริงมาวิเคราะห์ ผลที่ได้จึงมีความสอดคล้องกับความจริง

ในการใช้แบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นแบ่งได้ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ แบบจำลองอุป-สงค์โดยตรงสำหรับคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารระบบรถไฟ และแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงสำหรับคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารรถโดยสารด่วนพิเศษ โดยความแตกต่างระหว่าง 2 กลุ่มคือ ลักษณะของข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ (Nicolae Duduta 2013) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1 แบบจำลองอุปสงค์โดยตรงสำหรับคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารระบบรถไฟ

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์แบ่งได้เป็น 6 ส่วน (Peers 2005) คือ 1) ประชากรและรายได้ (Population and Income) 2) การจ้างงานในพื้นที่ (Employment) 3) ราคา (Cost) 4) ลักษณะของสถานี (Station Characteristics) 5) ลักษณะการให้บริการของระบบขนส่ง (Transit Service Characteristics) และ 6) เปรียบเทียบการเข้าถึงระหว่างรถยนต์ส่วนตัวและระบบขนส่ง (Comparative Auto and Transit Accessibility) ในแต่ละส่วนจะมีประกอบไปด้วยตัวแปรดังต่อไปนี้

<u>ประชากรและรายได้</u>

ข้อมูลในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- จำนวนประชากรภายในระยะ 0.25, 0.50 และ 1 ไมล์จากสถานี
- ความหนาแน่นของประชากรภายในระยะ 0.25, 0.50 และ 1 ไมล์จากสถานี
- รายได้ครัวเรือนเฉลี่ยภายในพื้นที่สถานี

<u>การจ้างงานในพื้นที่</u>

ข้อมูลในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- การจ้างงานในพื้นที่ภายในระยะ 0.25, 0.50 และ 1 ไมล์จากสถานี
- ความหนาแน่นของการจ้างงานในพื้นที่ภายในระยะ 0.25, 0.50 และ 1 ไมล์จากสถานี

<u>ราคา</u>

ข้อมูลในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- เวลาเดินทางเฉลี่ยไปยังสถานีระบบขนส่งมวลชนประเภทอื่น
- เวลาเดินทางเฉลี่ยไปยังสถานีระบบขนส่งมวลชนประเภทอื่นถ่วงน้ำหนักด้วยความดึงดูดของแต่ละสถานี
- ค่าโดยสารตามระยะทาง

Chulalongkorn University

ลักษณะของสถานี

ข้อมูลในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- ความจุของจุดจอดแล้วจร
- พื้นที่ของสถานี

ลักษณะการให้บริการของระบบขนส่ง

ข้อมูลในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- จำนวนของ feeder bus
- ประเภทของยานพาหนะ
- ความเร็วในการให้บริการของระบบ
- ความถี่ของรถไฟ

เปรียบเทียบการเข้าถึงระหว่างรถยนต์ส่วนตัวและระบบขนส่ง

ข้อมูลในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- ระยะเวลาการเดินทางจากสถานีไปยังสถานที่อื่นภายในเมืองและปริมณฑล
- ระยะเวลาการเดินทางของรถยนต์ส่วนตัวไปยังสถานที่อื่นภายในเมืองและปริมณฑล

2.2.2 แบบจำลองอุปสงค์โดยตรงสำหรับคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารรถโดยสารด่วนพิเศษ

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์แบ่งได้เป็น 3 ส่วน (Cervero, Murakami et al. 2009) คือ 1) กลุ่มตัวแปรการให้บริการ (Service attributes) 2) กลุ่มตัวแปรพื้นที่รอบสถานี (Location and neighborhood attributes) และ 3) กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับสถานี (Station attributes) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

กลุ่มตัวแปรการให้บริการ

ข้อมูลในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- ความถี่ในการให้บริการ
- ความเร็วในการให้บริการ

- จำนวนของ feeder bus
- ความถี่ในการให้บริการของ feeder bus

<u>กลุ่มตัวแปรการพื้นที่รอบสถานี</u>

ข้อมูลในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- ความหนาแน่นของประชากรรอบสถานี
- ความหนาแน่นของอัตราการจ้างงานรอบสถานี
- ขนาดของพื้นที่รอบสถานี
- ลักษณะของสถานี

<u>กลุ่มตัวแปรเกี่ยวกับสถานี</u>

ข้อมูลในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- ระบบข้อมูลสำหรับการให้บริการแก่ผู้โดยสาร
- ความจุของจุดจอดแล้วจร

แบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้น เป็นแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ที่ไม่ซับซ้อนและยุ่งยากเพราะข้อมูลที่นำมาใช้นั้นเป็นข้อมูลที่มีการเก็บข้อมูลเป็นปกติ ไม่ว่าจะเป็นจำนวนผู้โดยสารที่มาใช้บริการจริง หรือข้อมูลการให้บริการของระบบขนส่งเองจึงทำให้ค่าใช้จ่ายในการเก็บข้อมูลไม่สูงและไม่ยุ่งยาก นอกจากนั้นในการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงยังสามารถทำการวิเคราะห์ได้ว่าตัวแปรใดที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารในการเข้ามาใช้บริการ จึงทำให้การพัฒนาหรือปรับปรุงระบบขนส่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้โดยสาร ซึ่งถือได้ว่าเป็นการสนับสนุนให้มีการใช้ระบบขนส่งมวลชนมากยิ่งขึ้นนั่นเอง

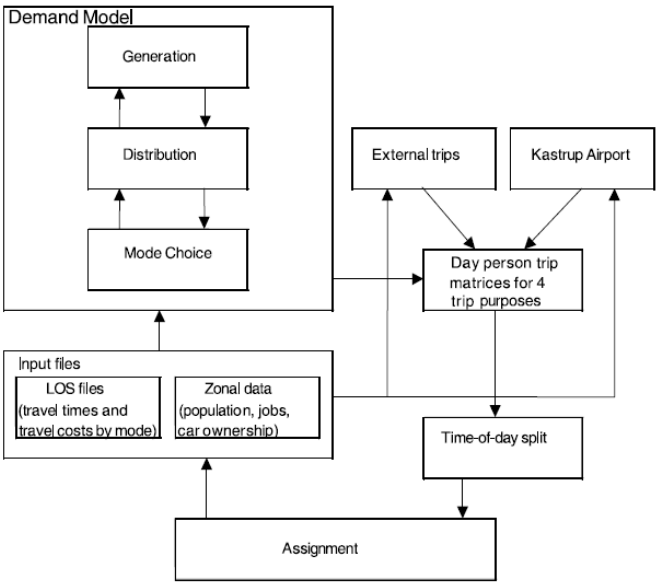
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ การคาดการณ์ผู้โดยสารที่ใช้แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนในงานวิจัยและการคาดการณ์ผู้โดยสารด้วยวิธีแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงซึ่งทั้ง 2 ส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 การคาดการณ์ผู้โดยสารที่ใช้แบบจำลองต่อเนื่อง 6 ขั้นตอนในงานวิจัย

จากการทบทวนงานวิจัยในอดีตนั้นพบว่า มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่ได้มีการนำแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนมาใช้ในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสาร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Goran Jovicic and Christian Overgaard Hansen (2003) ได้มีการจัดทำแบบจำลองความต้องการการเดินทางของเมืองโคเปนเฮเก้น โดยเป็นส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์ปริมาณการจราจรที่เรียกว่าวิธี Orestad traffic model (OTM) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการคาดการณ์ระยะสั้น (Short term) และคาดการณ์ระยะปานกลาง (Medium term) วิธีการวิเคราะห์ปริมาณการจราจรมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 โครงสร้างของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณการจราจรด้วยวิธี OTM

(ที่มา: Goran Jovicic and Christian Overgaard Hansen, 2003)

สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองความต้องการการเดินทาง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างการวิเคราะห์ปริมาณการจราจรนั้นประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ 1) แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Model) 2) แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model) และ3) แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal Split or Mode Choice) ในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แบบจำลองการเดินทาง ส่วนนี้จะใช้แบบจำลองโลจิทสองทางเลือก (Binary Logit Model) สำหรับอธิบายจำนวนการเดินทางที่เข้ามาในพื้นที่เป้าหมายในปีต่าง ๆ โดยข้อมูลที่

นำมาใช้ในการวิเคราะห์จำนวนการเดินทางพิจารณาจาก ประเภทของอาชีพ จำนวนรถยนต์ส่วนตัวต่อคนในครัวเรือน หลังจากการวิเคราะห์แล้วจะได้สมการที่ใช้ในการคาดการณ์จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ย่อยดังสมการที่ 2.1

$$T_i^x = M_i(PredTr_i^x / PredTr_i^{92}) \quad (2.1)$$

เมื่อ T_i^x คือ จำนวนการเดินทางในโซน i ของแต่ละปี x M_i คือ จำนวนการเดินทางจากการเก็บข้อมูลโซน i ในปีฐาน $\mathrm{PredTr_i^x}$ คือ จำนวนการเดินทางที่คาดการณ์ในแต่ละปี และ $\mathrm{PredTr_i^{92}}$ คือ จำนวนการเดินทางที่คาดการณ์ในปีฐาน

แบบจำลองการกระจายการเดินทาง ในส่วนนี้จะเป็นการหาจำนวนการเดินทางจากพื้นที่ย่อยหนึ่งไปยังพื้นที่ย่อยหนึ่ง โดยแบ่งพื้นที่ย่อยออกเป็น 601 พื้นที่ ซึ่งแต่ละพื้นที่มีสมการอรรถประโยชน์ (Utility function) ในรูปของแบบจำลองโลจิทเป็นของตัวเอง โดยสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์จำนวนการเดินทางจากพื้นย่อยหนึ่งไปยังอีกพื้นที่ย่อยอื่น ๆ เป็นไปตามสมการที่ 2.2

$$T_{\mathrm{ij}}^{\mathrm{x}} = T_i^x \exp(V_{ij}) \,/\, \textstyle\sum_j \exp(V_{ij}) \quad (2.2)$$

เมื่อ $T_{\mathrm{ij}}^{\mathrm{x}}$ คือจำนวนการเดินทางจากพื้น i ไปยังพื้นที่ j ในแต่ละปี และ V_{ij} คือ ค่าจากสมการอรรถประโยชน์จากพื้นที่ i ไปยังพื้นที่ j

แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง ในส่วนนี้เป็นการเลือกรูปแบบการเดินทาง โดยเน้นไปในการพิจารณามูลค่าของเวลาในการเดินทาง (Values of travel time) เป็นหลักซึ่งรูปแบบการเดินทางที่ใช้ในการพิจารณามี 5 ประเภท คือ รถโดยสารประจำทาง รถไฟ รถไฟใต้ดิน รถยนต์ส่วนบุคคล และการเดินเท้าและจักรยาน

สำหรับข้อมูลอีก 2 ส่วน คือ จำนวนการเดินทางจากภายนอกและจำนวนการเดินทางจากสนามบิน Kastrup นั้นจะมีการพิจารณาแยกออกมาจากแบบจำลองความต้องการเดินทาง สำหรับจำนวนการเดินทางจากภายนอกนั้นพิจารณาจากพื้นที่ท่าเรือ 17 พื้นที่ที่มายังพื้นที่ศึกษา ส่วนจำนวนการเดินทางจากสนามบินนั้นจะมีการวิเคราะห์รูปแบบการเดินทาง 3 ประเภท คือ รถโดยสารประจำทาง รถไฟ และรถยนต์ส่วนตัวจากการสำรวจด้วยแบบสอบถาม

เมื่อได้ข้อมูลทั้ง 3 ส่วนมาแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือการสร้างแบบจำลองการแจกแจกแจงการเดินทางเพื่อจะได้ทราบถึงปริมาณการจราจรในพื้นที่เมืองโคเปนฮาเก้น ตั้งแต่ปี 1992 ถึง ปี 2010 ของแต่รูปแบบการเดินทางในแต่ละปี ผลจากการคาดการณ์นี้จะนำไปพัฒนาและปรับปรุงระบบขนส่งให้สอดคล้องและเหมาะสมกับความต้องการในการเดินทางมายังเมืองโคเปนเฮเก้น

ในการวิเคราะห์จำนวนผู้โดยสารด้วยวิธี OTM นั้นข้อมูลเป็นจำนวนมากถูกนำมาพิจารณา พร้อม ๆ กันการวิเคราะห์ข้อมูลจึงเป็นไปอย่างซับซ้อน นอกจากนั้นการพิจารณาในการเลือกรูปแบบการเดินทางพิจารณาเพียงมูลค่าของเวลาการเดินทางเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงการเลือกใช้รูปแบบการเดินทางมีองค์ประกอบหลายปัจจัยด้วยกัน การพิจารณาเพียงมูลค่าของเวลาการเดินทางเพียงอย่างเดียวอาจจะไม่เพียงพอ (Goran Jovicic and Christian Overgaard Hansen 2003)

Sanko, Morikawa และ Nagamatsu (2013) ศึกษาสาเหตุของการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารที่สูงเกินความเป็นจริงสำหรับรถไฟสาย Tokadai ด้วยวิธีแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนที่ใช้ในการคาดการณ์ก่อนเริ่มโครงการสำหรับขั้นตอนในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารนั้นแบ่งออกเป็น 6 ส่วนดังนี้ 1) พื้นที่เป้าหมาย 2) พื้นที่รอบสถานี แบ่งเป็น 2 รัศมี คือ 1000 เมตรสำหรับสาย Tokadai New Town และ 500 เมตร สำหรับพื้นที่อื่น ๆ 3) จำนวนประชากร แบ่งเป็นเดินทางข้ามคืน เดินทางช่วงกลางวัน และจำนวนการจ้างงาน 4) วัตถุประสงค์ของการเดินทางในแต่ละการเดินทาง 5) วัตถุประสงค์ในการกระจายการเดินทางในแต่ละการเดินทางและ 6) การเลือกรูปแบบการเดินทางในแต่การเดินทาง ทั้ง 6 ส่วน นี้เมื่อนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนจะทำให้การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารสูงเกินความเป็นจริง

หลังจากรถไฟได้เปิดให้บริการไปแล้วจำนวนผู้โดยสารไม่เป็นไปตามที่คาดจึงมีการตรวจสอบหาสาเหตุที่ผลที่คาดการณ์กับความเป็นจริงแตกต่างกันมากไป พบว่าในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารก่อนการเปิดให้บริการนั้นมี 4 สาเหตุหลักที่ทำให้การคาดการณ์ผู้โดยสารสูงเกินไป ในแต่ละส่วนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 1) พื้นที่เป้าหมาย สำหรับจำนวนผู้โดยสารที่จะมาใช้บริการ ผู้วิจัยไม่ได้ไม่ได้เป็นผู้ประมาณเองทั้งหมด ทำให้ข้อมูลในส่วนนี้คาดเคลื่อนไปมาก 2) จำนวนผู้โดยสารข้ามคืน เนื่องจากผู้โดยสารข้ามคืนในสถานีนั้นยังมีปัญหาในการนับเนื่องจากจำนวนผู้โดยสารเดินทางข้ามคืนอาจไม่ได้มีจุดหมายปลายทางที่สถานีสายนี้ทั้งหมด 3) ความล้มเหลวในการพิจารณาการแข่งขันระหว่างรถไฟ ในการพิจารณารูปแบบการเดินทางมายังพื้นที่เป้าหมายนั้นจะพิจารณาเฉพาะรถไฟสาย Tokadai ไม่พิจารณารถโดยสาร เพราะไม่ส่งผลต่อการคาดการณ์มากนัก แต่ทว่าในความเป็นจริงการเดินทางมายังพื้นที่นี้ยังมีรถไฟเจอาร์ (JR Railway) เพราะถือว่ามีระดับการให้บริการ (Level of service) สูงกว่า และ 4) ความไม่เหมาะสมในการเลือกรูปแบบการเดินทาง รูปแบบการเดินทางที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นมี 2 รูปแบบ คือ รถไฟ และรถยนต์ส่วนบุคคล จึงใช้วิธีแบบจำลองโลจิทสองทางเลือกในการวิเคราะห์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงที่ว่ารูปแบบการเดินทางมายังพื้นที่ไม่ได้มีเพียง 2 รูปแบบเท่านั้น

การวิเคราะห์ผลการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารย้อนหลังนั้นถือได้ว่าเป็นการพัฒนาให้การสร้างแบบจำลองให้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น เพราะจะทราบถึงข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป (Sanko Nobuhiro, Morikawa Takayuki et al. 2013)

2.3.2 การคาดการณ์ผู้โดยสารด้วยวิธีแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง

จากการทบทวนงานวิจัยในอดีตนั้นพบว่า มีงานวิจัยจำนวนหนึ่งที่ได้มีการนำแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงมาใช้ในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสาร มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

Robert Cervero, Jin Murakami และ Mark Miller (2009) ได้จัดทำงานวิจัยการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของรถโดยสารด่วนพิเศษ (BRT) ในเมืองลอส แอนเจลิส (Los Angeles) โดยตัวอย่างในงานวิจัยจำนวนทั้งสิ้น 69 สถานี ใน 3 เส้นทาง คือ สายที่เชื่อมต่อกับรถ Metro สายสีส้ม และสายสีฟ้า และมีจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยเป็นจำนวน 744 คน สำหรับการวิเคราะห์นั้นได้ใช้แบบจำลองอุปสงค์ (Direct ridership) ซึ่งเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งแทนวิธีแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของ สภาพแวดล้อมที่ถูกสร้างขึ้น (Built Environment) การบริการของระบบขนส่ง (Transit Service) และ จำนวนผู้โดยสาร (Ridership)

การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้เป็นการวิเคราะห์จำนวนผู้โดยสารทั้งขาขึ้นละขาลงที่ป้ายหยุด (Stop) และสถานี (Station) ในช่วงเวลา โดยตัวแปรที่ใช้นั้นสามารถแบ่งได้ออกออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม 1) กลุ่มตัวแปรการให้บริการ 2) กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของพื้นที่สถานี และ 3) กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับป้ายหยุด (Bus stop/Site attributes) ซึ่งรายละเอียดเป็นไปตามตารางที่ 2.2

Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์แบ่งตามลักษณะของตัวแปร

Variable Class	Variable List
การให้บริการของรถโดยสารด่วนพิเศษ (BRT)	• จำนวนรถบัสทั้งสองทิศทางรายวัน • จำนวนชั่วโมงในการให้บริการรายวัน • จำนวนรถ feeder bus ที่ตั้งฉากกับสถานีรายวัน • จำนวนสายรถ feeder bus ที่ตั้งฉากกับสถานี • จำนวนการเชื่อมต่อกับรถใต้ดินต่อวัน • จำนวนการให้บริการของรถไฟสายคู่ขนานต่อวัน • จำนวนการให้บริการของรถไฟสายตั้งฉากต่อวัน • อัตราร้อยละของทางเฉพาะรถ BRT
ที่ตั้งและลักษณะรอบสถานี (ระยะ 0.5 ไมล์จากสถานี)	• ความหนาแน่นของประชากรรอบสถานี ในปี 2543 • ความหนาแน่นของการจ้างงาน ในปี 2543 • ความหนานแน่นรวมระหว่างประชากรและการจ้างงานรอบสถานี ในปี 2543 • ค่าความเชื่อมต่อ (Street connectivity index) • ระยะทางถึงสถานีถัดไปที่ใกล้ที่สุด • สถานีปลายทาง
สิ่งอำนวยความสะดวกในสถานี	• จุดจอดแล้วจร • ความจุจุดจอดแล้วจร • จุดพักระหว่างรอรถบัส • ตารางข้อมูลรถโดยสาร • ระบบข้อมูลผู้โดยสาร (Next bus) • จุดรอรถบัสแบบมีหลังคา • จุดเชื่อมต่อรถบัสสำหรับเดินทางไกล • ป้ายแสดงสัญลักษณ์ของรถ BRT

(ที่มา: Cervero, Murakami et al., 2009)

ในการวิเคราะห์จะใช้การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุกำลังสองน้อยสุดเพื่อคาดการณ์จำนวนผู้โดยสาร ผลที่ได้เป็นไปตามตารางที่ 2.3 ซึ่งตัวแปรของกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของพื้นที่สถานีที่สำคัญ คือ ความหนาแน่นของประชากรภายในระยะทาง 0.5 ไมล์ จากป้ายรถ ซึ่ง

มีสัมประสิทธิ์เป็น 0.017 จะพบว่ายิ่งประชากรหนาแน่นมากขึ้นก็จะมีปริมาณผู้โดยสารมากขึ้น โดยหากมีประชากรเพิ่มขึ้นในระยะรัศมี 0.5 ไมล์จำนวน 5000 ถึง 10000 คน จะทำให้มีผู้โดยสารเพิ่มประมาณ 170 คน ถ้าตัวแปรอื่นคงที่ และตัวแปรกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับป้ายหยุด มีตัวแปร 2 ตัวที่มีความสำคัญ คือ ระยะทางที่ใกล้รถโดยสารด่วนพิเศษมากที่สุด ยิ่งระยะทางรอบสถานีมากขึ้นเท่าไร จำนวนผู้โดยสารก็จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ดังจะเห็นจากค่าสัมประสิทธิ์มีค่า 261.705 ซึ่งหมายถึง หากมีจุดจอดรถที่ห่างออกไป 1.5 ไมล์จากสถานีรถโดยสารด่วนพิเศษที่ใกล้ที่สุด จะมีผู้โดยสารเพิ่มขึ้นประมาณ 260 คน และตัวแปรที่สอง คือ ความจุของจุดจอดแล้วจร มีสัมประสิทธิ์เป็น 0.514 ซึ่งมีค่าเป็นบวก แสดงว่าหากมีจุดจอดแล้วจรจะมีแนวโน้มผู้โดยสารเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 2.3 ตัวแปรที่ใช้ประมาณจำนวนผู้โดยสาร สำหรับ 69 สถานีรถโดยสารด่วนพิเศษ

ตัวแปร	Cof.	Beta	t	Sig.
<u>การให้บริการของรถโดยสารด่วนพิเศษ</u>				
จำนวนรถบัสทั้งสองทิศทางรายวัน (both directions)	5.103	0.176	3.771	0.000
จำนวนรถ feeder bus ที่ตั้งฉากกับสถานีรายวัน	73.921	0.080	2.051	0.045
จำนวนสายรถ feeder bus ที่ตั้งฉากกับสถานี	6.722	0.126	3.476	0.001
ที่ตั้งและลักษณะรอบสถานี				
ความหนาแน่นของประชากรรอบสถานี	0.017	0.134	4.303	0.000
ระยะทางถึงสถานีถัดไปที่ใกล้ที่สุด	261.705	0.060	1.736	0.088
<u>ปฏิสัมพันธ์</u>				
ทางเฉพาะของรถโดยสารด่วนพิเศษและfeeder bus (0-1)*จำนวนรถ feeder bus ที่ตั้งฉากกับสถานีรายวัน	124.557	0.123	2.005	0.050
ทางเฉพาะของรถโดยสารด่วนพิเศษและfeeder bus (0-1)*จำนวนสายรถ feeder bus ที่ตั้งฉากกับสถานี	52.891	0.533	13.807	0.000
ทางเฉพาะของรถโดยสารด่วนพิเศษและความจุจุดจอดแล้วจร(0-1)*จำนวนจุดจอดแล้วจร	0.514	0.093	2.087	0.043
ทางเฉพาะของรถโดยสารด่วนพิเศษและความจุจุดจอดแล้วจร (0-1)*ความหนานแน่นรวมระหว่างประชากรและการจ้างงานรอบสถานี	0.036	0.185	3.202	0.002
ค่าคงที่	-541.164	-	-3.50	0.001

สรุปผลทางสถิติ: R Square = 0.952 F Statistic (prob.) = 129.011 (.000) จำนวนตัวอย่าง = 69				

(ที่มา: Robert Cervero, Jin Murakami and Mark Miller, 2009)

หลังจากการวิเคราะห์ได้มีการตรวจสอบจำนวนผู้โดยสารที่ได้จากการประมาณด้วยสมการและจำนวนผู้โดยสารจริงพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุเป็น 0.952 จึงถือได้ว่าสมการที่ใช้ในการประมาณมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงความเป็นจริง

การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของรถโดยสารด่วนพิเศษด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้น ข้อมูลที่นำมาพิจารณาบางข้อมูลมีความสอดคล้องกับวิทยานิพนธ์ ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำตัวแปรบางตัวมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่นที่รวบรวมได้ต่อไป (Cervero, Murakami et al. 2009)

Nicolae Duduta (2013) ได้มีการจัดทำแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงของรถโดยสารด่วนพิเศษและระบบรถไฟฟ้าใต้ดินของกรุงเม็กซิโกซิตี้ (Mexico's City) แต่ทว่าเทคโนโลยีและลักษณะการให้บริการของรถโดยสารด่วนพิเศษและรถไฟฟ้าใต้ดินนั้นมีความแตกต่างกัน จึงทำการวิเคราะห์แบบจำลองเป็น 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองของรถโดยสารด่วนพิเศษ และแบบจำลองของรถไฟฟ้าใต้ดิน

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มพื้นที่รอบสถานี สำหรับเมืองเม็กซิโกซิตี้ นั้นจะพิจารณาที่ระยะเดินภายในเวลา 10 ถึง 15 นาที ซึ่งตัวแปรในกลุ่มนี้ประกอบไปด้วยระยะทางเป็นเมตรไปยังสถานีที่ใกล้ที่สุดในรถไฟสายเดียวกันและความหนาแน่นของสถานี คือจำนวนสถานีภายในระยะรัศมี 5 กิโลเมตร 2) กลุ่มความเชื่อมโยงของเครือข่ายและความง่ายในการเข้าถึงศูนย์กลางธุรกิจ สำหรับตัวแปรความเชื่อโยงของเครือข่ายจะพิจารณาในเรื่องของความเชื่อมต่อระหว่างระบบรถโดยสารด่วนพิเศษและรถไฟฟ้าใต้ดิน ส่วนตัวแปรความง่ายในการเข้าถึงศูนย์กลางธุรกิจนั้นจะพิจารณาถึงการเข้าถึงศูนย์กลางธุรกิจของสถานี 3) ความหนาแน่นของพื้นที่สถานี สำหรับตัวแปรในกลุ่มนี้จะพิจารณาในเรื่องของลักษณะพื้นที่รอบสถานี เช่น ลักษณะของความสูง-ต่ำของตึกในพื้นที่ แบ่งความหนาแน่นออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่หนึ่ง คือ ความหนาแน่นต่ำ โดยกลุ่มความหนาแน่นต่ำนั้นพื้นที่รอบสถานีบางส่วนได้รับการพัฒนา มีตึกสูงไม่เกิน 2 ชั้นและไม่มีการใช้พื้นที่แบบผสม สถานีประเภทนี้มักเป็นสถานีประเภทที่พักอาศัยซึ่งอยู่ไกลจากพื้นที่ศูนย์กลางเมือง ประเภทที่สอง คือ ความหนานแน่นปานกลาง โดยกลุ่มความหนาแน่นปานกลางนั้นพื้นที่รอบสถานีทั้งหมดได้รับการพัฒนา มีตึกสูง

ระหว่าง 3 ถึง 8 ชั้น และมีการใช้พื้นที่แบบผสมระหว่างที่พักอาศัย พาณิชยกรรม รวมไปถึงการใช้งานประเภทอื่น ๆ และประเภทที่สาม คือ ความหนาแน่นสูง โดยกลุ่มความหนาแน่นสูงนั้นพื้นที่รอบสถานีทั้งหมดได้รับการพัฒนา มีตึกสูงมากกว่า 8 ชั้น หรือสถานที่ที่น่าสนใจ เช่น ห้างสรรพสินค้า สถานีประเภทนี้มักอยู่ในพื้นที่ศูนย์กลางเมือง และ 4) เส้นทางของรถโดยสาร จำนวนของรถโดยสารที่มายังสถานีคือเป็นตัวแปรหนึ่งที่มีความสำคัญ เพราะหากสถานีไหนมีจำนวนรถโดยสารมาก ก็จะมีจำนวนผู้โดยสารมากขึ้นตามไปด้วย

ตารางที่ 2.4 แบบจำลองสำหรับคาดการณ์จำนวนผู้โดยสาร (ขาขึ้น) สำหรับรถโดยสารด่วนพิเศษ

	Coefficient	P
จำนวนสายรถโดยสารที่มาเชื่อมต่อ	61.9	0.662
ความหนาแน่นของพื้นที่รอบสถานี (1=ต่ำ, 2 = ปานกลาง, 3 = สูง)	3120.6	0.000
เชื่อมต่อกับรถไฟใต้ดิน (0 = ไม่ 1 = ใช่)	2510.1	0.050
สถานีปลายทาง (0 =ไม่, 1 = ใช่)	8759.3	0.000
ขนาดพื้นที่ที่สนใจ (ระยะไปสถานีที่ใกล้ที่สุด, เมตร)	5.2	0.008
ค่างคงที่	-2395.1	0.234
จำนวนตัวอย่าง	51	
R^2	0.51	
F (prob)	9.38 (p<0.001)	

(ที่มา: Nicolae Duduta, 2013)

ในการวิเคราะห์แบบจำลองนั้นจะใช้วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุ ซึ่งผลของรถโดยสารด่วนพิเศษและรถไฟฟ้าใต้ดินที่ได้เป็นไปตามตารางที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ผลของแบบจำลอง พบว่าสถานีรับส่งผู้โดยสารเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารมากที่สุด สำหรับรถโดยสารด่วนพิเศษ ส่วนความหนาแน่นของพื้นที่สถานีนั้นมีความสำคัญทั้งรถโดยสารด่วนพิเศษและรถไฟฟ้าใต้ดิน นั่นคือเมื่อพิจารณาตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารจะทำให้รู้ว่าปัจจัยใดที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร โดยงานวิจัยนี้จะพบว่าการพัฒนาสถานีรับส่งผู้โดยสารจะทำให้ผู้โดยสารมาใช้บริการมากขึ้นสำหรับรถโดยสารด่วนพิเศษ และความหนาแน่นของพื้นที่รอบสถานีจะทำให้ผู้โดยสารมาใช้บริการมากขึ้นเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 2.5 แบบจำลองอุปสงค์โดยตรงประมาณค่าจำนวนผู้โดยสาร (ขาขึ้น)
สำหรับรถไฟฟ้าใต้ดิน

	Non-CBD model		CBD model	
	Coef.	P	Coef.	P
ขนาดพื้นที่ที่สนใจ (ระยะไปสถานีที่ใกล้ที่สุด, เมตร)	7.2	0.178	-	-
จำนวนสายรถโดยสารที่มาเชื่อมต่อ	305	0.353	1224.8	0.002
จำนวนรถบัสและเส้นทางรถโดยสารด่วนพิเศษ* ช่องทางเฉพาะ (0 - 1)	981	0.034	-	-
ท่ารถที่สถานี (0 = ไม่, 1 = ใช่)	17586	0.000	-	-
ความหนาแน่นของพื้นที่รอบสถานี (1=ต่ำ, 2 = ปานกลาง, 3 = สูง)	8909.4	0.000	16161.5	0.000
จำนวนสายรถไฟใต้ดินที่สถานี	8628.5	0.049	-	-
ตรงไปศูนย์กลางเมือง (0 = ไม่, 1 = ใช่)	9390	0.000	n/a	n/a
สถานีรถไฟหรือรถโดยสารระยะทางไกลเมือง (0 = ไม่, 1 = ใช่)	-	-	29674.5	0.044
ค่าคงที่	-16347	0.050	-73.9	0.349
จำนวนตัวอย่าง	84		84	
R^2	0.54		0.51	
F (prob)	12.87 (p<0.001)		12.89 (p<0.001)	

(ที่มา: Nicolae Duduta, 2013)

การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารสำหรับงานวิจัยนี้ตัวแปรที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์มีเฉพาะด้านของลักษณะของสถานี ไม่มีการพิจารณาในเรื่องระบบการให้บริการของรถโดยสารด่วนพิเศษและรถไฟฟ้าซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเข้ามาใช้บริการระบบขนส่งทั้งสอง (Nicolae Duduta 2013)

Usvyat Meckel และ Dicarlantonio (2009) ได้มีการจัดทำการประมาณจำนวนผู้โดยสารของ ระบบรถไฟฟ้า (Heavy-rail) ซึ่งตัวอย่างในการวิเคราะห์มีทั้งสิ้น 474 สถานีจากเมืองตัวแทน ได้แก่ บาล-ทิมอ (Baltimore) บอสตัน (Boston) ชิคาโก้ (Chicago) เคลฟแลนด์ (Cleveland) ลอสเองเจลลิส (Los Angeles) ไมอามี่ (Miami) นิวยอร์ค (New York) ฟิลาเดเฟีย (Philadephia) ซานฟรานซิสโก (San Frncisco) และ วอชิงตัน ดีซี (Washington, DC) ด้วยวิธีการ

วิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุเชิงเส้น เนื่องจากงานวิจัยคาดหวังว่าจำนวนผู้โดยสารที่มาใช้บริการ (Boarding) ขึ้นตรงกับข้อมูลประชากร

สำหรับข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนี้สามารถแบ่งออกเป็น 4 หมวดหลัก ๆ ดังนี้ 1) ข้อมูลประชากรรอบพื้นที่สถานี (Station Area Demographics) 2) ข้อมูลเฉพาะของแต่ละสถานี (Station-Specific Transportation Attributes) 3) ข้อมูลลักษณะประชากรตามแนวเส้นทางเชื่อมต่อกับสถานีรถไฟ (Corridor demographic characteristics) และ 4) ข้อมูลลักษณะประชากรในพื้นที่รถไฟฟ้าใต้ดิน (Metro area demographic characteristics and transportation Attributes) ตามลำดับ โดยแต่ละหมวดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลประชากรรอบพื้นที่สถานี

ข้อมูลประชากรพื้นที่รอบสถานีสามารถวัดเป็นรัศมี 0.25, 0.5, 1และ 2 ไมล์ ตามลำดับ โดยตัวแปรที่ต้องการเก็บจากหมวดนี้ คือ จำนวนการจ้างงาน ประชากร สัดส่วนประชากรต่อจำนวนการจ้างงาน จำนวนประชากรที่มีอายุมากกว่า 16 จำนวนเฉลี่ยของสมาชิกในครอบครัว รายได้ครัวเรือน จำนวนยานพาหนะต่อครัวเรือน จำนวนครัวเรือนที่ไม่มีการครอบครองยานพาหนะ จำนวนครัวเรือนที่มีการครอบครองยานพาหนะ สัดส่วนจำนวนครัวเรือนที่ไม่มีการครอบครองยานพาหนะต่อจำนวนครัวเรือนที่มีการครอบครองยานพาหนะ จำนวนครัวเรือนที่มีการครอบครองยานพาหนะ 1 คัน จำนวนครัวเรือนที่มีการครอบครองยานพาหนะ 2 คัน และจำนวนครัวเรือนที่ครอบครองยานพาหนะมากกว่า 3 คัน

2) ข้อมูลเฉพาะของแต่ละสถานี

มีรถ feeder bus ให้บริการหรือไม่ จำนวนรถโดยสารที่มายังสถานี มีการเชื่อมต่อกับรถไฟประเภทอื่นหรือไม่ จำนวนสายรถไฟที่เชื่อมต่อกับสถานี มีจุดจอดแล้วจรหรือไม่ เป็นสถานี terminal หรือไม่ ความถี่ในการให้บริการในช่วงเวลาเร่งด่วนทั้งเช้าและเย็น (นาที) ความถี่ในการให้บริการช่วงกลางวัน (นาที) ความถี่ในการให้บริการช่วงเสาร์-อาทิตย์ (นาที) จำนวนชั่วโมงที่เปิดให้บริการ ระยะทางที่ไปสถานีที่ใกล้ที่สุด (ไมล์)

3) ข้อมูลลักษณะประชากรตามแนวเส้นทางเชื่อมต่อกับสถานีรถไฟ

สำหรับการวัดพื้นที่รอบสถานี จะวัดพื้นที่รอบสถานีรัศมี 2 ไมล์ จากสถานี โดยตัวแปรที่ต้องการมีดังนี้ สัดส่วนจำนวนครัวเรือนที่ไม่มีการครอบครองยานพาหนะต่อจำนวนครัวเรือนที่มี

การครอบครองยานพาหนะ จำนวนครัวเรือนที่มีการครอบครองรถยนต์มาเส้นทาง จำนวนครัวเรือนที่ไม่มีการครอบครองรถยนต์มาเส้นทาง จำนวนการจ้างงานทั้งหมดตามเส้นทาง จำนวนประชากรทั้งหมดตามเส้นทาง และสัดส่วนจำนวนการจ้างงานทั้งหมดต่อจำนวนประชากรทั้งหมดตามเส้นทาง

4) ข้อมูลลักษณะประชากรในพื้นที่รถไฟฟ้าใต้ดิน

รายได้ครัวเรือนในพื้นที่รถไฟฟ้าใต้ดิน จำนวนยานพาหนะต่อครัวเรือนในพื้นที่รถไฟฟ้าใต้ดิน พื้นที่รถไฟฟ้าใต้ดิน (ตารางไมล์) การจ้างงานของรถไฟฟ้าใต้ดิน และจำนวนพนักงานรถไฟฟ้าใต้ดิน

ในการวิเคราะห์เครื่องมือที่ใช้ คือ โปรแกรม ArcGIS Maptitude และ SPSS โดยมีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 10 รัฐ จำนวนสถานี 474 สถานี ทั้งกลุ่มที่เป็น สถานีศูนย์กลางย่านธุรกิจและไม่เป็นศูนย์กลางย่านธุรกิจ ซึ่งผลที่ได้เป็นไปตามสมการที่ 2.3 และมีค่าตัดสินใจเชิงพหุเท่ากับ 0.619

จำนวนผู้โดยสารขาขึ้น = -971. 7
+1625.1*(If this is a terminal station, 0 if not)
+1345.9*(If this satation is a secondart downtown, 0 if not)
+ 1709.7*(If this is a special transit attractor station, 0 if not)
+ 69.5*(number of buses connecting to this station)
+ 883.6*(if there is connection to other rail modes, 0 if not)
+115.4*(distance to downtown, in miles)
- 2791.8*(ln(midday headway in minutes))
+ 0.024*(CBD density, in empkoyees per aquare mile)
+ 0.224*(employment within 0.25 miles of the station)
+ 0.133*(employment within 0.25 to 0.5 miles of the station)
+ 0.219*(population within 0.25 to 0.50 miles of the station)
+ 5938.1*(employment within 2 miles of entrie line div by population)

(2.3)

จากงานวิจัยนี้จะพบว่าเราสามารถเพิ่มจำนวนตัวแปรได้ตามความเหมาะสม และสามารถหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องการพัฒนาได้ และตัวแปรบางตัวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยจึงได้นำตัวแปรเหล่านั้นมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่นที่รวบรวมได้ต่อไป (Usvyat Len, Meckel Linda et al. 2009)

Erick Guerra, Robert Cervero และ Daniel Tischler (2011) ได้มีการวิเคราะห์ถึงรัศมีรอบสถานีที่มีผลต่อจำนวนกับผู้โดยสารมากที่สุด และคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารด้วยวิธีแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง

ในส่วนของการหารัศมีที่เหมาะสมต่อการเดินเท่าของผู้โดยสารนั้นแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือผู้โดยสารจากประชากรที่อาศัยในพื้นที่และผู้โดยสารที่มาทำงานจากอัตราการจ้างงานในพื้นที่ จากตารางที่ 2.6 เป็นการหารัศมีที่เหมาะสมสำหรับผู้โดยสารที่มาทำงาน โดยเป็นการวิเคราะห์ความถดถอยด้วยตัวประมาณค่าวิธีน้อยสุดระหว่างอัตราการจ้างงานในพื้นที่รัศมีและจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธ์การตัดสินใจเชิงพหุที่รัศมี 0.25 ไมล์ พบว่ามีค่ามากที่สุดคือมีค่าเท่ากับ 0.7448 ดังนั้นที่รัศมี 0.25 ไมล์จึงเป็นรัศมีที่เหมาะสมสำหรับผู้โดยสารที่มาทำงานมากที่สุด

ตารางที่ 2.6 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุวิธีกำลังสองน้อยสุดของจำนวนอัตราจ้างงานในพื้นที่และจำนวนผู้โดยสารเฉลี่ยในช่วงวันจันทร์ถึงศุกร์

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
การจ้างงานในระยะ 0.25 ไมล์	0.685***					
การจ้างงานในระยะ 0.50 ไมล์		0.421***				
การจ้างงานในระยะ 0.75 ไมล์			0.342**			
การจ้างงานในระยะ 1.00 ไมล์				0.317**		
การจ้างงานในระยะ 1.25 ไมล์					0.301*	
การจ้างงานในระยะ 1.50 ไมล์						0.287*
จำนวนตัวอย่าง	1449	1449	1449	1449	1449	1449
Adjusted R-square	0.7448	0.7405	0.7333	0.7287	0.7255	0.7225

(ที่มา: Erick Guerra, Robert Cervero และ Daniel Tischler, 2011)

หมายเหตุ * ความน่าเชื่อถือของสัมประสิทธิ์ 95 เปอร์เซ็นต์

** ความน่าเชื่อถือของสัมประสิทธิ์ 90 เปอร์เซ็นต์

*** ความน่าเชื่อถือของสัมประสิทธิ์ 95 เปอร์เซ็นต์

เมื่อทำการวิเคราะห์ระยะรัศมีที่เหมาะสมของประชากรในพื้นที่และการจ้างงานในพื้นที่แล้ว ในขั้นต่อไปจะทำการวิเคราะห์แบบจำลองอุปสงค์โดยด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยตรงตัว

ประมาณค่าแบบลอการิทึม-ลอการิทึมกำลังสองน้อยสุด (Log-Log Ordinary Least Squares Direct Model)

ตารางที่ 2.7 แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง

(การประมาณค่าแบบลอการิทึม-ลอการิทึมกำลังสองน้อยสุด)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ประชากรในระยะ 0.50 ไมล์	0.0922*	0.140**	0.137**	0.147**	0.345***
การจ้างงานในระยะ 0.25 ไมล์	0.198***	0.257***	0.374**	0.370**	0.466***
ความจุจุดจอดแล้วจร	0.0136***	0.0137***	0.0145**	-	-
ตัวแปรหุ่นเชื่อมต่อสถานีภูมิภาค	0.296**	0.292*	0.446**	-	-
จำนวนสายรถโดยสาร	0.0375***	0.0401***	0.0479***	-	-
ตัวแปรหุ่นสถานีปลายทาง	0.340**	0.359***	0.322***	-	-
ตัวแปรหุ่นสถานีสนามบิน	0.755***	0.788***	0.753**	-	-
ระยะทาง (ยาร์ด) สู่ศูนย์กลางธุรกิจ	-0.0204*	-0.0256*	-0.0343*	-	-
ระยะทาง (ยาร์ด) สู่สถานีใกล้ที่สุด	0.00971	0.0932*	0.0589	-	-
ความถี่ในการให้บริการ ชั่วโมงเร่งด่วนเช้า	0.875***	0.817***	-	-	-
ตัวแปรหุ่นรถไฟ	-1.098***	-	-	-	-
ตัวแปรหุ่นรถโดยสารด่วนพิเศษ	-1.876***	-	-	-	-
ตัวแปรหุ่นระดับของเมือง	yes	yes	yes	yes	No
จำนวนตัวอย่าง	1449	1449	1449	1449	1449
Adjusted R-square	0.7448	0.7405	0.7333	0.7287	0.7255

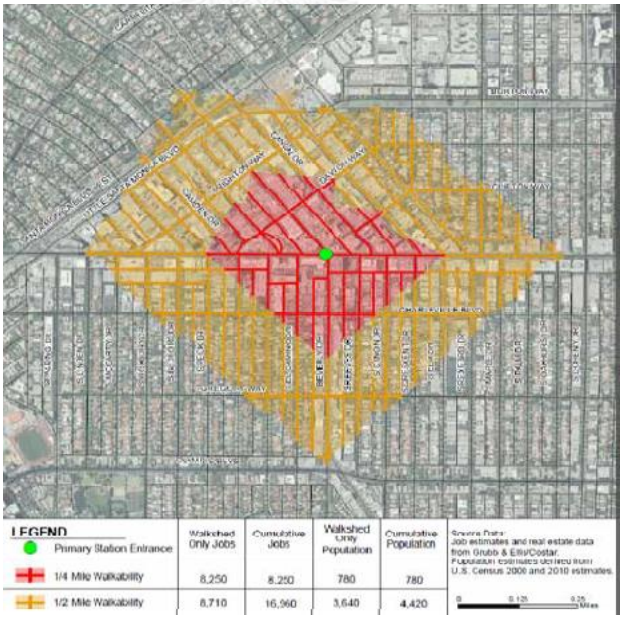
(ที่มา: Erick Guerra, Robert Cervero และ Daniel Tischler, 2011)

แบบจำลองที่ 5 นั้นมีการตัดตัวแปรที่เป็นตัวแปรเปรียบเทียบระดับเมือง (City-level dummy variables) ออกพิจารณาเพียงประชากรทั้งสองประเภท เมื่อเทียบกับแบบจำลองที่ 4 ที่มี

การพิจารณาตัวแปรที่เป็นตัวแปรเปรียบเทียบระดับเมือง จะพบว่าประชากรทั้งสองประเภทส่งผลต่อแบบจำลองมากขึ้นพอสมควร นอกจากนั้นหากพิจารณาแบบจำลองทั้ง 5 แบบแล้วจะพบว่าอัตราการจ้างงานนั้นส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารมากกว่าจำนวนประชากรในพื้นที่ จึงทำให้ผู้วิจัยทราบว่าการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีนั้นไม่ควรจะมุ่งเน้นไปในเรื่องของที่พักอาศัย (Residential Area) เพียงอย่างเดียว แต่ควรจะพัฒนาในเรื่องของพื้นที่ที่ไม่ใช่ที่พักอาศัยด้วย (Non-Residential area)

งานวิจัยนี้มีการวิเคราะห์ระบบขนส่งมวลชน 2 ประเภท คือ รถโดยสารด่วนพิเศษและรถไฟฟ้า light rail ซึ่งมีการพิจารณาร่วมกันไม่มีการพิจารณาแยกของแต่ละประเภท การวิเคราะห์แยกแต่ละประเภทนั้นอาจจะทำให้เราทราบว่าปัจจัยใดหลักที่ส่งผลต่อแต่ละระบบแตกต่างกันอย่างไร สำหรับงานวิจัยนี้ตัวแปรบางตัวมีความสอดคล้องกับงานวิจัยจึงได้นำตัวแปรเหล่านั้นมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่นที่รวบรวมได้ต่อไป (Guerra, Cervero et al. 2011)

Metro (2011) ได้มีการจัดทำรายงานเกี่ยวกับการคาดการณ์ผู้โดยสารฉบับเพิ่มเติมของส่วนต่อขยายรถไฟฟ้าใต้ดินฝั่งตะวันตกในพื้นที่เมืองลอสแองเจลิส โดยใช้แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง โดยแบ่งแบบจำลองออกเป็นในส่วนของการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารขาขึ้น และในส่วนของการคาดการณ์ผู้โดยสารขาลง



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ในการหาจำนวนประชากรและการจ้างงาน

(ที่มา: Metro, 2011)

สำหรับข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัยนั้นประกอบไปด้วย 12 ตัวแปร ดังต่อไปนี้ 1)จำนวนประชากรภายในเส้นทางการเดิน 0.25 และ 0.50 ไมล์ 2) จำนวนการจ้างงานภายในเส้นทางการเดิน 0.25 และ 0.5 ไมล์ 3) การจ้างงานที่เกี่ยวกับการค้าขายภายในเส้นทางการเดิน 0.5 ไมล์ 4) การจ้างงานที่ไม่เกี่ยวกับการค้าขายภายในเส้นทางการเดิน 0.5 ไมล์ 5) จำนวนที่จอดรถ (บนถนน) ตามเส้นทางทางเดิน 6) จำนวนนักศึกษา และบุคลากรที่เดินทางไปมหาลัยในพื้นที่สถานี 7) จำนวนประชากรทั้งหมดในพื้นที่สถานี 8) จำนวนประชากรที่การจ้างงานที่ไม่เกี่ยวกับการค้าขายในพื้นที่สถานี 9) จำนวนที่จอดรถจักรยานของสถานี 10) การเข้าถึงของผู้เดินทาง (แบบสอบถาม) 11) จำนวนรถไฟที่เข้าและออกจากสถานีในช่วงเวลาเร่งด่วน และ 12) จำนวนรถโดยสารที่ให้บริการแต่ละสถานี โดยรูปที่ 2.2 เป็นตัวอย่างการแบ่งพื้นที่ในการหาจำนวนประชากรและการจ้างงานที่พิจารณาตามเส้นทางการเดินทาง (แนวถนน) แบ่งออกเป็น 2 พื้นที่ย่อย คือ พื้นที่ 0.25 ไมล์และ 0.50 ไมล์

หลังจากได้แบบจำลองอุปสงค์โดยตรงแล้ว จะสามารถคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของแต่ละสถานีได้ดังตารางที่ 2.8 ซึ่งแต่ละสถานีนั้นผลที่ได้เป็นปริมาณผู้โดยสารที่ได้มาจากลักษณะของพื้นที่รอบสถานีในปัจจุบัน อาจจะมีปริมาณผู้โดยสารลดหรือเพิ่มนั้นขึ้นกับการใช้พื้นที่รอบสถานีที่เปลี่ยนไป

ตารางที่ 2.8 จำนวนผู้โดยสารขาขึ้น และขาลง ที่ได้จากแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง

สถานี	ขาขึ้น*	ขาลง*	ขาขึ้น + ขาลง*
Wilshire/LA Brea	5030	5360	10390
Wilshire/Fairfax	5630	5890	11520
Wilshire/La Cienega	5520	5760	11280
Wilshire/Rodeo	9240	9460	18700
Century City (Santa Monica)	10300	10460	20760
Century City (Constellation)	11230	11390	22620
Westwood/UCLA (Off-Street)	12060	12270	24330
Westwood/UCLA (On-Street)	12210	12430	24640
Westwood/VA Hospital	4440	490	8930

* จำนวนผู้โดยสาร (คน)

(ที่มา: Metro, 2011)

การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของส่วนต่อขยายรถใต้ดินด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้น ข้อมูลที่นำมาพิจารณาบางข้อมูลมีความสอดคล้องกับวิทยานิพนธ์ ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำตัวแปรบางตัวมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่นที่รวบรวมได้ต่อไป

การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของส่วนต่อขยายรถใต้ดินด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้น ข้อมูลที่นำมาพิจารณาบางข้อมูลมีความสอดคล้องกับวิทยานิพนธ์ ดังนั้นวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำตัวแปรบางตัวมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลอื่นที่รวบรวมได้ต่อไป (Metro 2011)

Michael D. Anderson, Khalid Sharfi และ Sampson E. holston (2006) ได้มีการจัดทำแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงสำหรับชุมชนชานเมืองขนาดเล็ก โดยเป็นการคาดการณ์ปริมาณรถเฉลี่ยต่อวัน (Average daily traffic: ADT) ในพื้นที่ในการพิจารณาตัวแปรที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ประกอบไปด้วย ประเภทรูปแบบของถนน จำนวนช่องทาง จำนวนประชากรในรัศมี 0.5 ไมล์ของถนน การจ้างงานในรัศมี 0.5 ไมล์ของถนน และลักษณะการเข้าถึงของถนน ในการวิเคราะห์นั้นใช้การวิเคราะห์แบบการวิเคราะห์ถดถอยแบบพหุเชิงเส้น ด้วยโปรแกรม Minitab โดยแบบจำลองการคาดการณ์ปริมาณรถเฉลี่ยต่อวันนั้นเป็นไปตามสมการที่ 2.4

$$ADT = -11.189 + 4328Fclass + 4360lane - 0.021popbuff + 0.17empbuff + 2666TVIflow \quad (2.4)$$

เมื่อ Fclass คือ รูปแบบของถนน แบ่งออกเป็น 5 ระดับ

Lane คือ จำนวนช่องทางของถนน

Popbuff คือ จำนวนประชากรในรัศมี 0.5 ไมล์ของถนน

Empbuff คือ การจ้างงานในรัศมี 0.5 ไมล์ของถนน

TVIflow คือ ลักษณะการเข้าถึงของถนน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เป็นทางผ่านหรือเป็นถนนปลายทาง

หลังจากที่ได้แบบจำลองที่ใช้ในการคาดการณ์ปริมาณรถเฉลี่ยต่อวันนั้นจะมีการเปรียบเทียบผลที่ได้กับค่าจริงปริมาณรถเฉลี่ยต่อวัน พบว่าหากลากเส้นความสัมพันธ์ที่มีความชัน 1 ต่อ 1 แบบ Nash-Sutcliffe ค่าความสัมพันธ์มีค่าเป็น 0.90 ซึ่งเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าปริมาณจราจรเฉลี่ยรายวันจากแบบจำลองมีความใกล้เคียงกับปริมาณการจรเฉลี่ยรายวันค่าจริง

การคาดการณ์ปริมาณรถเฉลี่ยต่อวันด้วยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นเป็นอีกเครื่องมือในการวิเคราะห์โดยใช้ลักษณะของพื้นที่รอบบริเวณจุดที่ทำการวัด ซึ่งทำให้ปริมาณการจราจรที่จะ

เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้พื้นที่บริเวณนั้น หากการใช้พื้นที่เปลี่ยนไปอาจทำให้จำนวนผู้โดยสารเปลี่ยนแปลง (Michael D. Anderson, Khalid Sharfi et al. 2006)

2.4 สรุปการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารสำหรับระบบขนส่งด้วยแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนนั้นมีความยุ่งยากในการเก็บและรวบรวมข้อมูล นอกจากนั้นในการวิเคราะห์เป็นการวิเคราะห์แบบต่อเนื่องหากผลจากการวิเคราะห์ในขั้นตอนใดตอนหนึ่งผิดพลาด จะทำให้ผลจากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองนี้คาดเคลื่อนตามไปด้วย ส่วนจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นไม่ค่อยยุ่งยากและซับซ้อนในการรวบรวมข้อมูล และข้อมูลที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้นจะพิจารณาทั้งในเรื่องการใช้พื้นที่รอบสถานี จำนวนประชากรรอบพื้นที่สถานี และลักษณะและการใช้บริการของระบบขนส่งมวลชน จำนวนผู้โดยสารที่คาดการณ์จึงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงข้อมูลเหล่านี้

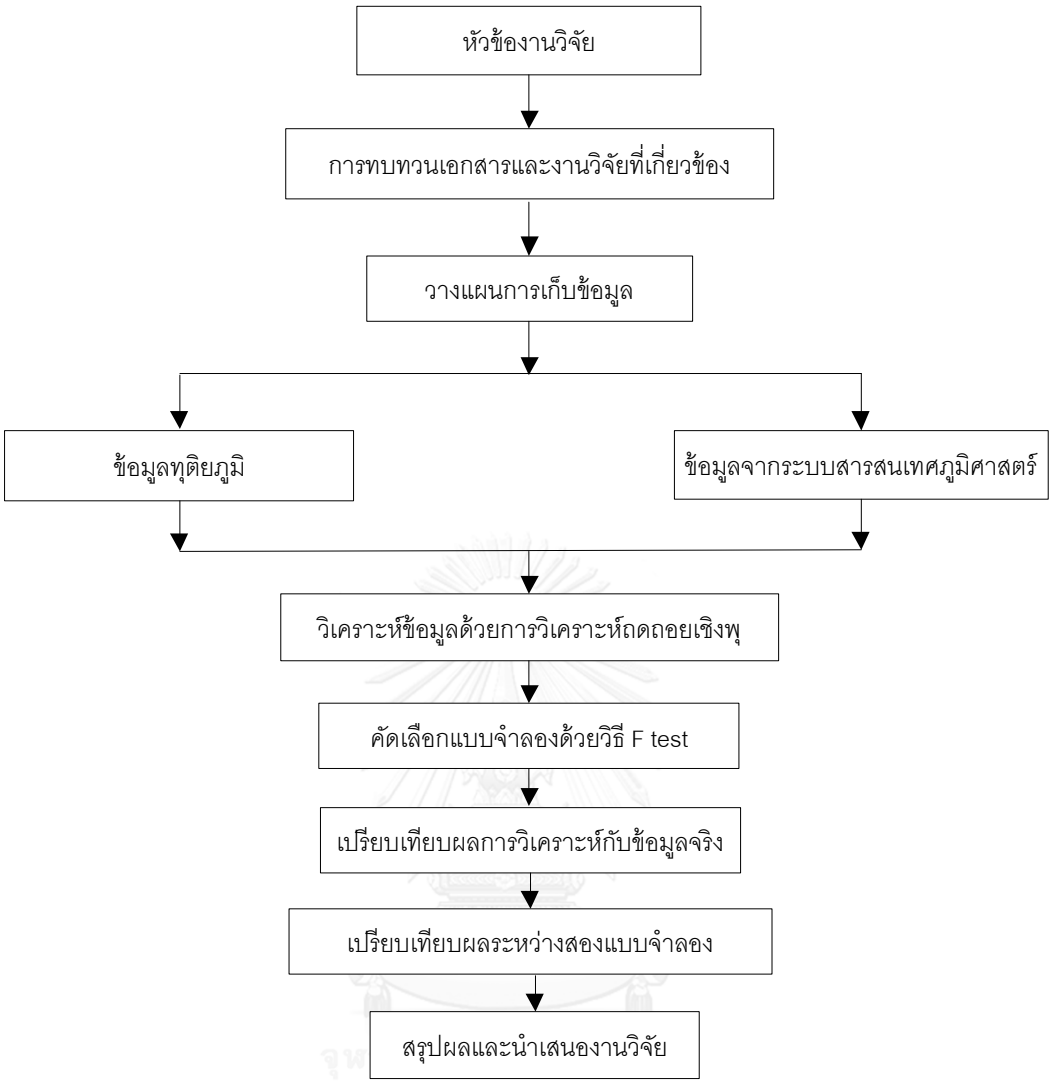
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
วิธีการศึกษา

บทนี้เป็นการนำเสนอขั้นตอนวิธีการศึกษางานวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วย 6 ส่วนหลัก คือ 1) ภาพรวมของงานของวิจัย 2) พื้นที่การศึกษา 3) กลุ่มตัวอย่าง 4) สมมติฐานของงานวิจัย 5) วิธีการเก็บข้อมูลข้อมูล และ 6) แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล มีรายละเอียดของแต่ละส่วนดังต่อไปนี้

3.1 ภาพรวมของงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยนี้ได้แสดงดังผังในรูปที่ 3.1 ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 ส่วน คือ 1) ศึกษาเพื่อหาหัวข้องานวิจัย 2) การทบทวนเอกสารและงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาของการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของระบบขนส่งมวลชน เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์จำนวนผู้โดยสารของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร เช่น ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส ระบบรถไฟฟ้ามหานคร และระบบรถโดยสารด่วนพิเศษ 3) การเก็บรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิทั้งข้อมูลของระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส ระบบรถไฟฟ้ามหา-นคร และระบบรถโดยสารด่วนพิเศษ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครทั้ง 53 สถานี 4) การเก็บรวบรวมข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งเป็นลักษณะของการใช้พื้นที่บริเวณรอบสถานี เช่น พื้นที่อาคารสำนักงาน พื้นที่อยู่อาศัย และพื้นที่พาณิชยกรรม เป็นต้น และจำนวนประชากรรอบสถานี 5) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้วิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด เพื่อคำนวณหาแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงสำหรับการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร 6) เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากแบบจำลองและข้อมูลจริงเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลการคาดการณ์ 7) เปรียบเทียบผลของระหว่างสองแบบจำลองคือ แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง และแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน เพื่อหาความคลาดเคลื่อน และ 8) สรุปผลและนำเสนองานวิจัย



รูปที่ 3.1 ภาพรวมการศึกษางานวิจัย

3.2 พื้นที่การศึกษา

ระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครนั้นมีมากมายไม่ว่าจะเป็น รถโดยสารขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร (ขสมก) รถตู้โดยสาร ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส ระบบรถไฟฟ้ามหานคร (รถไฟใต้ดิน) ระบบรถโดยสารด่วนพิเศษ (บีอาร์ที) ระบบรถไฟฟ้าแอร์พอร์ตเรลลิงค์ และอื่น ๆ อีกมากมาย

สำหรับงานวิจัยนี้เราจะคัดเลือกเพียง ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส ระบบรถไฟฟ้ามหานคร และระบบรถโดยสารด่วนพิเศษเพราะเป็นระบบขนส่งที่มีลักษณะของการขนส่งภายในกรุงเทพอย่างแท้จริง เนื่องจากให้บริการในเขตกรุงเทพมหานครเท่านั้น ดังรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 ระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร

(ที่มา: ดัดแปลงจาก Google Map, 2556)

โดยการเก็บข้อมูลปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานีนั้นจะพิจารณาข้อมูลภายในรัศมีระยะ 500 เมตรจากจุดศูนย์กลางของและปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีจะพิจารณาภายในระยะ 2 กิโลเมตรในแนวตั้งฉากกับเส้นทางการให้บริการสถานี และภายในระยะ 200 - 500 เมตรตามเส้นทางการให้บริการ รวมทั้งสิ้น 53 สถานี โดยมีรายละเอียดดังนี้ ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส จำนวน 30 สถานี (สายสุขุมวิทพิจารณาตั้งแต่สถานีหมอชิตถึงสถานีอ่อนนุช และสายสีลมตั้งแต่สถานีสนามกีฬาแห่งชาติถึงสถานีสุรศักดิ์) ระบบรถไฟฟ้ามหานคร จำนวน 18 สถานี และระบบรถโดยสารด่วนพิเศษ จำนวน 12 สถานี ดังแสดงในรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 สถานีของแต่ละระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร

(ที่มา: http://203.155.220.230/info/Transit/Frame.asp, 2556)

3.3 กลุ่มตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้กลุ่มตัวอย่างที่จะการศึกษา คือ จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 ของระบบขนส่งสาธารณะทั้ง 3 ระบบในกรุงเทพมหานคร คือ ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส จำนวน 23 สถานี (ไม่รวมส่วนต่อขยาย สะพานตากสิน-บางหว้า และส่วนต่อขยาย แบริ่ง-สมุทรปรการ) ระบบรถไฟฟ้ามหานคร จำนวน 18 สถานี และระบบรถโดยสารด่วนพิเศษ จำนวน 12 สถานี รวมทั้งสิ้น 53 สถานี

3.4 สมมติฐานของงานวิจัย

การใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีมีผลต่อการดึงดูดประชากรให้เข้ามายังพื้นที่ ซึ่งการใช้พื้นแต่ละประเภทนั้นจะมีแรงดูดประชากรที่แตกต่างกันออกไป เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเพาะปลูก และการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการพาณิชยกรรม การใช้พื้นที่แบบหลังจะทำให้ประชากรมายังพื้นที่มากกว่าแบบแรก เนื่องจากเกิดกิจกรรมในพื้นที่มากกว่าดังนั้นเพื่อเป็นการดึงดูดให้ประชากรหันมาใช้ระบบขนส่งมวลชน จึงได้มีการนำแนวทางการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชนมาปรับใช้ ซึ่งแนวทางการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีระบบขนส่งมวลชนนั้นเน้นไปที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีเพื่อให้เกิดกิจกรรมภายในพื้นที่รอบสถานี

สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดแนวทางการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชนมาปรับใช้เพื่อจัดทำแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง โดยมีวัตถุประสงค์หลักที่จะหาตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี โดยมีสมมติฐานงานวิจัยดังต่อไปนี้

สมมติฐานหลักของงานวิจัย คือ ตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร ซึ่งประกอบไปด้วย ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานี และปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชนส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ซึ่งการทดสอบสมมติฐานหลักนั้นทำได้โดยการใช้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีในปี พ.ศ. 2553 และตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารมาสร้างแบบจำลองเพื่อดูความสัมพันธ์ของจำนวนผู้โดยสารและตัวแปรดังกล่าว

นอกจากนั้นงานวิจัยนี้ยังมีสมมติฐานย่อย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) จำนวนประชากรรอบสถานีส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารยิ่งสถานีไหนมีจำนวนประชากรรอบสถานีมากจะยิ่งมีจำนวนผู้โดยสารมากขึ้น

(2) สถานีปลายทางและสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ นั้นจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีระหว่างทาง โดยที่สถานีปลายทางจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีเชื่อมต่อหลายรูปแบบ

(3) การใช้พื้นที่รอบสถานีที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร ได้แก่ พื้นที่สำนักงานและบริษัท พื้นที่โรงแรม พื้นที่ห้างสรรพสินค้า พื้นที่การศึกษารอบสถานีหากมีพื้นที่เหล่านี้รอบสถานีมากจะส่งผลให้มีจำนวนผู้โดยสารมากขึ้นด้วย

(4) ความยาวถนนรอบสถานีส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร ยิ่งความยาวถนนรอบสถานีมากผู้โดยสารยิ่งมีจำนวนผู้โดยสารน้อยลง

ทั้งนี้ ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานี จากการทบทวนวรรณกรรม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1 ปัจจัยการใช้พื้นที่รอบสถานี

สำหรับปัจจัยการใช้พื้นที่รอบสถานีนั้นจะทำการวิเคราะห์ในรูปของพื้นที่เป็นพันตารางเมตร โดยแต่ละตัวแปรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) พื้นที่อยู่อาศัย

พื้นที่อยู่อาศัยรอบสถานีนั้น เป็นตัวแปรที่มีแนวโน้มส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร หากพื้นที่อยู่อาศัยรอบสถานีมีพื้นที่มากจะส่งผลให้ประชากรรอบสถานีมากขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าไม่มีการพิจารณาพื้นที่อยู่อาศัยเนื่องจากเป็นตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมากกับจำนวนผู้โดยสารรอบสถานี จึงพิจารณาเฉพาะจำนวนผู้โดยสารรอบสถานี แต่ทว่าสำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการพิจารณาพื้นที่อยู่อาศัยด้วยเนื่องจากจำนวนประชากรรอบสถานีที่ใช้ในการพิจารณานั้นเป็นการพิจารณาอย่างคร่าวๆ การพิจารณาพื้นที่อยู่อาศัยเพิ่มเติมอาจจะทำให้แบบจำลองมีประสิทธิ์ภาพมากขึ้น

(2) สวนสาธารณะ

สวนสาธารณะนั้น เป็นตัวแปรที่มีแนวโน้มส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร เนื่องจากจะมีจำนวนผู้สนใจมาใช้บริการ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการออกกำลังกาย การจัดกิจกรรมต่างๆในสวนสาธารณะ ยิ่งมีพื้นที่มากอาจะส่งผลให้มีจำนวนผู้โดยสารมากขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าพื้นที่ของสวนสาธารณะมีความสัมพันธ์กับผู้โดยสารเชิงบวก นั่นคือ หากมีพื้นที่สาธารณะมากก็จะทำให้ผู้โดยสารมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น

(3) ความยาวถนนรอบสถานี

ความยาวถนนรอบสถานีนั้นเป็นตัวแปรที่มีแนวโน้มส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร ซึ่งความยาวถนนรอบสถานีนั้นสามารถพิจารณาได้ในสองรูปแบบ คือ ความยาวถนนยิ่งมากการเดินทางมายังสถานีด้วยรูปแบบการเดินทางอื่น ๆ ก็จะเป็นไปอย่างสะดวก นั่นคือ ยิ่งมีความยาวถนนมากก็จะยิ่งมีผู้โดยสารมาใช้บริการระบบขนส่งเพิ่มขึ้น แต่ในทางกลับกัน ยิ่งความยาวถนนมาก จะทำให้จำนวนผู้โดยสารมาใช้บริการลดลงเนื่องจากมีทางเลือกในการเดินทางประเภทอื่น

สำหรับความยาวถนนรอบสถานีนั้นมีหน่วยเป็น กิโลเมตร โดยความยาวถนนรอบสถานีนั้นเป็นการวัดความยาวของถนน 2 ประเภท ทั้ง ถนนคอนกรีต และถนนลาดยาง โดยพิจารณาความกว้างถนนตั้งแต่ 1 ช่องทาง และมากกว่า

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า ไม่มีการพิจารณาความยาวถนนรอบสถานี เนื่องจากตัวแปรนี้อาจไม่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารในต่างประเทศ แต่สำหรับประเทศไทยผู้วิจัยคาดว่าความยาวถนนรอบสถานีมีผลต่อจำนวนผู้โดยสารเนื่องจาก การเข้ามายังสถานีสำหรับประเทศไทยนั้นมีการใช้ลักษณะของระบบขนส่งรูปแบบอื่น ๆ มายังสถานี ไม่ได้ใช้การเดินทางมายังสถานีดังเช่นต่างประเทศ ดังนั้นความยาวถนนรอบสถานีจึงน่าจะมีแนวโน้มส่งผลต่อจำนวนผู้โยสารรายสถานีรายปี

(4) การใช้พื้นที่รอบสถานีเพื่อการจ้างงานและมาใช้บริการ

การใช้งานพื้นที่รอบสถานีเพื่อการจ้างงานและมาใช้บริการนั้น ประกอบไปด้วย ตัวแปร สำนักงานและบริษัท โรงแรม ห้างสรรพสินค้า พาณิชยกรรมอื่นๆ อุตสาหกรรม การใช้พื้นที่แบบ-ผสม สาธารณูปโภค สถาบันการศึกษา สถาบันศาสนา สถานที่ราชการ การสาธารณสุข ศิลปวัฒนธรรม สาธารณูปการ นันทนาการ ประโยชน์ของการใช้งานประเภทอื่นๆ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้มีแนวโน้มต่อจำนวนผู้โดยสาร คือหากมีการจ้างงานมากจำนวนผู้โดยสารก็จะเพิ่มขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า อัตราการจ้างงานนั้นมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้โดยสารเชิงบวก คือ หากในพื้นที่มีการจ้างงานมากก็จะทำให้ผู้โดยสารมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง

3.4.2 จำนวนประชากรรอบสถานี

จำนวนประชากรรอบสถานีนั้นเป็นกลุ่มคนที่มีแนวโน้มจะมาใช้บริการสถานีนั้นๆ เป็นหลัก ยิ่งสถานีไหนมีจำนวนประชากรรอบสถานีมาก ก็น่าจะมีจำนวนผู้โดยสารมากยิ่งขึ้น

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าจำนวนประชากรรอบสถานีมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้โดยสารเชิงบวก คือ จำนวนประชากรรอบสถานีนั้นเป็นกลุ่มคนที่มีแนวโน้มจะมาใช้บริการสถานีนั้นๆ เป็นหลัก ยิ่งสถานีไหนมีจำนวนประชากรรอบสถานีมากจำนวนผู้โดยสารก็จะมากยิ่งขึ้น ซึ่งการกระจายตัวของประชากรในพื้นที่จะไม่กระจายตัวแบบคงที่ ต่างจากในงานวิจัยนี้ที่การกระจายตัวของประชากรเป็นการกระจายตัวแบบคงที่ แต่ก็ยังคงใช้สมมติฐานเดียวกันที่ว่ายิ่งสถานีไหนมีจำนวนประชากรรอบสถานีมาก ก็น่าจะมีจำนวนผู้โดยสารมากยิ่งขึ้นเช่นกัน

3.4.3 ปัจจัยลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน

ปัจจัยลักษณะการใช้บริการของระบบขนส่ง เป็นปัจจัยที่ระบบขนส่งแต่ละระบบให้บริการอยู่ซึ่งจะมีความแตกต่างกันออกไป มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ความจุจุดจอดแล้วจร

จำนวนความจุจุดจอดแล้วจรนั้นเป็นตัวแปรซึ่งมีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารเมื่อมีคนมาใช้บริการที่พื้นที่จอดรถมากเท่าไรก็จะมาใช้บริการระบบขนส่งนั้นมากเท่านั้น เนื่องจากสะดวกในการเดินทางเชื่อมต่อกับระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าความจุจุดจอดแล้วจรนั้นมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้โดยสารเชิงบวกกับจำนวนผู้โดยสาร คือ หากสถานีที่มีพื้นที่จอดรถและมีความจุจุดจอดแล้วจรมาก จะยิ่งทำให้จำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีที่ไม่มีจุดจอดแล้วจรหรือมีความจุจุดจอดแล้วจรน้อยกว่า

(2) จำนวนเส้นทางรถโดยสารประจำทางของแต่ละสถานี

จำนวนเส้นทางรถโดยสารประจำทางของแต่ละสถานีนั้นเป็นตัวแปรซึ่งมีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้โดยสารและการลดลงของจำนวนผู้โดยสาร เนื่องจากประเทศไทยนั้นเส้นทางการให้บริการของรถโดยสารประจำทางนั้นมีทั้งตั้งฉากกับสถานี และตามเส้นทางการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน ดังนั้นในการพิจารณาจำนวนเส้นทางรถโดยสารประจำทางของแต่ละสถานี สามารถพิจารณาได้ 2 รูปแบบ คือ หากรถโดยสารประจำทางนั้นมีลักษณะการนำผู้โดยสารมาส่งยังสถานี (Feeder Bus) จำนวนเส้นทางรถโดยสารประจำทางจะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันหากรถโดยสารประจำทางนั้นมีลักษณะเป็นรูปแบบระบบขนส่งอีกแบบ จำนวนเส้นทางรถโดยสารประจำทางจะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารลดลง

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าจำนวนเส้นทางรถโดยสารประจำทางของแต่ละสถานีนั้นมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้โดยสารเชิงบวก คือ รถโดยสารประจำทางนั้นมีลักษณะการให้บริการเป็นระบบขนส่งที่นำผู้โดยสารมาใช้ระบบขนส่งมวลชน ยิ่งมีจำนวนเส้นทางมากก็จะยิ่งมีจำนวนผู้โดยสารมากขึ้นเช่นกัน

(3) ความถี่ในการให้บริการ

ความถี่ในการให้บริการนั้นแบ่งออกได้เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้า ช่วงกลางวัน และช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเย็น หากระบบขนส่งมีความถี่ในการบริการมากขึ้นจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารให้เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าความถี่ในการให้บริการช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้านั้นมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้โดยสารเชิงบวก คือ หากมีการเพิ่มความถี่ในการให้บริการในช่วงแร่งด่วนเช้า จะมีจำนวนผู้โดยสารเพิ่มขึ้น ส่วนความถี่ในช่วงกลางวันนั้น ค่าความถี่ช่วงกลางวันแบบล็อคธรรมชาติมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้โดยสารเชิงลบ นั่นคือ หากมีการเพิ่มความถี่ในช่วงกลางวันจะทำให้จำนวนผู้โดยสารลดลง

(4) ประเภทของสถานี

ประเภทสถานีนั้นสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ สถานีปลายทาง สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ และสถานีระหว่างทาง ซึ่งประเภทของสถานีนั้นจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารแตกต่างกันออกไป

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าสถานีปลายทาง และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ นั้นมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้โดยสารเชิงบวก คือ เมื่อสถานีที่วิเคราะห์เป็นสถานีปลายทาง หรือ สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ จะมีแนวโน้มส่งผลให้ผู้โดยสารมาให้บริการเพิ่มมากขึ้น และมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีประเภทอื่นๆ

(5) จำนวนสถานีภายในรัศมีระยะ 5 กิโลเมตร

จำนวนสถานีภายในรัศมีระยะ 5 กิโลเมตรนั้นเป็นตัวแปรที่มีแนวโน้มส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร หากในระยะรัศมี 5 กิโลเมตรนั้นมีจำนวนสถานีมาก จะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารลดลง เนื่องจากผู้โดยสารในพื้นที่รอบสถานีนั้น อาจจะไปใช้บริการสถานีอื่นๆที่อยู่ใกล้เคียงได้

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าจำนวนสถานีตัวแปรรอบสถานีภายในรัศมีระยะ 5 กิโลเมตรนั้นมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้โดยสารเชิงลบ คือ ประชากรในพื้นที่รัศมี 5 กิโลเมตรนั้นไม่

จำเป็นต้องมาใช้บริการสถานีใดสถานีหนึ่งแต่สามารถไปใช้บริการสถานีอื่นได้ เนื่องจากประชากรสามารถเลือกรูปแบบการเดินทางเพื่อไปยังสถานีระบบขนส่งได้หลายรูปแบบ เช่น รถจักรยานยนต์สาธารณะ รถสองแถว และอื่นๆ

(6) ประเภทลักษณะการให้บริการของเส้นทางระบบขนส่ง

เส้นทางของระบบขนส่งนั้น อาจจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารเนื่องจากมีพื้นที่บริการและเส้นทางบริการแตกต่างกัน ดังนั้นในการวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องพิจารณาเป็นประเภทแตกต่างกันไป

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่าไม่มีการวิเคราะห์ประเภทลักษณะการให้บริการของเส้นทางขนส่งในต่างประเทศ ซึ่งบทความนี้แบ่งประเภทลักษณะการให้บริการของเส้นทางขนส่งออกเป็น 2 ประเภท คือ เส้นทางรัศมี (Radius) และ เส้นทางวงกลม (Circle) โดยระบบรถไฟฟ้าบี-ทีเอส และระบบรถโดยสารด่วนพิเศษ มีเส้นทางบริการในเส้นทางรัศมี และระบบรถไฟฟ้ามวลชนมีเส้นทางบริการในเส้นทางวงกลม

จากการทบทวนวรรณกรรมในบทที่ 2 สามารถสรุปตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี โดยพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการหาข้อมูล และความเหมาะสมต่อพื้นที่การศึกษาในกรณีพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรต้นที่ใช้พิจารณาในงานวิจัย

ตัวแปรต้น	สัญลักษณ์ตัวแปร	สัมประสิทธิ์ที่คาดว่าจะได้รับ
ที่พักอาศัย (พัน ตร.ม.)	Residence	(+)
สำนักงานและบริษัท (พัน ตร.ม.)	Off_com	(+)
โรงแรม (พัน ตร.ม.)	Hotel	(+)
ห้างสรรพสินค้า (พัน ตร.ม.)	Department	(+)
พาณิชยกรรมอื่นๆ (พัน ตร.ม.)	Comercial	(+)
อุตสาหกรรม (พัน ตร.ม.)	Industry	(+)
การใช้พื้นที่แบบผสม (พัน ตร.ม.)	Mixuse	(+)
สาธารณูปโภค (พัน ตร.ม.)	Utility	(+)
สถาบันการศึกษา (พัน ตร.ม.)	Education	(+)
สถาบันศาสนา (พัน ตร.ม.)	Religion	(+)

ตารางที่ 3.1 ตัวแปรต้นที่ใช้พิจารณาในงานวิจัย (ต่อ)

สถานที่ราชการ (พัน ตร.ม.)	Government	(+)
การสาธารณสุข(พัน ตร.ม.)	Publichealth	(+)
ศิลปวัฒนธรรม (พัน ตร.ม.)	Culture	(+)
สาธารณูปการ (พัน ตร.ม.)	Pub_assis	(+)
นันทนาการ (พัน ตร.ม.)	Recreation	(+)
ประโยชน์ของการใช้งานประเภทอื่นๆ (พัน ตร.ม.)	Others	(+)
สวนสาธารณะ (ตร. ม.)	Park	(+)
ความยาวถนนรอบสถานี (กิโลเมตร)	Road	(+, -)
จำนวนประชากรรอบสถานี (คน)	Population	(+)
ความจุจุดจอดแล้วจร (คัน)	Parking	(+)
จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี (สาย)	Buses	(+, -)
ความถี่ในการให้บริการชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (นาที)	Morning_Freq	(+)
ความถี่ในการให้บริการกลางวัน (นาที)	Day_Freq	(-)
ความถี่ในการให้บริการชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (นาที)	Evening_Freq	(+)
เส้นทางวงกลม	Circle	(+)
เส้นทางรัศมี	Radius	(+)
สถานีปลายทาง	Terminal	(+)
สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่นๆ	Interchange	(+)
จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร	Station_Density	(-)

ตารางที่ 3.1 เป็นตารางสรุปตัวแปรที่จะทำการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด พร้อมกับระบุสัญลักษณ์ของสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้นที่คาดว่าจะได้จากแบบจำลอง ซึ่งการคาดการณ์สัมประสิทธิ์ของแบบจำลองนั้นเป็นการคาดการณ์จากการทบทวนวรรณกรรม ซึ่งสัมประสิทธิ์ที่จะได้จากแบบจำลองน่าจะเหมือนหรือแตกต่างจากวรรณกรรม โดย

ผลการคาดการณ์ตัวแปรต้นที่คาดว่าสัมประสิทธิ์เป็นบวก ได้แก่ ที่พักอาศัย สำนักงานและบริษัท โรงแรม ห้างสรรพสินค้า พาณิชยกรรมอื่นๆ อุตสาหกรรม การใช้พื้นที่แบบผสม สาธารณูปโภค สถาบันการศึกษา สถาบันศาสนา สถานที่ราชการ การสาธารณสุข ศิลปวัฒนธรรม สาธารณูปการ นันทนาการ ประโยชน์ของการใช้งานประเภทอื่นๆ สวนสาธารณะ จำนวนประชากรรอบสถานี ความจุจุดจอดแล้วจร ความถี่ในการให้บริการชั่วโมง เร่งด่วนเช้า ความถี่ในการให้บริการกลางวัน ความถี่ในการให้บริการชั่วโมงเร่งด่วนเย็น เส้นทางวงกลม เส้นทางรัศมี สถานีปลายทาง และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่นๆ ส่วนตัวแปรที่คาดว่าสัมประสิทธิ์เป็นลบ ได้แก่ จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร และตัวแปรที่คาดว่าสัมประสิทธิ์เป็นบวกและลบ ได้แก่ ความยาวถนนรอบสถานี และจำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี

3.5 วิธีการเก็บข้อมูล

ในงานวิจัยนี้ได้มีการรวบรวมข้อมูลจากหลากหลายแหล่ง โดยข้อมูลที่รวบรวมเป็นข้อมูลทุติยภูมิโดยจำนวนผู้โดยสารรายสถานีปี พ.ศ. 2553 จากหนังสือสถิติกรุงเทพมหานครปี พ.ศ. 2553 ข้อมูลลักษณะการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน เช่น ความถี่ในการให้บริการ จำนวนจุดจอดแล้วจร จากเว็ปไซต์รถไฟฟ้าบีทีเอส เว็ปไซต์รถไฟฟ้ามหานคร และเว็ปไซต์รถโดยสารด่วนพิเศษ และการใช้พื้นที่รอบสถานีและพื้นที่แต่ละแขวงในแต่ละสถานี จากสำนักผังเมืองกรุงเทพมหานครปี พ.ศ. 2550

นอกจากนั้นยังมีข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวมและวิเคราะห์ขึ้นเอง คือ จำนวนสถานีที่อยู่ในรัศมี 5000 เมตร และจำนวนประชากรรอบสถานีโดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Arcgis) ดังแสดงในตารางที่ 3.2

นอกจากนี้จะมีการอธิบายการได้มาของข้อมูลด้วยโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Arcgis) ไม่ว่าจะเป็น พื้นที่ของการใช้อาคาร ความยาวถนนรอบสถานี และจำนวนประชากรรอบสถานี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลอง

ประเภทตัวแปร	ข้อมูลที่พิจารณา	แหล่งที่มา
ตัวแปรตาม	- จำนวนผู้โดยสารรายสถานี ปี พ.ศ. 2553	- สถิติกรุงเทพมหานครปี พ.ศ. 2553
ตัวแปรต้น	<u>ปัจจัยด้านลักษณะการให้บริการระบบขนส่ง</u>	
	- ความจุจุดจอดแล้วจร	- เว็ปไซต์ของรถไฟฟ้ามหานคร (http://www.bangkokmetro.co.th/)
	- ความถี่ในการให้บริการ	- เว็ปไซต์ของระบบขนส่งแต่ละระบบ
	- จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี	- เว็ปไซต์องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (http://www.bmta.co.th/)
	<u>ปัจจัยด้านลักษณะการใช้พื้นที่รอบสถานี</u>	
	- พื้นที่ของการใช้อาคาร	- สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร
	- พื้นที่สวนสาธารณะ	- เว็ปไซต์สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร (http://www.bangkok.go.th/publicpark)
	- ความยาวถนนรอบสถานี	- สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร และโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
	<u>ปัจจัยด้านลักษณะการใช้พื้นที่รอบสถานี</u>	
	- จำนวนประชากรรอบสถานี	- สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร และโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

3.5.1 พื้นที่ของการใช้อาคาร

พื้นที่ของการใช้อาคารนั้นสามารถรวบรวมได้จากข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2553 เมื่อทราบถึงจุดกึ่งกลางสถานีก็จะทำการตีกรอบวงกลมรัศมี 500 เมตร ซึ่งการหาข้อมูลพื้นที่ของการใช้อาคารมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

พื้นที่ (ตร.ม.)	จำนวนชั้น	ระเภทการใช้อ	แขวง	เขต	ชื่อสถานี
451.037839	5	1100	ห้วยขวาง	ห้วยขวาง	สถานีห้วยขวาง
212.273677	5	1100	ห้วยขวาง	ห้วยขวาง	สถานีห้วยขวาง
470.241553	5	1100	ห้วยขวาง	ห้วยขวาง	สถานีห้วยขวาง
437.210105	5	1100	ห้วยขวาง	ห้วยขวาง	สถานีห้วยขวาง
315.654862	5	1100	ห้วยขวาง	ห้วยขวาง	สถานีห้วยขวาง
205.439263	3	1100	ห้วยขวาง	ห้วยขวาง	สถานีห้วยขวาง
113.016348	1	1100	ห้วยขวาง	ห้วยขวาง	สถานีห้วยขวาง
463.223747	4	1100	ห้วยขวาง	ห้วยขวาง	สถานีห้วยขวาง

รูปที่ 3.4 การหาพื้นที่ใช้งานของอาคาร

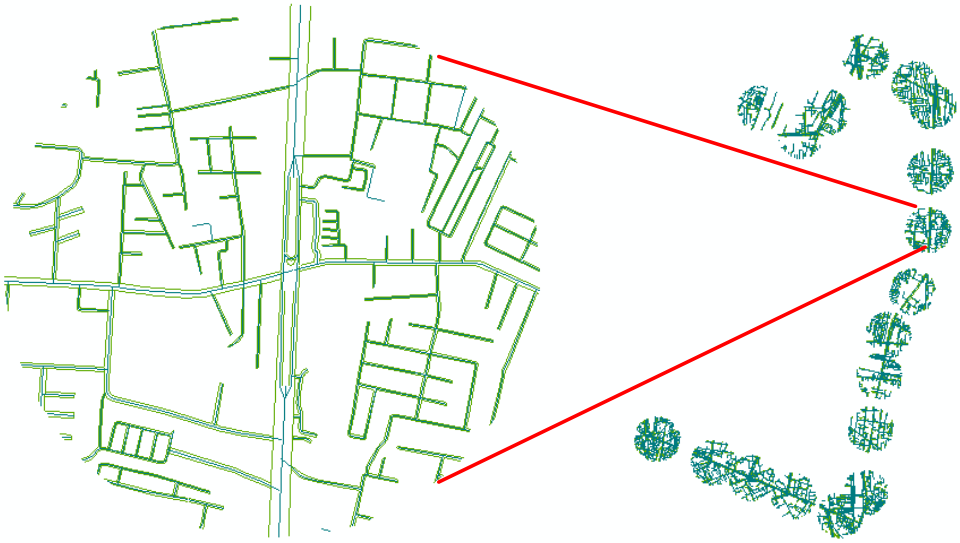
จากรูปที่ 3.4 เป็นตัวอย่างข้อมูลการใช้พื้นที่อาคารของสถานีห้วยขวาง ภายในกรอบสีแดง จะเห็นว่า อาคารหลังนี้มีพื้นที่รูปปิดขนาด 451.04 ตารางเมตร มีจำนวนชั้น 5 ชั้น ดังนั้นอาคารหลังนี้มีพื้นที่การใช้งานเท่ากับ 2,255.2 ตารางเมตร และเมื่อพิจารณารหัสของประเภทการใช้อาคาร คือ 1100 ซึ่งก็คือ รหัสของการใช้อาคารประเภทที่พักอาศัย จึงสามารถสรุปได้ว่าอาคารนี้เป็นอาคารประเภทที่พักอาศัย โดยมีพื้นที่การใช้งาน 2,255.2 ตารางเมตร จะทำเช่นนี้ทุกอาคารภายในวงกลมรัศมี 500 เมตรจากจุดกึ่งกลางก็จะได้ข้อมูลพื้นที่การใช้อาคารรอบสถานีดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 พื้นที่การใช้อาคารรอบสถานีห้วยขวาง

หมวด	ชื่อ	จำนวนพื้นที่ทั้งหมด (พัน ตร.ม.)
1100	ที่อยู่อาศัย	473.65
2100	สำนักงานและบริษัท	29.52
2220	โรงแรม	156.78
2800	พาณิชยกรรมอื่นๆ	66.79
4000	การใช้งานแบบผสม	170.10
5000	สาธารณูปโภค	2.40
6100	สถาบันศึกษา	30.97
6200	สถาบันศาสนา	14.00
6300	สถาบันราชการ	1.78
6500	การสาธารณสุข	1.01
6800	สาธารณูปการอื่นๆ	1.24
7300	นันทนาการ	2.13
9998	อื่นๆ	21.71

3.5.2 ความยาวถนนรอบสถานี

ความยาวถนนรอบสถานีสามารถรวบรวมได้จากข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ สำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2553 เมื่อทราบถึงจุดกึ่งกลางสถานีก็จะทำการตีกรอบวงกลมรัศมี 500 เมตร ซึ่งการหาข้อมูลความยาวถนนภายในพื้นที่รอบสถานีมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

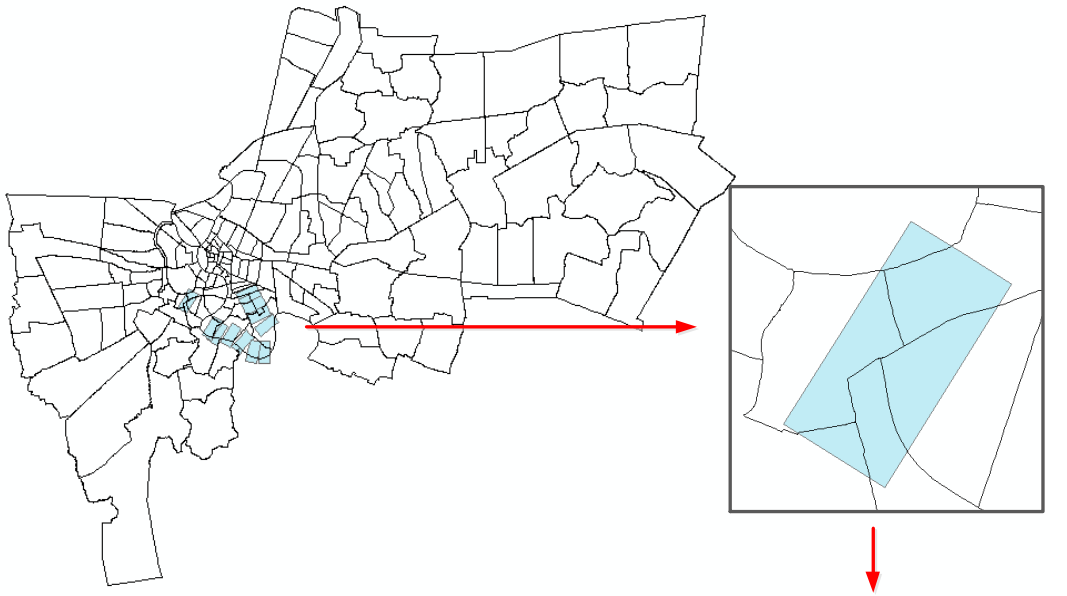


รูปที่ 3.5 การหาความยาวถนนรอบสถานี

จากรูปที่ 3.5 เป็นตัวอย่างถนนรอบสถานีภายในวงกลมรัศมี 500 เมตร ซึ่งถนนที่นำมาพิจารณามีทั้งถนนขนาด 1 ช่องทาง และขนาด 2 ช่องทางขึ้นไป โดยวิเคราะห์ทั้งถนนประเภทคอนกรีตและถนนลาดยาง มีหน่วยในการวัดเป็น กิโลเมตร

3.5.3 ประชากรรอบสถานี

ข้อมูลจากสำนักผังเมือง กรุงเทพมหานคร เมื่อทราบถึงจุดกึ่งกลางสถานีและพื้นที่แขวงของแต่ละแขวง โดยพื้นที่ของแต่ละแขวงในสถานีนั้นได้มาจากการใช้โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Arcgis) ดังรูปที่ 3.6 ซึ่งพื้นที่รอบสถานีที่นำมาพิจารณานั้นมีขนาดกว้างประมาณ 300 – 500 เมตร และยาว 2000 เมตร จากจุดกึ่งกลางสถานี หลังจากได้ขนาดพื้นที่ของแต่ละแขวงและความหนาแน่นประชากรของแต่ละแขวงแล้ว จะให้ทราบจำนวนประชากรโดยรอบสถานีอย่างคร่าวๆได้ ซึ่งการกระจายตัวของประชากรนี้ไม่ได้เป็นจำนวนประชากรตามความเป็นจริง เป็นเพียงการกระจายตัวแบบตามพื้นที่ของแขวงเท่านั้น



ชื่อสถาน_1	แขวง	เขต	Shape_Area	SQKM	ความหนาแน่น	คน
ราชพฤกษ์	วัดท่าพระ	บางกอกใหญ่	103893.484	0.10389	11359	1180
ราชพฤกษ์	ตลาดพลู	ธนบุรี	498631.776	0.49863	10557	5264
ราชพฤกษ์	บางค้อ	จอมทอง	120881.162	0.12088	11330	1370
ราชพฤกษ์	ดาวคะนอง	ธนบุรี	286063.157	0.28606	15171	4340
ราชพฤกษ์	บุคคโล	ธนบุรี	481484.568	0.48148	15974	7691
ราชพฤกษ์	บางยี่เรือ	ธนบุรี	496127.049	0.49613	16760	8315

รูปที่ 3.6 การหาจำนวนผู้อยู่อาศัยรอบสถานี

สำหรับงานวิจัยนี้ ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานีนั้นหาภายในวงกลมรัศมี 500 เมตร จากจุดกึ่งกลางสถานี ในขณะที่ปัจจัยจำนวนประชากรรอบสถานีนั้นเป็นการหาในพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาดกว้าง 200 – 500 เมตร และยาวขนาด 2000 เมตร ซึ่งอาจทำให้ข้อมูลที่ใช้การจัดทำแบบจำลองคลาดเคลื่อนได้

3.6 แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการวิเคราะห์แบบจำลองระบบขนส่งมวลชนจากจำนวนตัวอย่างทั้งสิ้น 53 สถานี ด้วยวิธีการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดเพื่อจัดทำแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.6.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด

การถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด (Multiple Regression Model) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามที่เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ 1 ตัว และตัวแปรต้นอย่างน้อย 2 ตัว (วานิชย์บัญชา 2553) สำหรับการตรวจสอบสมมติฐานของงานวิจัยที่ว่าลักษณะการใช้พื้นที่รอบสถานี จำนวนประชากรรอบสถานี และลักษณะและการให้บริการ

ของระบบขนส่งในกรุงเทพมหานคร ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร ผู้วิจัยจึงได้นำจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 มาศึกษาหาความสัมพันธ์ของลักษณะการใช้พื้นที่รอบสถานี ลักษณะการให้บริการของระบบขนส่งในกรุงเทพมหานคร ว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด การวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) ความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

ถ้ามีตัวแปรต้น k ตัว ($X_1,X_2,\ldots,X_k$) ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม Y และความสัมพันธ์นั้นอยู่ในรูปเชิงเส้น จะได้สมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 2 ตัวแปร คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_k X_k + e \qquad (3.1)$$

โดยที่

β_0 = จุดตัดแกน y เมื่อตัวแปรต้น $X_1 = X_2 = \ldots = X_k = 0$

$\beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ = สัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน

e = ความคลาดเคลื่อนเป็นตัวแปรที่จะเกิดขึ้นจากการคำนวณสมการ

(2) การประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการความถดถอยเชิงพหุด้วยตัววิธีกำลังสองน้อยสุด (Ordinary Least Square: OLS)

จากสมการที่ 3.1 ซึ่งมีพารามิเตอร์ k+1 ตัว คือ $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \ldots, \beta_k$ การประมาณค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ต้องใช้ข้อมูลตัวอย่างของ Y, X1, X2,...,Xk จำนวน n ชุด ซึ่งการประมาณค่าพารามิเตอร์จะสามารถใช้สมการที่ 3.2 ประมาณแทนได้ดังนี้

$$\hat{Y}_i = a + b_1 X_{1i} + b_2 X_{2i} + \cdots + b_k X_{ki} \qquad (3.2)$$

โดยที่ $\hat{\beta}_0 = a$, $\hat{\beta}_1 = b_1$, $\hat{\beta}_1 = b_2$, ... , $\hat{\beta}_k = b_3$

จากสมการที่ 3.2 จะสังเกตได้ว่าความคลาดเคลื่อนของสมการหายไป ซึ่งในความเป็นจริงความคลาดเคลื่อนนี้ไม่ได้หายไปไหนแต่ไปอยู่ในรูปของความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่า $\boldsymbol{Y_i}$ ด้วย $\boldsymbol{\hat{Y}_i}$ คือ $\boldsymbol{Y_i}$ - $\boldsymbol{\hat{Y}_i}$ = $\boldsymbol{e_i}$ โดยที่ $\boldsymbol{e_i}$ เรียกว่า Residual หรือ Error ซึ่งในการประมาณค่าพารามิเตอร์ด้วยตัวประมาณค่ากำลังสองน้อยสุดนั้นจะพบว่าค่า Residual กำลังสองของสมการ ($\sum_{i=1}^{n} \boldsymbol{e_i^2}$) จะมีค่าน้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

(3) ความหมายของสัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน

ถ้ามีตัวแปรตาม (Y) และตัวแปรต้น 3 ตัวแปร จะมีสมการความถดถอยเชิงพหุ คือ

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + e \quad (3.3)$$

สมการค่าประมาณของ Y; $\hat{Y}_i = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3$ (3.4)

จะพบว่า ค่าประมาณของ $\beta_0 = a$, $\beta_1 = b_1$, $\beta_2 = b_2$ และ $\beta_3 = b_3$ ตามลำดับ

แต่ละส่วนของสมการความถดถอยเชิงส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้

a คือ จุดหรือระยะทางตัดแกน y เมื่อกำหนดให้ $X_1 = X_2 = X_3 = 0$

b_1, b_2 และ b_3 คือ สัมประสิทธิ์ความถดถอยเชิงส่วน โดยแต่ละตัวมีความหมายดังนี้

- b_1 เป็นค่าแสดงความสัมพันธ์ของ X_1 และ Y หมายถึง ถ้า X_1 เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำ Y เพิ่มขึ้น b_1 หน่วย หรือถ้า X_1 ลดลง 1 หน่วยจะทำ Y ลดลง b_1 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นอื่น ๆ คงที่ คือ X_2 และ X_3 มีค่าคงที่
- b_2 เป็นค่าแสดงความสัมพันธ์ของ X_2 และ Y หมายถึง ถ้า X_2 เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำ Y เพิ่มขึ้น b_2 หน่วย หรือถ้า X_2 ลดลง 1 หน่วยจะทำ Y ลดลง b_2 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นอื่น ๆ คงที่ คือ X_1 และ X_3 มีค่าคงที่
- b_3 เป็นค่าแสดงความสัมพันธ์ของ X_3 และ Y หมายถึง ถ้า X_3 เพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำ Y เพิ่มขึ้น b_3 หน่วย หรือถ้า X_3 ลดลง 1 หน่วยจะทำ Y ลดลง b_3 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต้นอื่น ๆ คงที่ คือ X_1 และ X_2 มีค่าคงที่

(4) สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ คือ สัดส่วนที่ตัวแปรต้น ($X_1, X_2, \ldots, X_k$) สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้ กล่าวคือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุเป็นสัดส่วนของความผันแปร Y ที่มีสาเหตุเนื่องจากความแปรผันของ X_1, X_2,...และ X_k ซึ่งสัญลักษณ์ทั่วไปของสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุคือ R^2

$$R^2 = \frac{\text{ความผันแปรของ } Y \text{ เนื่องจากอิทธิพลของ } X_1, X_2, \ldots, X_k}{\text{ความแปรผันทั้งหมด}} \quad (3.5)$$

$$\text{โดยที่ } 0 \leq R^2 \leq 1$$

ยิ่งค่า R^2 เข้าใกล้ 1 มาก เท่าไร ยิ่งแสดงว่า X_1, X_2,...และ X_k มีความสัมพันธ์กับ Y มาก ในทางตรงกันข้าม ยิ่งค่า R^2 ยิ่งเข้าใกล้ศูนย์มาก แสดงว่า X_1, X_2,...และ X_k มีความสัมพันธ์กับ Y น้อย แต่ในบางครั้งเมื่อเราเพิ่มตัวแปรต้นเข้าไปในสมการมากขึ้น จะทำให้ค่า R^2 มากขึ้นทั้ง ๆ ที่ตัวแปร X ไม่มีความสัมพันธ์อาจจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปร Y เลย จึงต้องมีการปรับค่า R^2 ให้ถูกต้องยิ่งขึ้น เรียกว่า Adjusted R^2 สามารถหาค่า Adjusted R^2 ได้ดังนี้

$$R_a{}^2 = \text{Adjusted } R^2 = 1 + \frac{(n-1)}{(n-1-k)}(R^2 - 1) \quad (3.6)$$

3.6.2 เงื่อนไขเบื้องต้นทางสถิติของแบบจำลอง

สำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองนั้นเงื่อนไขเบื้องต้นทางสถิติที่จำเป็นต้องคำนึงถึงเพื่อให้แบบจำลองมีความถูกต้องมากเพียงพอสำหรับการนำไปใช้ (อัจฉริยา ปราบอริพ่าย 2547) มีดังต่อไปนี้

- ตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ต้องมีความสัมพันธ์กันในรูปเชิงเส้น
- ตัวแปรต้นแต่ละตัวจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กันเอง
- ความคลาดเคลื่อนของตัวแปรต้นแต่ละตัวจะมีความเป็นอิสระต่อกันและมีการแจกแจงแบบปกติที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับศูนย์ และมีความแปรปรวนคงที่ทุกค่าเท่ากับ σ^2

3.6.3 การวิเคราะห์แบบจำลอง

ในการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดนั้นมีขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองดังต่อไปนี้

(1) ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวเป็นต้นและตัวแปรตาม

สิ่งแรกก่อนที่จะพิจารณาแบบจำลองนั่นคือต้องพิจารณาว่าตัวแปรต้นและตัวแปรตามมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกันหรือไม่ โดยพิจารณาจากแผนภาพฮิสโทรแกรม (Histrogram) หากมีความสัมพันธ์เชิงเส้น แผนภาพที่ได้จะมีลักษณะของการแจกแจงแบบปกติ จะใช้วิธีวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เชิงเส้น (Linear Regression) แต่หากเป็นการแจกแจงแบบเบ้ซ้ายหรือขวา หมายถึง

ตัวแปรต้นละตัวแปรตามไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น จึงต้องมีการแปลงข้อมูลของตัวแปรตาม คือ หากการแจกแจงของตัวแปรตาม (Y) มีการแจกแจงแบบเบ้ซ้าย ต้องแปลงข้อมูลโดยการแปลงค่าตัวแปรตามให้อยู่ในรูปกำลังสอง ($Y' = Y^2$) แต่หากการแจกแจงของตัวแปรตาม (Y) มีการแจกแจงแบบเบ้ขวา ต้องแปลงข้อมูลโดยการแปลงค่าตัวแปรตามให้อยู่ในรูป log ($Y' = \log Y$)

(2) การเลือกตัวแปรเข้าแบบจำลอง

ในการวิเคราะห์เพื่อหาตัวแปรต้นที่ส่งผลต่อตัวแปรตามนั้น จะใช้การสร้างแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นเพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปร ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบคือ แบบจำลองไม่จำกัดตัวแปร (Full Model) และแบบจำลองจำกัดตัวแปร (Reduced Model)

โดยวิธีที่ใช้ในการคัดเลือกตัวแบบ คือ การคัดเลือกแบบขั้นตอน (Stepwise Method) และการคัดเลือกแบบปกติ (Enter Method) ซึ่งในการคัดเลือกตัวแปรแบบขั้นตอนนั้นจะเลือกตัวแปรต้น X_i ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากที่สุดมาพิจารณาเป็นลำดับแรก หลังจากนั้นจะเพิ่มตัวแปรต้น X_i ที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามมากรองลงมาเข้าในสมการ ต่อจากนั้นจะพิจารณาค่าสถิติ F บางส่วนของตัวแปรอิสระ X_i ในขั้นที่ 1 และขั้นที่ 2 ว่าควรจะมีการตัดตัวแปรออกจากแบบจำลองหรือไม่ สุดท้ายจะพิจารณาว่าควรจะเพิ่มตัวแปรอื่นๆ เข้าไปในสมการหรือไม่ โดยจะพิจารณาจากค่าสถิติ F ของตัวแปรที่ได้เพิ่มเข้ามา กระทำเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่สามารถเลือกตัวแปรเข้าแบบจำลองได้อีกต่อไปก็จะหยุดการพิจารณาแบบจำลอง นั่นคือจะได้แบบจำลองที่เหมาะสมออกมา ส่วนการคัดเลือกตัวแปรแบบปกตินั้นจะเป็นการเลือกตัวแปรต้น X_i ที่สนใจใส่เข้าไปในแบบจำลอง สุดท้ายจะได้แบบจำลองที่มีตัวแปรต้นที่เลือกทั้งหมด

(3) การเปรียบเทียบแบบจำลอง

แบบจำลองที่ได้ในงานวิจัยนั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบจำลองไม่จำกัดตัวแปร (Full Model) และแบบจำลองจำกัดตัวแปร (Reduced Model) เพื่อหาแบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารมากกว่า สามารถทดสอบได้ด้วยสถิติดังนี้

$$\mathrm{F} = \frac{(R^2_{full} - R^2_{red})/(m_{full} - m_{red})}{[(1 - R^2_{full})/(\mathrm{n} - m_{full} - 1)]} \qquad (3.7)$$

เมื่อ

F คือ สถิติทดสอบ F

R^2_{full} คือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุแบบจำลองไม่จำกัดตัวแปร

R^2_{red} คือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุแบบจำลองจำกัดตัวแปร

m_{full} คือ จำนวนตัวแปรพยากรณ์แบบจำลองไม่จำกัดตัวแปร

n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

หากค่าสถิติทดสอบ F มีค่ามากกว่าค่า F วิกฤต นั่นแสดงว่าแบบจำลองแบบไม่จำลองไม่จำกัดตัวแปรนั้นมีความเหมาะสมในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารมากกว่าแบบจำลองจำกัดตัวแปร

3.6.4 การตรวจสอบแบบจำลอง

เมื่อได้แบบจำลองออกมาแล้วสิ่งที่ต้องทำต่อไป คือ การตรวจสอบแบบจำลองที่ได้ว่ามีความถูกต้องทางสถิติมากเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารได้หรือไม่ สิ่งที่ต้องตรวจสอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

(1) การทดสอบนัยสำคัญของแบบจำลองทั้งหมด

โดยการทดสอบนับสำคัญของแบบจำลองทั้งหมด เรียกอีกอย่างว่า การทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การอธิบาย สามารถเขียนสมมุตติฐานศูนย์และสมมุตติฐานอื่นได้ดังนี้

$$H_0 : \rho^2_{Y.1,\ldots,m} = 0$$

$$H_1 : \rho^2_{Y.1,\ldots,m} \neq 0$$

ถ้า H_0 ถูกปฏิเสธนั่นแสดงว่า มีสัมประสิทธิ์ถดถอย 1 ตัวหรือมากกว่าจะมีนัยสำคัญทางสถิติแตกต่างจาก 0 แต่ถ้า H_0 ไม่ถูกปฏิเสธนั่นแสดงว่ามีสัมประสิทธิ์ถดถอยอย่างน้อย 1 ตัวมีนัยสำคัญทางสถิติไม่ต่างจากศูนย์ ซึ่งในการทดสอบจะพิจารณาจากค่าสถิติทดสอบ F

$$F = \frac{[R^2 / m]}{[(1-R^2]/(n-m-1)]} \quad (3.8)$$

เมื่อ

F คือ สถิติทดสอบ F

R^2 คือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ หรือสัมประสิทธิ์การอธิบาย

m คือ จำนวนตัวแปรพยากรณ์

n คือ ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

ในการทดสอบสอบนั้นจะนำค่าสถิติทดสอบ F เปรียบเทียบกับ F วิกฤตที่ได้จากตารางสถิติแบบทิศทางเดียว หากค่าสถิติทดสอย F มีค่ามากกว่าค่า F วิกฤตนั่นคือจะปฏิเสธ H_0 แสดงว่าแบบจำลองนั้นมีสัมประสิทธิ์ถดถอยอย่างน้อย 1 ตัวมีนัยสำคัญทางสถิติไม่ต่างจากศูนย์

(2) การตรวจสอบความเป็นอิสระของตัวแปรต้น (Multicollinearity)

ในการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุนั้นมีข้อจำกัดในว่าตัวแปรต้นจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน แต่ในทางปฏิบัตินั้นมักจะพบว่าตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์กันเอง ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหานี้จึงต้องมีการตรวจสอบความสัมพันธ์กันเองของตัวแปรต้น โดยการพิจารณาจากค่า VIF (Variance Inflation Factor) หากค่า VIF มีค่ามากแสดงว่าตัวแปรต้นนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต้นอื่นๆมาก หรือค่า tolerance หากค่า tolerance ยิ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรต้นตัวนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต้นอื่นๆน้อย แต่หากค่า tolerance ยิ่งมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปรต้นนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นๆ มาก

(3) การตรวจสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน (Autocorrelation)

เนื่องจากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด คาดว่าตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ต้องมาจากการสุ่ม ดังนั้น ความคลาดเคลื่อนจึงต้องเป็นอิสระต่อกัน สามารถตรวจสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อนได้จากค่าสถิติ Durbin-Watson มีรายละเอียดดังนี้

ถ้าค่า Durbin-Watson มีค่าเข้าใกล้ 2 (ช่วง 1.5 ถึง 2.5) สามารถสรุปว่าความคลาดเคลื่อนเป็น อิสระต่อกัน

ถ้าค่า Durbin-Watson < 1.5 แสดงว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีทิศทางบวก และถ้าค่ายิ่งมีค่าเข้าใกล้ 0 ยิ่งมีความสัมพันธ์กันมาก

ถ้าค่า Durbin-Watson > 2.5 แสดงว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีทิศทางลบ และถ้าค่ายิ่งมีค่าเข้าใกล้ 4 ยิ่งมีความสัมพันธ์กันมาก

(4) การตรวจสอบค่าไม่คงที่ของค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน (Heterosedasticity)

การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดนั้นกำหนดให้ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่เท่ากับ σ^2 เพื่อให้ตัวประมาณการที่ได้รับจากวิธีกำลังสองน้อยที่สุดเป็นตัวประมาณการเชิงเส้นตรงที่ไม่เอนเอียง สามารถตรวจสอบได้จากแผนภาพระหว่าง ZRESID และ ZPRED หรือค่าสถิติ Cook-Weisbers test โดยพิจารณาจากค่านัยสำคัญหากผลนัยสำคัญที่ได้มีระดับนัยจะสำคัญมากกว่า 0.05 แสดงว่าแบบจำลองนั้นมีค่าไม่คงที่ของค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน

(5) การตรวจสอบเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธิ์

โดยเครื่องหมายค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรจากแบบจำลองนั้น แสดงถึงแนวโน้มอิทธิพลของตัวแปรต้นนั้นๆ ต่อจำนวนผู้โดยสาร หากสัมประสิทธิ์มีค่าเป็นบวกนั่นหมายถึง ตัวแปรนั้นจะแปรผันตามจำนวนผู้โดยสาร ในทางกลับกันหากสัมประสิทธิ์มีค่าเป็นลบนั่นหมายถึง ตัวแปรนั้นจะแปรผกผันกับจำนวนผู้โดยสาร หรือเมื่อจำนวนผู้โดยสารลดลงเมื่อตัวแปรมีค่าเพิ่มมากขึ้น นอกจากนั้นยังจะต้องพิจารณาว่าค่าสัมประสิทธิ์ที่คำนวณได้มีความสอดคล้องกับทฤษฎีที่ใช้ในการทบทวนวรรณกรรมมาก-น้อยเพียงใด

(6) การทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์

การทดสอบนี้เป็นการทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์ถดถอย (β_k) ว่าสัมประสิทธิ์ถดถอยมีนัยสำคัญทางสถิติแตกต่างจากศูนย์หรือไม่ เป็นการทดสอบรายตัวแปร สามารถเขียนสมมุตติฐานศูนย์และสมมุตติฐานอื่นได้ดังนี้

$$\mathrm{H}_0 : \beta_k = 0$$

$$\mathrm{H}_0 : \beta_k \neq 0$$

ในการทดสอบสอบนั้นจะนำค่าสถิติทดสอบ t หากตัวแปรมีค่าสถิติ t สูงกว่า 1.96 หรือมีค่าสถิติต่ำกว่า -1.96 แสดงว่าตัวแปรดังกล่าวมีอิทธิพลต่อจำนวนผู้โดยสารอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

เมื่อทำการรวบรวมข้อมูลทั้งข้อมูลทุติยภูมิและข้อมูลจากระบบสนเทศภูมิศาสตร์แล้วนั้น ในลำดับต่อไป คือการศึกษาการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด โดยผลการวิเคราะห์เบื้องต้นจะกล่าวถึงในบทที่ 4 และการวิเคราะห์แบบจำลองในบทที่ 5 ต่อไป

บทที่ 4
การคาดการณ์ตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการคาดการณ์ตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง จากการเก็บข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ในด้านปัจจัยการใช้พื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชนและปัจจัยจำนวนประชากรรอบสถานีของกรุงเทพมหานครแต่ละสถานี และข้อมูลทุติยภูมิปัจจัยลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นปัจจัยที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์จำนวนผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการที่เกิดขึ้นในแต่ละสถานี โดยแต่ละปัจจัยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี

จากตารางที่ 3.1ตัวแปรต้นที่ใช้พิจารณาในงานวิจัย เมื่อพิจารณาข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ก็จะสามารถวิเคราะห์ตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีในปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี โดยในการวิเคราะห์จะพิจารณาจากสถานีที่มีจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีค่อนข้างสูงว่าในสถานีนั้นค่าของตัวแปรใดที่มีค่าสูงตาม หรือแนวโน้มที่น่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ดังจะยกตัวอย่างในตารางที่ 4.1 ได้แก่ สถานีหมอชิต สถานีอนุสาวรีย์ชัย สถานีอโศก และสถานีศาลาแดง

สถานีหมอชิต มีตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร คือ พื้นที่พักอาศัย และพื้นที่สวนสาธารณะ ในขณะที่สถานีอนุสาวรีย์ชัย มีตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร คือ พื้นที่พักอาศัย พื้นที่สถาบันการศึกษา และพื้นที่การสาธารณสุข ต่อมาสถานีอโศก มีตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร คือ พื้นที่พักอาศัย พื้นที่สำนักงานและบริษัท พื้นที่ห้างสรรพสินค้า และความยาวถนนรอบสถานี และสุดท้ายสถานีศาลาแดง มีตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร คือ พื้นที่พักอาศัย พื้นที่สำนักงานและบริษัท พื้นที่สถาบันการศึกษา พื้นที่การสาธารณสุข พื้นที่สวนสาธารณะ และความยาวถนนรอบสถานี

นั่นแสดงให้เห็นว่า ตัวแปรที่มีแนวโน้มที่จะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีอาจจะประกอบไปด้วยพื้นที่พักอาศัย พื้นที่สวนสาธารณะ พื้นที่สถาบันการศึกษา พื้นที่การสาธารณสุข และความยาวถนนรอบสถานี

ตารางที่ 4.1 ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	ที่พักอาศัย (พัน ตร.ม.)	สำนักงานและบริษัท (พัน ตร.ม.)	ห้างสรรพ-สินค้า (พัน ตร.ม.)	สถาบันการศึกษา (พัน ตร.ม.)	การสาธารณสุข (พัน ตร.ม.)	สวนสาธารณะ (พัน ตร.ม.)	ความยาวถนนรอบสถานี (กิโลเมตร)
1	หมอชิต	10891	72.94	81.61	68.76	18.56	0.00	563.00	18.91
2	อนุสาวรีย์ฯ	12239	428.92	162.70	11.63	86.70	411.96	0.00	17.31
3	อโศก	10186	1033.96	469.02	205.72	4.09	0.35	0.00	28.48
4	ศาลาแดง	8237	345.02	1482.56	13.64	96.40	337.07	580.00	23.84

4.2 ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีและปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน

จากตารางที่ 3.1ตัวแปรต้นที่ใช้พิจารณาในงานวิจัย เมื่อพิจารณาข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ก็จะสามารถวิเคราะห์ตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีในปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีและปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน โดยในการวิเคราะห์จะพิจารณาจากสถานีที่มีจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีค่อนข้างสูงว่าในสถานีนั้นค่าของตัวแปรใดที่มีค่าสูงตาม หรือแนวโน้มที่น่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ดังจะยกตัวอย่างในตารางที่ 4.2 ได้แก่ สถานีหมอชิต สถานีอนุสาวรีย์ชัย สถานีอโศก และสถานีศาลาแดง

สถานีหมอชิต มีตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร คือ ความจุจุดจอดแล้วจร จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร และสถานีปลายทาง ในขณะที่สถานีอนุสาวรีย์ชัย มีตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร คือ จำนวนประชากรรอบสถานี จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ ต่อมาสถานีอโศก มีตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร คือ จำนวนประชากรรอบสถานี ความจุจุดจอดแล้วจร จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ และสุดท้ายสถานีศาลาแดง มีตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร คือ จำนวนประชากรรอบสถานี และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ

นั่นแสดงให้เห็นว่า ตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีอาจจะประกอบไปด้วย จำนวนประชากรรอบสถานี ความจุจุดจอดแล้วจร จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร สถานีปลายทาง และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ

ตารางที่ 4.2 ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีและปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	จำนวนประชากรรอบสถานี (คน)	ความจุจุดจอดแล้วจร (คัน)	จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี (สาย)	จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร	สถานีปลายทาง	สถานีศูนย์กลาง	สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ
1	หมอชิต	10891	88	1250	39	13	1	0	0
2	อนุสาวรีย์ฯ	12239	187	0	105	27	0	0	1
3	อโศก	10186	364	33	35	30	0	0	1
4	ศาลาแดง	8237	116	0	20	29	0	0	1

4.3 สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ในการวิเคราะห์แบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นตัวแปรที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์มาจาก 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี ปัจจัยด้านประชากรรอบสถานี และ ปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน ซึ่งในแต่ละปัจจัยนั้นมีตัวแปรที่คาดว่าจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์เบื้องต้นจะพบว่าตัวแปรที่คาดว่าน่าจะมีผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีนั้น ได้แก่ พื้นที่พักอาศัย พื้นที่สวนสาธารณะ พื้นที่สถาบันการศึกษา พื้นที่การสาธารณสุข ความยาวถนนรอบสถานี จำนวนประชากรรอบสถานี ความจุจุดจอดแล้วจร จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร สถานีปลายทาง และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ

สำหรับผลการวิเคราะห์เบื้องต้นนั้นทำได้เพียงแค่คาดการณ์ว่าตัวแปรใดที่จะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี แต่ยังไม่สามารถระบุถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีได้ ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีจึงต้องสร้างแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง ซึ่งจะสามารถอธิบายวิธีสร้างแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงต่อไปในบทที่ 5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
การสร้างแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีวิการสร้างแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง แบ่งออกได้เป็น 7 ส่วน คือ 1) ข้อมูลที่ใช้ในแบบจำลอง 2) การวิเคราะห์แบบจำลอง 3) การเปรียบเทียบแบบจำลอง 4) การตรวจสอบแบบจำลอง 5) การตรวจสอบเครื่องหมายของค่าสัมประสิทธ์ 6) การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสาร และ 7) สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลซึ่งแต่ละหัวข้อมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 ข้อมูลที่ในใช้แบบจำลอง

จากบทที่ 4 การคาดการณ์ตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงจะพบว่าข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองนั้น แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ การใช้พื้นที่รอบสถานี จำนวนประชากรรอบสถานี และลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน โดยแต่ละปัจจัยมีตัวแปรที่ส่งต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีแตกต่างกันออกไป แต่เราไม่สามารถทราบได้ว่าแต่ละตัวแปรที่ส่งผลนั้นมีความสัมพันธ์กับจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีอย่างไรบ้าง เราจึงต้องสร้างแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงขึ้นมาเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปร โดยตัวแปรทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตัวแปรต้นที่ใช้พิจารณาในงานวิจัย

ตัวแปรต้น	ประเภทของตัวแปร	ชื่อตัวแปร
ที่พักอาศัย (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Residence
สำนักงานและบริษัท (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Off_com
โรงแรม (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Hotel
ห้างสรรพสินค้า (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Department
พาณิชยกรรมอื่นๆ (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Comercial
อุตสาหกรรม (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Industry
การใช้พื้นที่แบบผสม (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Mixuse
สาธารณูปโภค (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Utility
สถาบันการศึกษา (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Education
สถาบันศาสนา (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Religion
สถานที่ราชการ (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Government
การสาธารณสุข(พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Publichealth

ตารางที่ 5.1 ตัวแปรต้นที่ใช้พิจารณาในงานวิจัย (ต่อ)

ตัวแปรต้น	ประเภทของตัวแปร	ชื่อตัวแปร
ศิลปวัฒนธรรม (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Culture
สาธารณูปการ (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Pub_assis
นันทนาการ (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Recreation
ประโยชน์ของการใช้งานประเภทอื่นๆ (พัน ตร.ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Others
สวนสาธารณะ (ตร. ม.)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Park
ความยาวถนนรอบสถานี (กิโลเมตร)	การใช้พื้นที่รอบสถานี	Road
จำนวนประชากรรอบสถานี (คน)	จำนวนประชากรรอบสถานี	Population
ความจุจุดจอดแล้วจร (คัน)	ลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่ง	Parking
จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี (สาย)	ลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่ง	Buses
ความถี่ในการให้บริการชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (นาที)	ลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งง	Morning_Freq
ความถี่ในการให้บริการกลางวัน(นาที)	ลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่ง	Day_Freq
ความถี่ในการให้บริการชั่วโมงเร่งด่วนเย็น (นาที)	ลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่ง	Evening_Freq
เส้นทางวงกลม	ลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่ง	Circle
เส้นทางรัศมี	ลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่ง	Radius
สถานีปลายทาง	ลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่ง	Terminal
สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่นๆ	ลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่ง	Interchange
จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร (สถานี)	ลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่ง	Station_Density

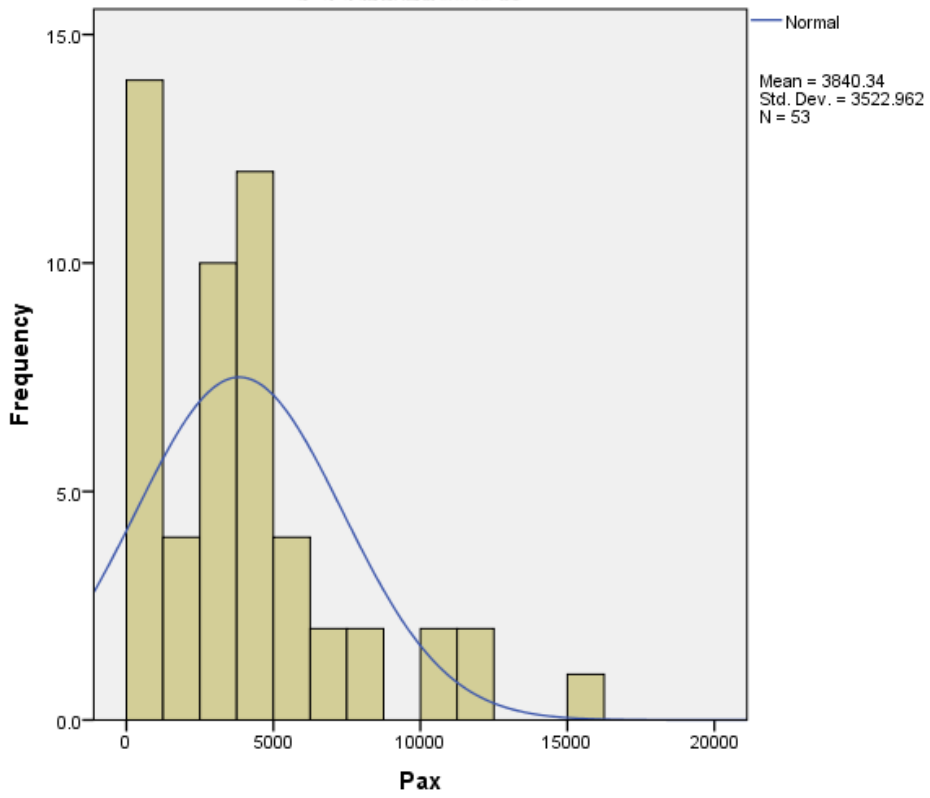
สำหรับการนำตัวแปรเข้าในแบบจำลองนั้นมีอยู่หลากหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับการพิจารณาในแต่ละงานวิจัย โดยงานวิจัยครั้งนี้ได้คาดการณ์ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อแบบจำลองแล้วนำมาวิเคราะห์แบบจำลอง ซึ่งจะเริ่มจากการใส่ตัวแปรต้นทั้งหมดเข้าไปในแบบจำลอง แล้ววิเคราะห์ด้วยวิธี Stepwise Analysis และวิธี Enter Analysis หลังจากนั้นคอยลดหรือเพิ่มตัวแปรเพื่อดูว่าแต่แปรที่เพิ่มหรือลดนั้นมีผลกระทบต่อแบบจำลองมากน้อยเพียงใด หลังจากนั้นจะทำการเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดด้วยการพิจารณาค่าสถิติ F และ t สุดท้ายจะเปรียบเทียบแบบจำลองด้วยวิธี F test (Chow Test)

5.2 การสร้างแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง

ในการสร้างแบบจำลองแบบจำลองเบื้องต้น จะใช้ตัวแบบทั้งหมดจากตารางที่ 5.1 มาใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลอง โดยสามารถวิเคราะห์แบบจำลองด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด สำหรับระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร ได้แก่ ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส ระบบรถไฟฟ้ามหานคร และระบบรถโดยสารด่วนพิเศษ มีขั้นตอนในการสร้างแบบจำลองมีดังต่อไปนี้

5.2.1 ตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวเป็นต้นและตัวแปรตาม

การตรวจสอบความสัมพันธ์ของแบบจำลองนั้นเป็นการตรวจสอบขั้นต้นเพื่อเลือกประเภทของเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลอง ซึ่งเมื่อผลของการแจกแจงจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีจากแผนภาพนั้นเป็นการแจกแจงแบบเบ้ขวา ดังรูปที่ 5.1 จึงต้องทำการวิเคราะห์แบบจำลองด้วยวิธี Semi-log Regression



รูปที่ 5.1 แผนภาพการแจกแจงของจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี

5.2.2 การเลือกระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครเข้าแบบจำลอง

สำหรับงานวิจัยนี้ระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครที่นำมาวิเคราะห์ ได้แก่ ระบบรถไฟฟ้ามหานคร ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส และระบบรถโดยสารด่วนพิเศษ แต่พบว่าระบบรถโดยสารด่วนพิเศษนั้นมีความแตกต่างจากอีก 2 ระบบทั้งในด้านพื้นที่ในการให้บริการ จำนวนความจุผู้โดยสารของตัวรถ และจำนวนผู้โดยสารรายปีรายสถานี ทำให้ต้องมีการพิจารณาว่าระบบรถโดยสารด่วนพิเศษนั้นสามารถนำมาใช้พิจารณาในแบบจำลองพร้อมกับอีกสองระบบได้หรือไม่ โดยแบบจำลองที่ 1.1 เป็นแบบจำลองไม่จำกัดตัวแปรของทั้งสามระบบ (ตัวอย่างสถานีจำนวน 53 สถานี) และแบบจำลองที่ 1.2 เป็นแบบจำลองไม่จำกัดตัวแปรที่ไม่พิจารณาระบบรถโดยสารด่วนพิเศษ (ตัวอย่างสถานีจำนวน 41 สถานี)

ตารางที่ 5.2 แบบจำลองไม่จำกำจัดตัวแปรระหว่างแบบจำลองของทั้งสามระบบ และแบบจำลองไม่จำกัดตัวแปรที่ไม่พิจารณาระบบรถโดยสารด่วนพิเศษ

สัญลักษณ์ตัวแปร	แบบจำลองที่ 1.1			แบบจำลองที่ 1.2		
	Coef.	t	Sig.	Coef.	t	Sig.
Residence	0.0002752	1.18	0.25	0.0002809	0.8	0.435
Off_com	-0.00000119	-0.01	0.994	0.0000262	0.14	0.893
Hotel	0.0002146	1.07	0.295	0.0005837	2.46	0.029
Department	0.0001993	1.1	0.283	0.0001901	1.08	0.300
Comercial	0.0004077	1.31	0.202	0.0002811	0.73	0.476
Industry	-0.0009188	-0.7	0.492	-0.0007457	-0.27	0.79
Mixuse	-0.0003912	-0.6	0.551	-0.000067	-0.1	0.925
Utility	0.0002073	0.13	0.898	-0.0020508	-1.08	0.298
Education	0.000432	0.75	0.46	0.0006389	1.03	0.321
Religion	0.0006935	0.56	0.582	0.0003524	0.27	0.788
Government	-0.0024879	-2.02	0.054	-0.0013047	-1.01	0.329
Publichealth	0.0001079	0.26	0.797	0.000065	0.16	0.872
Culture	0.0034629	0.81	0.423	0.0045544	1.07	0.306
Pub_assis	0.0032235	1.9	0.069	0.0024976	1.43	0.176
Recreation	-0.0005803	-0.32	0.754	-0.0021455	-1.01	0.333
Others	-0.0004387	-0.54	0.594	-0.0006985	-0.62	0.549
Park	0.0001245	0.61	0.55	0.0002055	0.85	0.409
Road	-0.0050824	-1.01	0.32	-0.0077677	-1.07	0.302
Population	-0.0002246	-0.4	0.69	0.0000724	0.12	0.906
Parking	0.0001055	1.17	0.253	0.0001388	1.48	0.162
Buses	0.0038407	2.83	0.009	0.0038177	2.69	0.018

Morning_Freq	-0.1745928	0.33	0.744	-0.1653603	-1.52	0.153
Day_Freq	-0.325859	-2.01	0.056	0.57547	0.94	0.362
Evening_Freq	0.2507348	-0.4	0.696	(dropped)		
Radius	0.0718037	0.24	0.812	0.4468277	1.29	0.219
Terminal	0.3747703	3.12	0.005	0.456604	2.62	0.021
Interchange	0.2369183	2.73	0.012	0.2050891	1.95	0.073
Station_Density	-0.0038699	-0.66	0.515	-0.0135531	-1.63	0.126
Constant	5.062294	1.36	0	0.530364	0.16	0.877
R^2	.963			0.8986		
Adjusted R^2	.920			0.6881		
Residual	0.7715			0.3612		

ซึ่งในการพิจารณานั้นจะใช้ค่า Adjusted R^2 ค่า Residual พบว่าค่า Adjusted R^2 ของแบบจำลองที่ 1.1 นั้นมีค่าเข้าใกล้ 1 มากกว่าแบบจำลองที่ 1.2 จึงหมายถึง แบบจำลองที่ 1.1 สามารถอธิบายจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีได้ดีกว่าแบบจำลองที่ 1.2 ส่วนค่าสถิติ Residual นั้นแบบจำลองที่ 1.1 ค่าสถิติ Residual มากกว่าแบบจำลองที่ 1.2 หมายถึง แบบจำลองที่ 1.2 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประมาณค่ากำลังสองน้อยกว่าแบบจำลองที่ 1.1 ซึ่งตรงกับสมมติฐานเบื้องต้นของการวิเคราะห์การประมาณค่าพารามิเตอร์ของสมการความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด ดังนั้นเมื่อพิจารณาค่าสถิติทั้งสองค่าจะเห็นได้ว่า แบบจำลองที่ 1.2 นั้นเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมในการใช้วิเคราะห์จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมากกว่าแบบจำลองที่ 1.1 จึงสรุปได้ว่าแบบจำลองที่ 1.2 หรือแบบจำลองไม่จำกัดตัวแปรที่ไม่พิจารณาระบบรถโดยสารด่วนพิเศษนั้นสามารถอธิบายค่าตัวแปรได้ดีกว่าแบบจำลองที่ 1.1 หรือแบบจำลองไม่จำกัดตัวแปรระหว่างแบบจำลองของทั้งสามระบบ ดังนั้นในการพิจารณาแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงจะใช้แบบจำลองที่ 1.2 ในการพิจารณาต่อไป

5.2.3 การเลือกตัวแปรเข้าแบบจำลอง

ในการเลือกตัวแปรเข้าแบบจำลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามนั้น จะใช้การสร้างแบบจำลอง Semi-log Regression เพื่อประมาณค่าสัมประสิทธิ์ตัวแปร โดยตารางที่ 5.2 แสดงถึงแบบจำลองจำกัดตัวแปรอีก 3 แบบจำลอง คือแบบจำลองที่ 1.3 แบบจำลองที่ 1.4 และแบบจำลองที่ 1.5 ตามลำดับ โดยหลักการที่ใช้คัดเลือกว่าตัวแปรใดควรจะอยู่ในแบบจำลองนั้นอาศัยผลการจากการคาดการณ์ตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงว่าปัจจัยเหล่านี้ควรปรากฏในแบบจำลองไม่ว่าจะมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ก็ตามเพราะหากตัด

ออกจากแบบจำลองแล้ว จะส่งผลให้เกิดปัญหา omitted variables ซึ่งจะทำให้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของสมการเกิดความเอนเอียง (bias)

ในการตรวจสอบว่าแบบจำลองใดที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรได้ดีที่สุดระหว่าง 3 แบบจำลองนั้นใช้การเปรียบเทียบแบบจำลอง ด้วยวิธี F Test (Chow Test) ดังสมการที่ 3.7 ซึ่งต้องทำการเปรียบเทียบแบบจำลองทีละคู่ คือเปรียบเทียบความสามารถอธิบายค่าตัวแปรของแบบจำลองที่ 1.3 และแบบจำลองที่ 1.4 หากแบบจำลองใดที่มีความสามารถในการอธิบายค่าตัวแปรดีกว่าก็จะนำไปเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ 1.5 ต่อไป เช่นเดียวกันหากแบบจำลองใดที่สามารถอธิบายค่าตัวแปรได้ดีกว่าแบบจำลองนั้นก็จะเป็นแบบจำลองที่จะนำมาพิจารณาต่อไป

ตารางที่ 5.3 แบบจำลอง Semi-log Regression

สัญลักษณ์ตัวแปร	แบบจำลองที่ 1.3			แบบจำลองที่ 1.4			แบบจำลองที่ 1.5		
	Coef.	t	Sig.	Coef.	t	Sig.	Coef.	t	Sig.
Off_com	0.0002706	2.34	0.026	0.0002174	1.92	0.065*	0.0002655	2.08	0.047
Department	0.0003333	2.37	0.024	0.000354	2.76	0.010	0.0003108	2.03	0.051*
Education	-	-	-	-	-	-	0.0001919	0.34	0.740
Publichealth	-	-	-	-	-	-	0.002711	0.67	0.509
Park	-	-	-	0.0001557	0.88	0.388	-	-	-
Road	-	-	-	-0.0118198	-2.66	0.013	-	-	-
Population	0.001109	2.43	0.021	0.0011945	2.82	0.008	0.0012513	2.41	0.023
Parking	0.0001751	1.99	0.056*	0.0001541	1.89	0.069*	0.0001877	2.01	0.054*
Buses	0.0036191	3.63	0.001	0.0036911	4.02	0.000	0.0034887	3.35	0.002
Radius	0.1501861	2.05	0.049	0.2067438	2.94	0.006	0.1509252	1.90	0.068
Terminal	0.3030242	2.49	0.018	0.260505	2.33	0.027	0.3006	2.33	0.027
Interchange	0.1772528	2.09	0.045	0.1544787	1.97	0.059*	0.1614699	1.74	0.093
Station_Density	-0.0083292	-1.43	0.164	-0.0073536	-1.38	0.178	-0.0094933	-1.51	0.141
Constant	3.1513	22.33	0.000	3.383644	20.25	0.000	3.140968	21.40	0.000
R^2	0.6104			0.6998			0.6185		
Adjusted R^2	0.4973			0.5859			0.4739		
Durbin-Watson	2.183			1.866			2.066		
Residual	1.388			1.070			1.136		

* ตัวแปรที่มีระดับนัยสำคัญระดับ 0.10

หลังจากการทำการเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งสามแล้วพบว่าแบบจำลองอุปสงค์ที่เหมาะสม คือ แบบจำลองที่ 1.4 มีตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลอง คือ สำนักงานและบริษัท ห้างสรรพสินค้า สวนสาธารณะ ความยาวถนนรอบสถานี จำนวนประชากรรอบสถานี ความจุจุด

จอดแล้วจร จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี เส้นทางรัศมี สถานีปลายทาง สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่นๆ และจำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร

5.3 การเปรียบเทียบแบบจำลอง

จากตารางที่ 5.3 จะพบว่ามีแบบจำลอง 3 แบบที่จะนำมาพิจารณาว่าแบบจำลองใดที่เหมาะสมที่สุดในการนำมาคาดการณ์จำนวนผู้โดยสาร โดยวิธีการทดสอบนั้นจะใช้วิธี F Test (Chow Test) ซึ่งผลที่ได้คือ แบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารคือแบบจำลองที่ 1.4 หลังจากนั้นจะมีการเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างแบบจำลองและแบบจำลองอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 เปรียบเทียบแบบจำลองและแบบจำลองอย่างมีนัยสำคัญ

สัญลักษณ์ตัวแปร	แบบจำลองที่ 1.4			แบบจำลองที่ 1.6		
	Coef.	t	Sig.	Coef.	t	Sig.
Off_com	0.0002174	1.92	0.065*	0.0001784	1.93	0.062*
Department	0.000354	2.76	0.010	0.0002743	2.27	0.030
Park	0.0001557	0.88	0.388	-	-	-
Road	-0.0118198	-2.66	0.013	-0.0125859	-2.82	0.008
Population	0.0011945	2.82	0.008	0.0009262	2.33	0.027
Parking	0.0001541	1.89	0.069*	0.0001878	2.34	0.026
Buses	0.0036911	4.02	0.000	0.0032717	3.89	0.000
Radius	0.2067438	2.94	0.006	0.1821451	2.64	0.013
Terminal	0.260505	2.33	0.027	0.3084914	2.81	0.009
Interchange	0.1544787	1.97	0.059*	0.1600565	2.05	0.049
Station_Density	-0.0073536	-1.38	0.178	-	-	-
Constant	3.383644	20.25	0.000	3.333212	22.12	0.000
Adjusted R^2	0.5859			0.5735		
Durbin-Watson	1.866			1.916		
Residual	1.070			1.178		

* ตัวแปรที่มีระดับนัยสำคัญระดับ 0.10

จากตารางที่ 5.4 จะพบว่ามีแบบจำลอง 2 แบบ คือ การเปรียบเทียบแบบจำลองระหว่างแบบจำลองและแบบจำลองอย่างมีนัยสำคัญ เพื่อหาแบบจำลองที่เหมาะสมในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารจะใช้วิธี F Test (Chow Test) ดังสมการที่ 3.7 ซึ่งผลที่ได้คือแบบจำลองที่มีความเหมาะสมในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารคือแบบจำลองที่ 1.6 สามารถเขียนแบบจำลองได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\text{Log(Y)} = {} & 3.333212 + 0.0001784(\text{Off_com}) + 0.0002743(\text{Department}) - \\ & 0.0125859(\text{Road}) + 0.0009262(\text{Population}) + 0.0001878(\text{Parking}) + \\ & 0.00327171(\text{Buses}) + 0.182451(\text{Radius}) + 0.3084914(\text{Terminal}) + \\ & 0.1600565(\text{Interchange}) \end{aligned} \quad (5.1)$$

แบบจำลองอุปสงค์ที่เหมาะสม คือ แบบจำลองที่ 1.6 มีตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลอง คือ สำนักงานและบริษัท ห้างสรรพสินค้า ความยาวถนนรอบสถานี จำนวนประชากรรอบสถานี ความจุจุดจอดแล้วจร จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี เส้นทางรัศมี สถานีปลายทาง และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่นๆ

5.4 การตรวจสอบแบบจำลอง

เมื่อได้แบบจำลองออกมาแล้วสิ่งที่ต้องทำต่อไป คือ การตรวจสอบแบบจำลองที่ได้ว่ามีความถูกต้องทางสถิติมากเพียงพอที่จะนำไปใช้ในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารได้หรือไม่ สิ่งที่ต้องตรวจสอบเป็นไปตามหัวข้อที่ 3.6.4 มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การทดสอบนัยสำคัญของแบบจำลองทั้งหมด เรียกอีกอย่างว่า การทดสอบนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์การอธิบาย สำหรับแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง (สมการ 5.1) มีค่าสถิติ F test คือ 6.977 และมีค่าระดับนัยสำคัญ คือ 0.000 นั่นคือแบบจำลองนี้สามารถปฏิเสธสมมุติฐานศูนย์แสดงว่าสัมประสิทธิ์ถดถอยอย่างน้อย 1 ตัวหรือมากกว่าจะมีนัยสำคัญทางสถิติแตกต่างจาก 0

การตรวจสอบความสัมพันธ์กันเองของตัวแปรต้น (Multicollinearity) ในการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุด นั้นมีข้อจำกัดในว่าตัวแปรต้นจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ โดยพิจารณาจากค่า Tolerance และค่า VIF หากค่า Tolerance มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรต้นนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต้นอื่นๆน้อย และหากค่า VIF มีค่ามากแสดงว่าตัวแปรต้นนั้นมีความสัมพันธ์กับตัวแปรต้นอื่น ๆ มาก โดยค่า Tolerance และค่า VIF เป็นไปตามตารางที่ 5.5

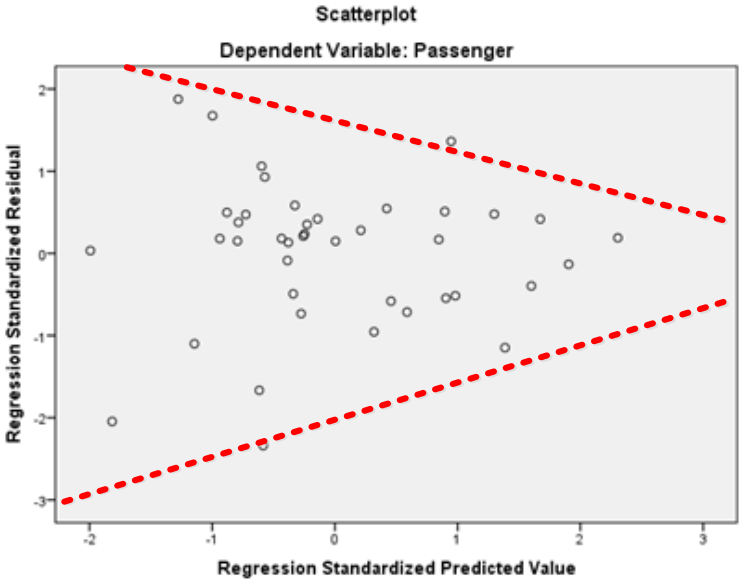
ตารางที่ 5.5 ค่าสถิติ Tolerance และค่าสถิติ VIF

สัญลักษณ์ตัวแปร	Collinearity Statistics	
	Tolerance	VIF
Off_com	0.769	1.300
Department	0.866	1.155
Road	0.909	1.100
Population	0.765	1.308
Parking	0.795	1.258
Buses	0.812	1.232
Radius	0.785	1.274
Terminal	0.872	1.147
Interchange	0.733	1.365

เมื่อพิจารณาที่ค่า tolerance นั้น จะพบว่าทุกตัวแปรต้นมีค่า tolerance เข้าใกล้ 1 นั่นหมายถึงแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงที่ได้ไม่เกิดปัญหาความสัมพันธ์กันเองของตัวแปรต้น หรือไม่เกิดปัญหา Multicollinearity

การตรวจสอบความเป็นอิสระของความคลาดเคลื่อน (Autocorrelation) นั้นสามารถตรวจสอบได้จากค่าสถิติ Durbin Watson หากค่าสถิติ Durbin Watson มีค่าเข้าใกล้ 2 แสดงว่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นอธิบายตัวสถิติ Durbin Watson จากตารางที่ 5.4 จะพบว่าแบบจำลองที่ 1.6 มีค่าสถิติ Durbin-Watson คือ 1.916 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 2 นั่นหมายถึงคลาดเคลื่อนของแบบจำลองเป็นอิสระต่อกัน

การตรวจสอบค่าไม่คงที่ของค่าความแปรปรวนของค่าความคลาดเคลื่อน (Heterosedasticity) นั้นเป็นการตรวจสอบว่าแบบจำลองที่ได้จะมีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนมีค่าคงที่เท่ากับ σ^2 เพื่อให้ตัวประมาณการที่ได้รับจากวิธีกำลังสองน้อยสุดเป็นตัวประมาณการเชิงเส้นตรงที่ไม่เอนเอียง สามารถพิจารณาได้จากค่าสถิติ Cook-Weisberg จากแบบจำลองที่ 1.6 เมื่อพิจารณา Cook-Weisberg test จะมีค่าสถิติ Chi^2 เท่ากับ 6.41และมีค่านัยสำคัญ คือ 0.0114 พร้อมกันนั้นเมื่อพิจารณา รูปที่ 5.2 ซึ่งเป็นแผนภาพแสดงค่าความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน การกระจายตัวของแผนภาพสามารถหาไม่สามารถขอบเขตได้แสดงว่าแบบจำลองนี้จึงพบปัญหา Heterosedasticity



รูปที่ 5.2 แผนภาพความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระต่อกัน

ปัญหา Heterosedasticity นั้นไม่ส่งผลต่อผลการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลอง แต่ทำให้การทดสอบสมมติฐานมีความคลาดเคลื่อนซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยใช้เทคนิค Robust Standard Error ซึ่งแบบจำลองหลังจากการแก้ไขด้วยวิธี เทคนิค Robust Standard Error เป็นดังตารางที่ 5.6

ตารางที่ 5.6 แบบจำลองหลังแก้ไขปัญหา Heterosedasticity

สัญลักษณ์ตัวแปร	แบบจำลองที่ 1.6		
	Coef.	t	Sig.
Off_com	0.0001784	2.69	0.011
Department	0.0002743	3.70	0.001
Road	-0.0125859	-2.09	0.045
Population	0.0009262	2.72	0.011
Parking	0.0001878	3.92	0.000
Buses	0.0032717	7.02	0.000
Radius	0.1821451	2.61	0.014
Terminal	0.3084914	2.91	0.007
Interchange	0.1600565	3.38	0.002
Constant	3.333212	19.89	0.000
Adjusted R^2	0.6695		

จากตารางที่ 5.6 จะพบว่าหลังแก้ไขปัญหา Heterosedasticity ของแบบจำลอง สัมประสิทธิ์ที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงไป สิ่งที่เปลี่ยนไปคือระดับนัยสำคัญของตัวแปร ดังนั้นแบบจำลองที่ได้จึงเป็นไปตามสมการที่ 5.1 ดังเดิม

การตรวจสอบเครื่องหมายค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรจากแบบจำลองนั้นแสดงถึงแนวโน้มอิทธิพลของตัวแปรต้นนั้นๆ ต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี หากสัมประสิทธิ์มีค่าเป็นบวกนั่นหมายถึง ตัวแปรนั้นจะแปรผันตามจำนวนผู้โดยสาร ในทางกลับกันหากสัมประสิทธิ์มีค่าเป็นลบนั่นหมายถึง ตัวแปรนั้นจะแปรผกผันกับจำนวนผู้โดยสาร หรือเมื่อจำนวนผู้โดยสารลดลงเมื่อตัวแปรมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยตารางที่ 5.7แสดงสัมประสิทธิ์คาดการณ์จำนวนผู้โดยสารจากการทบทวนวรรณกรรม และสัมประสิทธิ์ที่ได้จากแบบจำลอง

ตารางที่ 5.7 สัมประสิทธิ์คาดการณ์และสัมประสิทธิ์จากแบบจำลอง

สัญลักษณ์ตัวแปร	สัมประสิทธิ์คาดการณ์	สัมประสิทธิ์จากแบบจำลอง
Off_com	(+)	(+)
Department	(+)	(+)
Road	(+,-)	(-)
Population	(+)	(+)
Parking	(+)	(+)
Buses	(+,-)	(+)
Radius	(+)	(+)
Terminal	(+)	(+)
Interchange	(+)	(+)

จากแบบจำลองที่ 1.6 สามารถเขียนเขียนแบบจำลองดังสมการที่ 5.1และจากตารางที่ 5.6 จะอธิบายแบบจำลองโดยแต่ละตัวแปรสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}\text{Log}(Y) = {} & 3.333212 + 0.0001784(\text{Off_com}) + 0.0002743(\text{Department}) - \\ & 0.0125859(\text{Road}) + 0.0009262(\text{Population}) + 0.0001878(\text{Parking}) + \\ & 0.00327171(\text{Buses}) + 0.182451(\text{Radius}) + 0.3084914(\text{Terminal}) + \\ & 0.1600565(\text{Interchange}) \end{aligned} \quad (5.1)$$

ในการพิจารณาสัมประสิทธิ์ของตัวแปรจากแบบจำลอง *Semi-log* ที่ได้จะสามารถตีความได้ว่า เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนแปลง 1 หน่วย ตัวแปรตามจะเปลี่ยนแปลงด้วยค่า 100 คูณสัมประสิทธิ์ตัวแปร เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแต่ละตัวแปรมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตัวแปรสำนักงานและบริษัท มีสัมประสิทธิ์เป็นบวก คือ 0.0001784 แสดงว่า เมื่อพื้นที่สำนักงานและบริษัทเพิ่มขึ้น 1000 ตารางเมตร สถานีจะมีจำนวนผู้โดยสารเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.01784ซึ่งตรงกับสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม นั่นคือ ตัวแปรสำนักงานและบริษัทมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี หากบริเวณสถานีมีพื้นที่สำนักงานและบริษัทเพิ่มมากขึ้น ก็จะทำให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมีจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากกลุ่มคนทำงานกลุ่มนี้มีศักยภาพเพียงพอที่จะใช้บริการระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร คือ ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส และระบบรถไฟฟ้ามหานคร เนื่องจากเป็นการเดินทางที่สามารถคาดการณ์เวลาในการเดินทางเนื่องจากไม่ประสบปัญหาการจราจร

ตัวแปรห้างสรรพสินค้า สัมประสิทธิ์เป็นบวกคือ 0.0002743 แสดงว่า เมื่อพื้นที่ห้างสรรพสินค้าเพิ่มขึ้น 1000 ตารางเมตร สถานีจะมีจำนวนผู้โดยสารเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.02743 ซึ่งตรงกับสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม นั่นคือ ตัวแปรห้างสรรพสินค้ามีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีหากบริเวณสถานีมีพื้นที่ห้างสรรพสินค้าเพิ่มมากขึ้น ก็จะทำให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมีจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องมาจากมีการจ้างงานของพนักงานในห้างสรรพสินค้าเมื่อมีพื้นที่มากการจ้างงานจะมากขึ้น นอกจากนั้นเมื่อพื้นที่ห้างสรรพสินค้ามากก็จะมีลูกค้ามาใช้บริการมากขึ้น ทั้งสองกลุ่มไม่ว่าจะเป็นพนักงานของห้างสรรพสินค้าและลูกค้าจะหันมาใช้บริการระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร คือ ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส และระบบรถไฟฟ้ามหานคร เนื่องจากเป็นการเดินทางที่สามารถคาดการณ์เวลาในการเดินทางเนื่องจากไม่ประสบปัญหาการจราจร และไม่ยุ่งยากในการหาพื้นที่จอดรถและเสียค่าบริการจอดรถเหมือนกับการใช้ยานพาหนะส่วนตัว

ความยาวถนนรอบสถานี มีสัมประสิทธิ์เป็นลบ คือ 0.0125859 แสดงว่า เมื่อมีความยาวถนนรอบสถานีเพิ่มมากขึ้น 1 กิโลเมตร สถานีนั้นจะมีจำนวนผู้โดยสารลดลงร้อยละ 1.25 ถึงแม้ว่าการทบทวนวรรณกรรมจะไม่พบว่าสัมประสิทธิ์ของความยาวถนนรอบสถานีนั้นเป็นแบบใดกันแน่ แต่สำหรับจำลองอุปสงค์โดยตรงนี้สัมประสิทธิ์ที่ได้เป็นลบ นั่นแสดงว่าหากถนนรอบสถานีมีความยาวมากขึ้น จำนวนผู้โดยสารรายสถานรายปีลดลงเนื่องจากมีทางเลือกอื่นในการเดินทาง

จำนวนประชากรรอบสถานี มีสัมประสิทธิ์เป็นบวก คือ 0.0009262 แสดงว่า เมื่อมีจำนวนประชากรรอบสถานีเพิ่ม 1000 คน สถานีจะมีจำนวนผู้โดยสารเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.09262 ซึ่ง

ตรงกับสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม นั่นคือ ตัวแปรจำนวนประชากรรอบสถานีมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี หากประชากรรอบสถานีมีจำนวนมาก ก็จะมีจำนวนประชากรที่มาใช้บริการระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครเป็นจำนวนมาก นั่นทำให้เมื่อจำนวนประชากรรอบสถานีมากจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีก็จะเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน

ความจุจุดจอดแล้วจร มีสัมประสิทธิ์เป็นบวก คือ 0.0001878 แสดงว่า เมื่อมีจำนวนความจุแล้วจรเพิ่มขึ้น 1 คัน สถานีจะมีจำนวนผู้โดยสารเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.01878 ซึ่งตรงกับสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม นั่นคือ ตัวแปรความจุจุดจอดแล้วจรมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี หากสถานีใดมีพื้นที่จุดจอดแล้วจรมาก ก็จะทำให้มีจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมากขึ้น เนื่องจากสามารถใช้รถยนต์ส่วนบุคคลมายังสถานีเพื่อเปลี่ยนรูปแบบการเดินทางเป็นระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร เมื่อการเดินทางสะดวกมากขึ้นจำนวนผู้โดยสารก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วย

จำนวนสายรถประจำทางของแต่ละสถานี มีสัมประสิทธิ์เป็นบวก คือ 0.00261 แสดงว่าเมื่อมีจำนวนสายรถประจำทางรายสถานีเพิ่มขึ้น 1 สาย สถานีจะมีจำนวนผู้โดยสารเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.261 ซึ่งสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมนั้นสัมประสิทธิ์เป็นบวก แต่สัมประสิทธิ์ที่คาดการณ์นั้นสัมประสิทธิ์สามารถเป็นได้ทั้งบวกและลบ แต่สัมประสิทธิ์จากแบบจำลองมีสัมประสิทธิ์เป็นบวกซึ่งตรงกับการทบทวนวรรณกรรม นั่นคือ ตัวแปรจำนวนสายรถประจำทางรายสถานีมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี แสดงว่ารถโดยสารประจำทางที่มายังสถานีมีลักษณะเป็นการส่งผู้โดยสารมายังสถานี (Feeder bus) ดังนั้นหากจำนวนสายรถประจำทางรายสถานีมีจำนวนมากผู้โดยสารรายสถานีรายปีก็จะมีจำนวนมากยิ่งขึ้น

เส้นทางรัศมี มีสัมประสิทธิ์เป็นบวก คือ 0.1821451 แสดงว่าเมื่อสถานีที่พิจารณาเป็นสถานีที่อยู่บนเส้นทางรัศมี สถานีจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีที่อยู่บนเส้นทางวงกลมร้อยละ 18.21 ถึงแม้ว่าการทบทวนวรรณกรรมจะไม่พบว่าสัมประสิทธิ์ของเส้นทางรัศมีนั้นเป็นแบบใดกันแน่ แต่สำหรับแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนี้สัมประสิทธิ์ที่ได้เป็นบวก นั่นคือ ตัวแปรระบบรถไฟฟ้ารัศมีมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี นั่นคือ หากสถานีใดให้บริการในเส้นทางรถไฟฟ้ารัศมีจะมีจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมากกว่า เส้นทางรถไฟฟ้าวงกลม

สถานีปลายทางมีสัมประสิทธิ์เป็นบวก คือ 0.3084914แสดงว่า เมื่อสถานีที่พิจารณาเป็นสถานีปลายทาง สถานีจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีประเภทศูนย์กลางร้อยละ 30.85 ซึ่งตรงกับสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม นั่นคือ ตัวแปรสถานีปลายทางมี

ความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี หากสถานีใดเป็นสถานีปลายทางจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่นๆ และสถานีศูนย์กลาง

สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่นๆ มีสัมประสิทธิ์เป็นบวก คือ 0.1600565 แสดงว่า เมื่อสถานีที่พิจารณาเป็นสถานีสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่นๆ สถานีจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีประเภทศูนย์กลางร้อยละ 16.01 ซึ่งตรงกับสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรม นั่นคือ ตัวแปรสถานีเชื่อมต่อหลายรูปแบบความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี หากสถานีใดเป็นสถานเชื่อมต่อหลายรูปแบบจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีศูนย์กลาง แต่น้อยกว่าสถานีปลายทาง

5.5 การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสาร

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง จะทำการเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงกับจำนวนผู้โดยสารจริง และเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนระหว่างแบบจำลองทั้งสองและผลของผู้โดยสารจริง

แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง เป็นแบบจำลองที่จัดทำขึ้นจากการใช้พื้นที่รอบสถานีและข้อมูลและลักษณะการให้บริการของระบบขนส่ง ซึ่งข้อมูลที่ใช้จัดทำแบบจำลองเป็นข้อมูลในปี พ.ศ. 2550 สำหรับการใช้พื้นที่รอบสถานี และข้อมูลในปี พ.ศ. 2553 สำหรับข้อมูลจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี

แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน เป็นแบบจำลองที่ใช้ในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารที่ใช้ในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารระบบโครงข่ายรถไฟฟ้าสายต่างๆ ที่เกิดขึ้นแล้ว เช่น ส่วนต่อขยายสายสุขุมวิท และสายอื่น ๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งเป็นแบบจำลองนี้มีพื้นฐานการคำนวณจากแบบจำองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน โดยขอมูลจากแบบจำลองที่นำมาใช้นี้เป็นผลของรถไฟฟ้าบีทีเอส ส่วนต่อขยายสายสุขุมวิท ปี พ.ศ. 2555 ซึ่งได้ทำการคาดการณ์เมื่อปี พ.ศ. 2550

ตารางที่ 5.8 จำนวนผู้โดยสารจริง จำนวนผู้โดยสารจากแบบจำลอง 2 แบบจำลองในปี พ.ศ. 2555

สถานี	จำนวนผู้โดยสารจริง (พันคน)	แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง (พันคน)	แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน (พันคน)
บางจาก	2334	3156	7081
ปุณณวิถี	2200	3283	4526
อุดมสุข	5243	3605	8906
บางนา	1315	2243	3395

ตารางที่ 5.9 จำนวนผู้โดยสารจริง จำนวนผู้โดยสารจากแบบจำลอง 2 แบบจำลอง

สถานี	ความคลาดเคลื่อนจากจำนวนผู้โดยสารจริง	
	แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง	แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน
บางจาก	35%	203%
ปุณณวิถี	49%	106%
อุดมสุข	-31%	70%
บางนา	71%	158%

จากตารางที่ 5.8 แสดงจำนวนผู้โดยสารจริงและจำนวนผู้โดยสารคาดการณ์จากแบบจำลอง และตารางที่ 5.9 แสดงความคลาดเคลื่อนของผลจากแบบจำลองและจำนวนผู้โดยสารจริง ซึ่งจะพบว่าแบบจำลงอุปสงค์โดยตรงสำหรับสถานีบางจาก และสถานีอุดมสุข มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สถานีปุณณวิถี และสถานีสถานีบางนา มีค่าความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง คือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ส่วนความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน และจำนวนผู้โดยสารจริงนั้นทั้ง 4 สถานีมีความคลาดเคลื่อนมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน นั้นสูงกว่าแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง เลยอาจสรุปได้ว่าแบบจำลองนี้พอที่จะสามารถนำมาใช้ในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารได้

แบบจำลองอุปสงค์ที่ได้จากงานวิจัยนี้ เป็นการวิเคราะห์จากสถานีในเมืองทั้งสิ้น 41 สถานี แต่งานวิจัยนี้ได้คาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของสถานีส่วนต่อขยายรถไฟฟ้าบีทีเอส สายสุขุมวิท ซึ่งสถานีเหล่านี้ไม่ได้ถูกนำมาพิจารณาในแบบจำลอง ทั้งนี้การที่พิจารณาเฉพาะสถานีในเมืองสำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองมาใช้คาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของสถานีชานเมืองนั้นเป็นการพิจารณาว่าแบบจำลองนี้สามารถนำไปใช้กับสถานีชานเมืองในอนาคตตามพื้นที่ชานเมือง เช่น สายสีแดง สายสีม่วงได้หรือไม่ หากพิจารณาจากความคลาดเคลื่อนตามตารางที่ 5.9 จะพบว่าแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นมีความคลาดเคลื่อนของจำนวนผู้โดยสารมากว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าค่อนข้างสูง ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงในงานวิจัยนี้ ไม่สามารถนำไปคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีของสถานีชานเมืองที่จะเกิดขึ้นได้ เนื่องจากมีลักษณะการใช้พื้นที่ที่แตกต่างกัน

5.6 สรุปผลการวิเคราะห์แบบจำลอง

จากตารางที่ 5.4 เมื่อเปรียบเทียบแบบจำลองทั้งสองแบบจำลองพบว่า แบบจำลองที่ 1.6 เป็นแบบจำลองที่เหมาะกับการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารหรือก็คือ แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง เนื่องจากมีค่า Adjusted R-squared คือ 0.573 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ นอกจากนั้น ค่าสถิติ Durbin-Watson มีค่า 1.916 แสดงว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้น แบบจำลองที่ได้จึงมีความถูกต้องทางสถิติ

ตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร คือ ตัวแปรสำนักงานและบริษัท และตัวแปรห้างสรรพสินค้า เป็นตัวแปรด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี ซึ่งการมีเพิ่มขึ้นของพื้นที่ของทั้งสองตัวแปรจะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมีจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์เป็นบวก ส่วนตัวแปรความยาวถนนรอบสถานีนั้นเป็นตัวแปรด้านการใช้พื้นที่รอบสถานีอีกตัวหนึ่งซึ่งการเพิ่มขึ้นของตัวแปรนี้จะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมีจำนวนลดลง ตัวแปรต่อมาคือตัวแปรจำนวนประชากรรอบสถานี เป็นตัวแปรอีกด้านหากมีการเพิ่มขึ้นของประชากรรอบสถานีจะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมีจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์เป็นบวก และสุดท้ายตัวแปรความจุจุดจอดแล้วจร ตัวแปรจำนวนสายรถประจำทางรายสถานี ตัวแปรเส้นทางรัศมี ตัวแปรสถานีปลายทาง และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ เป็นตัวแปรด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน ซึ่งแต่ละตัวแปรมีสัมประสิทธิ์เป็นบวกแสดงว่าหากมีความจุจุดจอดแล้วจร และจำนวนเส้นทางรถโดยสารประจำทางของแต่ละสถานี มีสัมประสิทธิ์เป็นบวกยิ่งตัวแปรสองตัวแปรนี้มีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีเพิ่มขึ้น และตัวแปรระบบรถไฟฟ้าเส้นทางรัศมี ตัวแปรสถานีปลายทาง และสถานีเชื่อมต่อหลายรูปแบบเป็นตัวแปรหุ่นสำหรับการเปรียบเทียบ ซึ่งสถานีที่อยู่ในเส้นทางรัศมีจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีที่อยู่ในเส้นทางวงกลม และสถานีปลายทางมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีประเภทอื่นๆ

ผลการเปรียบเทียบจำนวนผู้โดยสารจริงและจำนวนผู้โดยสารที่ได้จากแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงพบว่าความคลาดเคลื่อนของจำนวนผู้โดยสารระหว่างจำนวนผู้โดยสารจริงจำนวนผู้โดยสารคาดการณ์จากแบบจำลองนั้นมีค่าค่อนข้างสูง ในอนาคตเมื่อมีข้อมูลจากสถานีชานเมืองที่กำลังจะเปิดขึ้น เช่น สถานีรถไฟฟ้าสายสีม่วง ช่วงบางซื่อ – บางใหญ่ ที่จะเปิดให้บริการในช่วง พ.ศ. 2559 เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในแบบจำลอง ก็อาจทำให้ความคลาดเคลื่อนในการคาดการณ์ดังกล่าวลดลงได้

บทที่ 6
สรุปผลงานวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงสรุปผลของการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร คือ ระบบรถไฟฟ้าบีทีเอส และระบบรถไฟฟ้ามหานคร จากแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง ซึ่งประกอบไปด้วย 1) สรุปผลงานวิจัย 2) ข้อเสนอแนะ 3) ข้อจำกัดงานวิจัย และ4) ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต มีรายละเอียดดังนี้

วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยนั้น คือ ศึกษาตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี จาก 3 ปัจจัย คือ ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานี และปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน โดยงานวิจัยนี้มีสมมติฐานดังต่อไปนี้

(1) จำนวนประชากรรอบสถานีส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารยิ่งสถานีไหนมีจำนวนประชากรรอบสถานีมากจะยิ่งมีจำนวนผู้โดยสารมากขึ้น

(2) สถานีปลายทางและสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ นั้นจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีระหว่างทาง โดยที่สถานีปลายทางจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีเชื่อมต่อหลายรูปแบบ

(3) การใช้พื้นที่รอบสถานีที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร ได้แก่ พื้นที่สำนักงานและบริษัท พื้นที่โรงแรม พื้นที่ห้างสรรพสินค้า พื้นที่การศึกษารอบสถานีหากมีพื้นที่เหล่านี้รอบสถานีมากจะส่งผลให้มีจำนวนผู้โดยสารมากขึ้นด้วย

(4) ความยาวถนนรอบสถานีส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร ยิ่งความยาวถนนรอบสถานีมากผู้โดยสารยิ่งมีจำนวนผู้โดยสารน้อยลง

สำหรับข้อมูลทั้ง 3 ปัจจัยนั้น ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานีและปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี เป็นข้อมูลที่ได้มาจากการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ จากสำนักผังเมืองกรุงเทพมหานคร และปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชนนั้นเป็นข้อมูลมาจากการเว็บไซต์ของแต่ละรูปแบบของระบบขนส่งมวลชน โดยการเลือกตัวแปรที่จะนำเข้าแบบจำลองนั้นจะอาศัยการทบทวนวรรณกรรม และผลการคาดการณ์ตัวแปรที่ส่งผลต่อแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้วิธีการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงพหุด้วยวิธีกำลังสองน้อยสุดเพื่อจัดทำแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง

ผลจากแบบจำลองอุปสงค์ได้ตอบสมมติฐานของงานวิจัยในตอนต้นที่ว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีของระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร ประกอบไปด้วยตัวแปรสำนักงานและบริษัท และตัวแปรห้างสรรพสินค้า เป็นตัวแปรด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี ซึ่งการมีเพิ่มขึ้นของพื้นที่ของทั้งสองตัวแปรจะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมีจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์เป็นบวก ส่วนตัวแปรความยาวถนนรอบสถานีนั้นเป็นตัวแปรด้านการใช้พื้นที่รอบสถานีอีกตัวหนึ่งซึ่งการเพิ่มขึ้นของตัวแปรนี้จะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมีจำนวนลดลง ตัวแปรต่อมาคือตัวแปรจำนวนประชากรรอบสถานี เป็นตัวแปรอีกด้านหากมีการเพิ่มขึ้นของประชากรรอบสถานีจะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมีจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีสัมประสิทธิ์เป็นบวก และสุดท้ายตัวแปรความจุจุดจอดแล้วจร ตัวแปรจำนวนสายรถประจำทางรายสถานี ตัวแปรเส้นทางรัศมี ตัวแปรสถานีปลายทาง และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ เป็นตัวแปรด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน ซึ่งแต่ละตัวแปรมีสัมประสิทธิ์เป็นบวกแสดงว่าหากมีความจุจุดจอดแล้วจร และจำนวนเส้นทางรถโดยสารประจำทางของแต่ละสถานี มีสัมประสิทธิ์เป็นบวกยิ่งตัวแปรสองตัวแปรนี้มีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีเพิ่มขึ้น และตัวแปรระบบรถไฟฟ้าเส้นทางรัศมี ตัวแปรสถานีปลายทางและสถานีเชื่อมต่อหลายรูปแบบเป็นตัวแปรหุ่นสำหรับการเปรียบเทียบ ซึ่งสถานีที่อยู่ในเส้นทางรัศมีจะมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีที่อยู่ในเส้นทางวงกลม และสถานีปลายทางมีจำนวนผู้โดยสารมากกว่าสถานีประเภทอื่นๆ ซึ่งแต่ละตัวแปรจะอธิบายในหัวข้อที่ 6.1 ต่อไป

6.1 สรุปผลงานวิจัยในแต่ละปัจจัย

6.1.1 ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี

ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานีที่สำคัญต่อแบบจำลอง ได้แก่ สำนักงานและบริษัท และพื้นที่ห้างสรรพสินค้า มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีสัมประสิทธิ์เป็นบวก แสดงให้เห็นว่ายิ่งมีการใช้พื้นที่รอบสถานีเป็นพื้นที่สำนักงานและบริษัท และพื้นที่ห้างสรรพสินค้ามากยิ่งส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายปีรายสถานีมากเท่านั้น เนื่องจากเกิดการใช้งานพื้นที่รอบสถานีเพื่อการจ้างงานและมาใช้บริการ นอกจากนั้นความยาวถนนรอบสถานีความยาวถนนรอบสถานีมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีสัมประสิทธิ์เป็นลบแสดงให้เห็นว่ายิ่งมีความยาวถนนรอบสถานีมากยิ่งส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายปีรายสถานีลดลงมากเท่านั้น เนื่องจากมีทางเลือกในการเดินทางประเภทอื่น ซึ่งทั้งสามตัวแปรสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ในตอนแรก

พื้นที่อยู่อาศัยรอบสถานีนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในแบบจำลองที่เลือกแต่ทว่าในแบบจำลองนี้จะเน้นในจำนวนประชากรรอบสถานีแทน หากพื้นที่อยู่อาศัยรอบสถานีมีพื้นที่มากจะส่งผลให้ประชากรรอบสถานีมากขึ้น

พื้นที่โรงแรมนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในแบบจำลองใดๆ แสดงว่าพื้นที่โรงแรมเป็นตัวแปรที่ไม่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ดังนั้นไม่ว่าจะมีพื้นที่สวนสาธารณะมากหรือน้อยจำนวนผู้โดยสารก็ไม่เปลี่ยนแปลง

สวนสาธารณะนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในแบบจำลองที่เลือก แต่ในแบบจำลองที่ 1.4 สวนสาธารณะเป็นตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ดังนั้นพื้นที่สวนสาธารณะอาจจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี หากมีการพิจารณาอย่างอย่างละเอียดถี่ถ้วนมากขึ้น สวนสาธารณะอาจจะส่งผลต่อแบบจำลอง

การใช้งานพื้นที่รอบสถานีเพื่อการจ้างงานและมาใช้บริการที่เหลือประกอบไปด้วยพาณิชยกรรมอื่นๆ อุตสาหกรรม การใช้พื้นที่แบบผสมสาธารณูปโภค สถาบันการศึกษา สถาบันศาสนา สถานที่ราชการ การสาธารณสุข ศิลปวัฒนธรรมสาธารณูปการ นันทนาการ ประโยชน์ของการใช้งานประเภทอื่นๆ นั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในแบบจำลองใดเลย ดังนั้นตัวแปรเหล่านี้ไม่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี

6.1.2 ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานี

ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานี มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีสัมประสิทธิ์เป็นบวก แสดงให้เห็นว่ายิ่งสถานีใดมีจำนวนประชากรรอบสถานีมากก็จะมีจำนวนผู้โดยสารมากตามไปด้วย ดังนั้นประชากรในพื้นที่ให้บริการจึงมีความสำคัญต่อระบบขนส่งมวลชน ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ในตอนแรก

6.1.3 ปัจจัยลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน

ปัจจัยลักษณะการให้บริการของระบบขนส่งที่สำคัญต่อแบบจำลอง ได้แก่ ความจุจุดจอดแล้วจร มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 เกือบทุกแบบจำลอง โดยมีสัมประสิทธิ์เป็นบวก แสดงให้เห็นว่ายิ่งสถานีมีความจุแล้วจรมากยิ่งมีผู้โดยสารรายสถานีรายปีมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ในตอนแรก

จำนวนเส้นทางรถโดยสารประจำทางของแต่ละสถานี มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เกือบทุกแบบจำลอง โดยมีสัมประสิทธ์เป็นบวก แสดงให้เห็นว่ายิ่งสถานีมีจำนวนจำนวนเส้นทาง

รถโดยสารประจำทางของแต่ละสถานีมาก ยิ่งมีจำนวนผู้โดยสารรายสถานรายปีมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ในตอนแรก

ความถี่ในการให้บริการทั้ง 3 ประเภทนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในแบบจำลองใดเลย นั่นแสดงว่าความถี่ในปัจจุบันไม่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารายสถานีรายปี

ประเภทสถานีนั้น สถานีปลายทาง และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.10 เกือบทุกแบบจำลอง โดยมีสัมประสิทธ์เป็นบวก แสดงให้เห็นว่าสถานีปลายทางและสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ นั้นส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ในตอนแรก หากสถานีใดเป็นสถานีประเภทสถานีปลายทาง และสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ จะมีจำนวนผู้โดยสารรายสถานรายปีมากกว่าสถานีประเภทศูนย์กลาง

จำนวนสถานีภายในรัศมีระยะ 5 กิโลเมตร นั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในแบบจำลองใดเลย แสดงให้เห็นว่าการที่บริเวณใกล้เคียงมีสถานีประเภทอื่น ๆ ให้บริการ ดังนั้นไม่ว่าจะมีจำนวนสถานีภายในรัศมีระยะ 5 กิโลเมตร มากหรือน้อยจำนวนผู้โดยสารก็ไม่เปลี่ยนแปลง

เส้นทางการให้บริการของระบบขนส่ง โดยเส้นทางรัศมี มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีสัมประสิทธ์เป็นบวกเกือบทุกแบบจำลอง แสดงให้เห็นว่าเส้นทางการให้บริการแบบรัศมีที่ให้บริการในรูปแบบของระบบรถไฟฟ้าบีทีเอสนั้นส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมากว่าระบบรถไฟฟ้ามหานครที่มีเส้นทางในการให้บริการแบบวงกลม

จากการพิจารณางานวิจัยในแต่ละปัจจัยพบว่า ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานีนั้นตัวแปรที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ได้แก่ พื้นที่สำนักงานและบริษัท พื้นที่ห้างสรรพสินค้า ส่งผลบวกต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ซึ่งตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ส่วนพื้นที่โรงแรม พื้นที่การศึกษา ไม่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ต่อมาคือปัจจัยด้านประชากรรอบสถานี พบว่า จำนวนประชากรรอบสถานีส่งผลบวกต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ตรงกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ต่อมาคือปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชนคือ สถานีปลายทางมีจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีมากกว่าสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ ตรงกับสมมตฐานที่ตั้งไว้ และสุดท้ายความยาวถนนรอบสถานีนั้นส่งผลลบต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ตรงกับสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้ตั้งแต่ต้น

6.2 ข้อเสนอแนะ

ในปัจจุบันการใช้งานพื้นที่รอบสถานีนั้นขึ้นกับพื้นที่ที่สถานีนั้นตั้งอยู่ เช่น สถานีใจกลางเมือง ก็จะเน้นการใช้พื้นที่ในรูปแบบพื้นที่และสำนักงาน และพาณิชยกรรม เช่น สถานีสยาม ในขณะที่สถานีที่ไกลออกไปจะเน้นการใช้พื้นที่เป็นที่พักอาศัย เช่น สถานีอารีย์ การใช้งานพื้นที่รอบสถานีที่แตกต่างกันนั้นจะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีแตกต่างกัน แต่สำหรับงานวิจัยนี้จะเป็นการนำเสนอตัวแปรจากแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี ซึ่งแต่ละตัวแปรจะมีอิทธิพลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีแตกต่างกันออกไป

โดยแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นเหมาะสมต่อการนำไปคาดการณ์และตรวจสอบจำนวนผู้โดยสารเปรียบเทียบกับแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน ซึ่งแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นประกอบไปด้วยปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี ได้แก่ สำนักงานและบริษัท ห้างสรรพสินค้า และความยาวถนนรอบสถานี ปัจจัยจำนวนประชากรรอบสถานี และปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน ได้แก่ ตัวแปรความจุจุดจอดแล้วจร ตัวแปรจำนวนเส้นทางรถโดยสารประจำทางของแต่ละสถานี ตัวแปรเส้นทางระบบรถไฟฟ้ารัศมี ตัวแปรสถานีปลายทางและสถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่นๆ ซึ่งผลที่ได้จากแบบจำลองนั้นสามารถสรุปข้อเสนอแนะได้ดังนี้

การใช้พื้นที่รอบสถานีนั้น เป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบสถานีที่มูลค่าค่อนข้างสูงในปัจจุบันให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยอาจจะเน้นการพัฒนาพื้นที่ให้อยู่ในลักษณะของ พื้นที่สำนักงานและบริษัท พื้นที่ห้างสรรพสินค้า และที่พักอาศัย การพัฒนาพื้นที่เหล่านี้จะส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสาร การเพิ่มพื้นที่สำนักงานและบริษัท และพื้นที่ห้างสรรพสินค้านั้นจะเพิ่มผู้โดยสารมาจากการจ้างงาน และผู้มาใช้บริการ ส่วนที่พักอาศัยนั้นเป็นการเพิ่มจำนวนประชากรรอบสถานี เมื่อมีประชากรรอบสถานีมากก็จะส่งผลให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีเพิ่มขึ้นเช่นกัน ส่วนความยาวถนนรอบสถานีนั้นยิ่งมีความยาวถนนมากก็จะยิ่งทำให้การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีมูลค่าสูงไม่ค่อยคุ้มค่าใช้ประโยชน์อย่างไม่เต็มที่ เพราะทำให้จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีลดลง ในปัจจุบันการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีนั้นมักถูกพัฒนาโดยภาคเอกชน ส่งผลให้แต่ละสถานีมีการพัฒนาพื้นที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นหากต้องการพัฒนาพื้นที่ของสถานีให้สอดคล้องกันเป็นระบบ ภาครัฐต้องควบคุมการพัฒนาพื้นที่เหล่านี้ซึ่งอาจจะมาในรูปของผังเมืองการใช้ที่ดินรอบสถานีเพื่อให้การใช้ที่ดินรอบสถานีเกิดประโยชน์และสอดคล้องกัน

การเพิ่มความจุจุดจอดแล้วจรนั้นเป็นการเน้นการเชื่อมต่อรูปแบบการเดินทางระหว่างรถยนต์ส่วนบุคคลและระบบขนส่งมวลชน สถานีที่มีจุดจอดแล้วจรเปรียบเหมือนสถานีที่มีเครื่องอำนวยความสะดวกต่อผู้โดยสารที่จำเป็นต้องใช้รถยนต์ส่วนบุคคลเป็นรูปแบบการเดินทางจากจุดเริ่มต้นแต่ไม่สะดวกที่จะนำรถยนต์ส่วนบุคคลไปยังจุดหมายปลายทาง โดยส่วนใหญ่ผู้โดยสารเหล่านี้มักจะเป็นผู้โดยสารที่เดินทางมาจากระยะไกล เมื่อสะดวกในการนำรถยนต์ส่วนบุคคลมาจอดก็จะทำให้ผู้โดยสารมีแรงจูงใจมาใช้บริการสถานีนั้น โดยส่วนมากพื้นที่จอดแล้วจรจะมีการเก็บค่าบริการเนื่องจากเป็นการลงทุนของทางภาคเอกชน แต่การสร้างอาคารที่จอดแล้วจรนั้นมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง เพื่อสนับสนุนให้สถานีที่เหมาะสมส่วนมากมีอาคารจอดแล้วจร ภาครัฐอาจจะสนับสนุนในเรื่องที่ดินในการจัดทำอาคารจอดแล้วจรเพื่อเป็นการสร้างแรงจูงใจให้ภาคเอกชน หรือภาครัฐอาจจะจัดสร้างอาคารจอดแล้วจรแล้วดำเนินการบริหารเอง

จำนวนเส้นทางรถโดยสารประจำทางของแต่ละสถานี นั้นเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารยิ่งมีจำนวนเส้นทางรถประจำทางมากจำนวนผู้โดยสารก็จะมีแนวโน้มเพิ่มตามไปด้วย โดยจำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานีนั้นภาครัฐสามารถจัดการและเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับการเดินทางที่เกิดขึ้นก็จะทำให้รถประจำทางกลายเป็นรูปแบบการเดินทางที่ช่วยเสริมจำนวนผู้โดยสารให้กับระบบขนส่งมวลชน

เมื่อพิจารณาผลจากแบบจำลองอุปสงค์โดยตรง นอกจากจะได้แนวคิดสำหรับการพัฒนาที่ดินรอบสถานีระบบขนส่งมวลชนแล้ว แบบจำลองอุปสงค์โดยตรงยังสามารถทราบจำนวนผู้โดยสารที่เปลี่ยนไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ไม่มากและไม่สลับซับซ้อนทำให้แบบจำลองนี้สามารถคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารค่อนข้างเป็นปัจจุบัน สำหรับระบบขนส่งสายอื่น ๆ ที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคตภาครัฐควรที่จะคำนึงถึงการใช้พื้นที่รอบสถานีไม่ปล่อยให้เอกชนเป็นผู้พัฒนาพื้นที่เพียงฝ่ายเดียว แต่ภาครัฐควรจะเข้าไปมีบทบาทในเรื่องของการพัฒนาพื้นที่ เช่น การกำหนดผังเมือง การจัดทำนโยบายเกี่ยวกับพื้นที่รอบสถานี สิ่งเหล่านี้เป็นเครื่องมือที่จะทำให้การพัฒนาพื้นที่รอบสถานีส่งผลต่อจำนวนผู้โดยสารรายสถานี สถานีที่ประสบความสำเร็จในการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีก็จะมีจำนวนผู้โดยสารตรงตามหรือมากกว่าจำนวนที่คาดการณ์ ส่งผลให้ระบบขนส่งมวลชนประสบความสำเร็จสมกับเป็นรูปแบบการเดินทางหลักของพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

6.3 ข้อจำกัดงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในหลายส่วน ได้แก่ 1) เรื่องของจำนวนสถานีที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองที่มีจำนวนเพียง 53 สถานีสำหรับการิเคราะห์ทั้งสามรูปแบบระบบขนส่ง

มวลชน และ 41 สถานีสำหรับการวิเคราะห์แบบจำลองเฉพาะระบบรถไฟฟ้าบีทีเอสและระบบรถไฟฟ้ามหานคร 2) สถานีตัวอย่างที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองเป็นสถานีที่ให้บริการในเขตกรุงเทพมหานคร ดังนั้นแบบจำลองนี้อาจจะไม่เหมาะสมในการนำไปคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารสถานีส่วนต่อขยาย หรือสถานีที่อนาคตที่จะเกิดขึ้นได้ เนื่องจากมีความคลาดเคลื่อนในการคาดการณ์มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ 3) ข้อมูลการใช้พื้นที่รอบสถานีนั้นเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากสำนักผังเมือง กรุงเทพมหานครนั้นมีรัศมีระยะเพียง 500 เมตรจากจุดกึ่งกลางสถานีซึ่งพื้นที่นี้มีขนาดเล็กกว่าพื้นที่ที่ใช้หาจำนวนประชากรรอบสถานี 4) ชุดปีของข้อมูลตัวแปรต้นและตัวแปรตามเป็นคนละชุดปี จำนวนผู้โดยสารรายสถานีเป็นข้อมูลของปี พ.ศ. 2553 ในขณะที่ข้อมูลด้านการพื้นที่รอบสถานีนั้นเป็นข้อมูลของปี พ.ศ. 2550 5) จำนวนประชากรรอบสถานีสามารถหาได้เป็นจำนวนการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอภายในพื้นที่ซึ่งในความเป็นจริงการกระจายตัวของประชากรอาจจะไม่กระจายตัวสม่ำเสมอในพื้นที่รอบสถานี และ6) ไม่สามารถอธิบายผลการแข่งขันระหว่างเส้นทางเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงราคาค่าโดยสาร หรือมีเส้นทางอื่นเปิดให้บริการ

สุดท้ายเรื่องของการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองทั้งสองแบบจำลองกับจำนวนผู้โดยสารจริงนั้นได้ทำการเปรียบเทียบเพียง 4 สถานี ถือว่าเป็นการเปรียบเทียบโดยตัวอย่างที่น้อยมากทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่าแบบจำลองใดมีความถูกต้องมากกว่ากัน แต่สามารถกล่าวว่าแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นสามารถใช้ในการคาดการณ์อยู่ในเกณฑ์ไม่ต่างจากแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนมากนัก

6.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

จากการศึกษางานวิจัยนี้พบว่ามีข้อจำกัดงานวิจัยอยู่พอสมควร ดังนั้นเพื่อให้งานวิจัยมีความคลาดเคลื่อนน้อยลง จึงควรมีการปรับปรุงข้อจำกัดของงานวิจัย โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ 1) ปัจจัยด้านต่างๆ ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้นมีเพียง 3 ปัจจัยทำให้ผลการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปีนั้นมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูงสำหรับบางสถานี การแก้ไข้เพื่อให้แบบจำลองมีผลการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารถูกต้องและใกล้ความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น ควรที่จะต้องพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ปัจจัยด้านการเข้าถึงสถานี และปัจจัยด้านเศรษฐสังคม ได้แก่ เรื่องของการครอบครองยานพาหนะต่อครัวเรือน จำนวนสมาชิกในครอบครัว รายได้ต่อครัวเรือน เป็นต้น เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อการเลือกประเภทการเดินทางไม่ว่าจะเป็นการใช้รถโดยสารส่วนบุคคล หรือระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานครที่มีมากมายหลากหลายรูปแบบ 2) เรื่องของระยะทางการเข้าถึงของผู้โดยสารมายังสถานี เพื่อให้ระยะที่ใช้ในการวิเคราะห์สอดคล้องกับความเป็นจริงมากขึ้น 3) เพิ่มจำนวนสถานีตัวอย่าง โดยสถานีที่ใช้ควรเป็นทั้งสถานี

ชานเมือง และสถานีในเมือง เพื่อให้แบบจำลองสามารถอธิบายสถานีชานเมืองได้ 4) การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พื้นที่รอบสถานีและจำนวนประชากรรอบสถานีควรอยู่ในรูปแบบเดียวกัน 5) ในการหาจำนวนประชากรรอบสถานี การกระจายตัวของประชากรต้องขึ้นกับการใช้พื้นที่จริงมากกว่าการกระจายตัวของประชากรแบบสม่ำเสมอ

สำหรับแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นอาจจะใช้แทนที่แบบจำลองต่อเนื่องโดยตรงนี้อาจจะไม่สามารถนำไปใช้แทนที่แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนได้อย่างสมบูรณ์เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ค่อนข้างใหม่สำหรับประเทศไทย อีกทั้งยังเป็นแบบจำลองที่มีข้อจำกัดเรื่องของจำนวนสถานีที่ยังมีไม่มากในการจัดทำแบบจำลอง แต่แบบจำลองอุปสงค์โดยตรงสามารถนำมาใช้ในการตรวจสอบกลับความถูกต้องของแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนซึ่งเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารของระบบขนส่งมวลชนในปัจจุบันและส่วนต่อขยายรถไฟฟ้าที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เนื่องจากแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงนั้นใช้ทรัพยากรในการจัดทำไม่มากเมื่อเทียบกับแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน นอกจากนั้นแบบจำลองอุปสงค์โดยตรงยังเป็นแบบจำลองที่ยืดหยุ่น คือ เป็นแบบจำลองที่สามารถคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารที่เปลี่ยนไป เมื่อปัจจัยด้านต่าง ๆ เปลี่ยนแปลง การตรวจสอบกลับนี้จะทำให้การคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารใกล้เคียงกับจำนวนผู้โดยสารจริงที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้การวางแผนระบบขนส่งมวลชนประสบผลสำเร็จสมกับเป็นการเดินทางหลักของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

Cervero, R., et al. (2009). Direct ridership model of bus rapid transit in Los Angeles County. Berkeley, Calif., Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley.

Goran Jovicic and Christian Overgaard Hansen (2003). "A passenger travel demand model for Copenhagen." Transportation Research Part A: Policy and Practice 37(4): 333-349.

Guerra, E., et al. (2011). The half-mile circle does it best represent transit station catchments? Working paper UCB-ITS-VWP-2011-5. Berkeley, Calif., Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley,: 1 online resource (13 p.

Metro (2011). "Metro. Westside subway extension project: Updated Direct Ridership Forecasting Report." Retrieved July, 2013, from http://media.metro.net/projects_studies/westside/images/final_eir-eis/westside_updated_direct_ridership_forecasting_report.pdf.

Michael D. Anderson, et al. (2006). "Direct Demand Forecasting Model for Small urban Communities Using Multiple Linear Regression." Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board 1981/2006(Planing and Analysis 2006): 114-117.

Nicolae Duduta (2013). Direct Ridership Models of Bus Rapid Transit and Metro Systems in Mexico City, Mexico. TRB 2013 Annual Meeting: 93-99.

Peers, F. (2005). "Direct Ridership Forecasting: Out of the Black Box." Retrieved July, 2013, from http://www.fehrandpeers.com/docs/0805DirectRidershipForecastingWeb.pdf.

Sanko Nobuhiro, et al. (2013). "Post-project evaluation of travel demand forecasts: Implications from the case of a Japanese railway." Transport Policy 27: 209-218.

Usvyat Len, et al. (2009). Sketch Model to Forecast Heavy-Rail Ridership. TRB 88th Annual Meeting**:** 19p.

บุณยประวิตร, ฐ. (2553). "แนวทางการพัฒนาพื้นที่รอบสถานีขนส่งมวลชนในประเทศไทย ตอนที่ 1." Retrieved กรกฎาคม, 2556, from http://www.asiamuseum.co.th/upload/forum/masstrandev.pdf.

ผศ. ดร. สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์ (2551). "บทที่ 3 การวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง." Retrieved กรกรฎาคม, 2556, from http://www.surames.com/images/column_1227454933/chapter%203%20travel%20demand%20analysis.pdf

มูลนิธิโลกสีเขียว (2556). "ห้องสมุด : ศัพท์สิ่งแวดล้อม TOD." Retrieved กรกฎาคม, 2556, from http://www.greenworld.or.th/library/environment-vocabulary/2145.

วานิชย์บัญชา, ร. ด. ก. (2553). การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล.

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและการจราจร (2550). "รายงานการประยุกต์ใช้แบบจำลอง eBUM เพื่อการวิเคราะห์รถไฟฟ้า 5 สาย แยกวิเคราะห์รายสาย." from http://mistran.otp.go.th/publish/PublishData/TrafficLaw/1_25530905154736.pdf.

อัจฉริยา ปราบอริพ่าย (2547). "การวิเคราะห์การถดถอยพหุ." Retrieved 22 ตุลาคม, 2557, from http://pirun.ku.ac.th/~faasatp/734422/data/chapter10.pdf.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

	Passenger	Residence	Off_com	Hotel	Department	Comercial
Passenger	1.000	.095	.241	.242	.110	.107
Residence	.095	1.000	.143	.493	.146	-.020
Off_com	.241	.143	1.000	.249	.119	.651
Hotel	.242	.493	.249	1.000	.421	.074
Department	.110	.146	.119	.421	1.000	-.026
Comercial	.107	-.020	.651	.074	-.026	1.000
Industry	-.189	-.248	-.306	-.243	-.148	-.193
Mixuse	.047	.267	.051	.251	-.188	.183
Utility	.135	-.012	-.152	.149	.329	-.121
Education	.188	-.373	.036	-.011	.308	-.019
Religion	-.451	-.105	-.119	-.104	-.072	.035
Government	-.240	-.173	-.115	-.213	.031	.015
Pub_health	.216	-.023	.450	.279	.146	.128
Culture	.244	-.305	-.169	-.185	.056	-.056
Pub_assis	-.012	-.009	.011	-.069	-.025	.173
Recreation	-.045	.204	-.078	.325	.183	.004
Other	.173	.598	.257	.583	.346	.094
Park	.196	-.366	.276	-.145	-.094	.093
Road	-.272	.098	-.016	.116	.080	-.020
Population	.000	.359	-.230	.091	-.175	-.041
Parking	.121	-.236	-.204	-.205	-.078	-.069
Buses	.425	-.102	.045	-.144	-.199	-.122
Evening_Freq	-.150	-.144	.322	.101	.082	.417
Day_Freq	-.318	-.317	.044	-.263	-.059	.096
Morning_Freq	.017	.024	.383	.302	.144	.471
Radius	.296	.339	.200	.276	.143	.188
Terminal	.301	-.186	-.183	-.151	.049	-.119
Interchange	.392	-.044	.291	.067	-.190	.261
Station_Density	.093	.313	.481	.520	.270	.289

	Industry	Mixuse	Utility	Education	Religion	Government
Passenger	-.189	.047	.135	.188	-.451	-.240
Residence	-.248	.267	-.012	-.373	-.105	-.173
Off_com	-.306	.051	-.152	.036	-.119	-.115
Hotel	-.243	.251	.149	-.011	-.104	-.213
Department	-.148	-.188	.329	.308	-.072	.031
Comercial	-.193	.183	-.121	-.019	.035	.015
Industry	1.000	-.017	-.040	-.139	.105	-.110
Mixuse	-.017	1.000	-.073	-.092	.052	-.275
Utility	-.040	-.073	1.000	-.153	.057	.098
Education	-.139	-.092	-.153	1.000	.046	.246
Religion	.105	.052	.057	.046	1.000	.633
Government	-.110	-.275	.098	.246	.633	1.000
Pub_health	-.223	-.126	-.131	.246	-.082	.046
Culture	-.132	-.080	.179	.163	-.065	.072
Pub_assis	-.113	-.122	-.086	-.023	-.020	.410
Recreation	-.119	.211	-.090	.063	-.009	.025
Other	-.240	.109	-.118	.019	-.113	-.176
Park	-.199	-.224	.183	-.031	-.090	.013
Road	.068	.054	-.022	-.073	.371	.356
Population	.144	.284	-.020	-.269	.074	-.002
Parking	-.108	-.241	.414	-.161	-.080	-.017
Buses	-.201	-.088	-.128	.335	.027	.356
Evening_Freq	-.009	.030	-.206	.236	.038	-.011
Day_Freq	.141	-.047	-.120	.105	.152	.009
Morning_Freq	-.104	.069	-.184	.234	-.051	-.021
Radius	-.211	.013	.033	-.014	-.175	.008
Terminal	.227	.124	.306	.040	-.053	-.055
Interchange	.078	.025	-.124	.247	-.064	.022
Station_Density	-.501	.084	-.120	.284	.141	.287

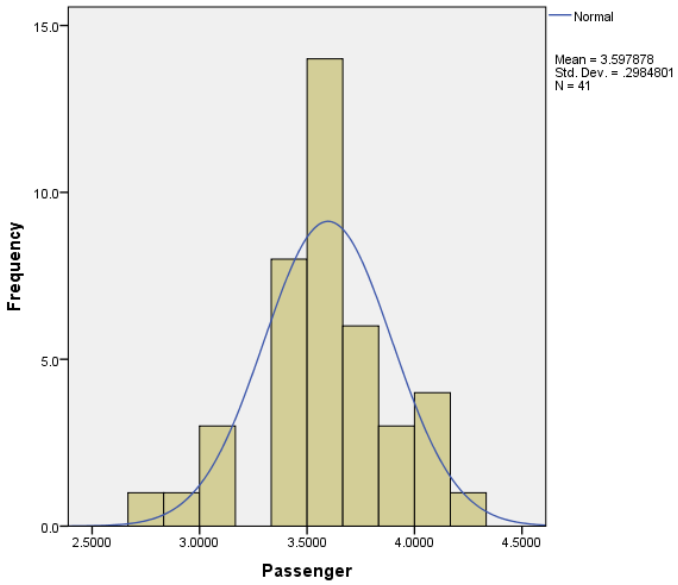
	Pub_health	Culture	Pub_assis	Recreation	Other	Park
Passenger	.216	.244	-.012	-.045	.173	.196
Residence	-.023	-.305	-.009	.204	.598	-.366
Off_com	.450	-.169	.011	-.078	.257	.276
Hotel	.279	-.185	-.069	.325	.583	-.145
Department	.146	.056	-.025	.183	.346	-.094
Comercial	.128	-.056	.173	.004	.094	.093
Industry	-.223	-.132	-.113	-.119	-.240	-.199
Mixuse	-.126	-.080	-.122	.211	.109	-.224
Utility	-.131	.179	-.086	-.090	-.118	.183
Education	.246	.163	-.023	.063	.019	-.031
Religion	-.082	-.065	-.020	-.009	-.113	-.090
Government	.046	.072	.410	.025	-.176	.013
Pub_health	1.000	-.157	-.044	-.066	-.007	.182
Culture	-.157	1.000	-.080	.154	-.166	.059
Pub_assis	-.044	-.080	1.000	-.061	-.065	.147
Recreation	-.066	.154	-.061	1.000	.195	-.075
Other	-.007	-.166	-.065	.195	1.000	-.152
Park	.182	.059	.147	-.075	-.152	1.000
Road	-.110	-.085	.038	.300	.261	-.192
Population	-.268	.005	.433	-.015	.050	-.246
Parking	-.184	.189	-.069	-.092	-.182	.253
Buses	.200	.221	-.044	-.053	-.070	.095
Evening_Freq	.215	.077	.026	.191	.053	.124
Day_Freq	-.131	.101	.159	-.045	-.142	.234
Morning_Freq	.362	.032	-.071	.274	.162	.005
Radius	.264	-.057	-.169	.205	.193	-.193
Terminal	-.182	.405	-.094	.239	-.135	.080
Interchange	.216	.005	-.118	-.191	.192	.014
Station_Density	.372	.024	.237	.273	.391	-.063

	Road	Population	Parking	Buses	Evening_Freq	Day_Freq
Passenger	-.272	.000	.121	.425	-.150	-.318
Residence	.098	.359	-.236	-.102	-.144	-.317
Off_com	-.016	-.230	-.204	.045	.322	.044
Hotel	.116	.091	-.205	-.144	.101	-.263
Department	.080	-.175	-.078	-.199	.082	-.059
Comercial	-.020	-.041	-.069	-.122	.417	.096
Industry	.068	.144	-.108	-.201	-.009	.141
Mixuse	.054	.284	-.241	-.088	.030	-.047
Utility	-.022	-.020	.414	-.128	-.206	-.120
Education	-.073	-.269	-.161	.335	.236	.105
Religion	.371	.074	-.080	.027	.038	.152
Government	.356	-.002	-.017	.356	-.011	.009
Pub_health	-.110	-.268	-.184	.200	.215	-.131
Culture	-.085	.005	.189	.221	.077	.101
Pub_assis	.038	.433	-.069	-.044	.026	.159
Recreation	.300	-.015	-.092	-.053	.191	-.045
Other	.261	.050	-.182	-.070	.053	-.142
Park	-.192	-.246	.253	.095	.124	.234
Road	1.000	-.023	-.104	.057	-.288	-.266
Population	-.023	1.000	-.216	-.134	-.075	.133
Parking	-.104	-.216	1.000	-.058	-.029	.157
Buses	.057	-.134	-.058	1.000	-.303	-.198
Evening_Freq	-.288	-.075	-.029	-.303	1.000	.638
Day_Freq	-.266	.133	.157	-.198	.638	1.000
Morning_Freq	-.194	-.183	-.141	-.258	.862	.159
Radius	.218	-.227	-.205	.073	-.231	-.864
Terminal	-.035	.032	.133	-.060	.038	-.077
Interchange	-.123	-.027	-.037	.345	.130	-.036
Station_Density	.105	.102	-.369	.255	.225	-.015

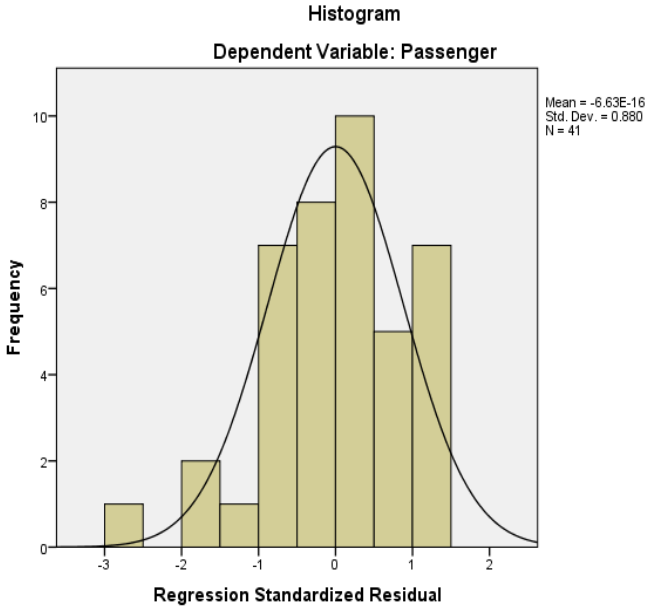
	Morning_Freq	Radius	Terminal	Interchange	Station_Density
Passenger	.017	.296	.301	.392	.093
Residence	.024	.339	-.186	-.044	.313
Off_com	.383	.200	-.183	.291	.481
Hotel	.302	.276	-.151	.067	.520
Department	.144	.143	.049	-.190	.270
Comercial	.471	.188	-.119	.261	.289
Industry	-.104	-.211	.227	.078	-.501
Mixuse	.069	.013	.124	.025	.084
Utility	-.184	.033	.306	-.124	-.120
Education	.234	-.014	.040	.247	.284
Religion	-.051	-.175	-.053	-.064	.141
Government	-.021	.008	-.055	.022	.287
Pub_health	.362	.264	-.182	.216	.372
Culture	.032	-.057	.405	.005	.024
Pub_assis	-.071	-.169	-.094	-.118	.237
Recreation	.274	.205	.239	-.191	.273
Other	.162	.193	-.135	.192	.391
Park	.005	-.193	.080	.014	-.063
Road	-.194	.218	-.035	-.123	.105
Population	-.183	-.227	.032	-.027	.102
Parking	-.141	-.205	.133	-.037	-.369
Buses	-.258	.073	-.060	.345	.255
Evening_Freq	.862	-.231	.038	.130	.225
Day_Freq	.159	-.864	-.077	-.036	-.015
Morning_Freq	1.000	.272	.099	.191	.299
Radius	.272	1.000	.141	.060	.169
Terminal	.099	.141	1.000	-.212	-.226
Interchange	.191	.060	-.212	1.000	.116
Station_Density	.299	.169	-.226	.116	1.000

ภาคผนวก ข
การกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง

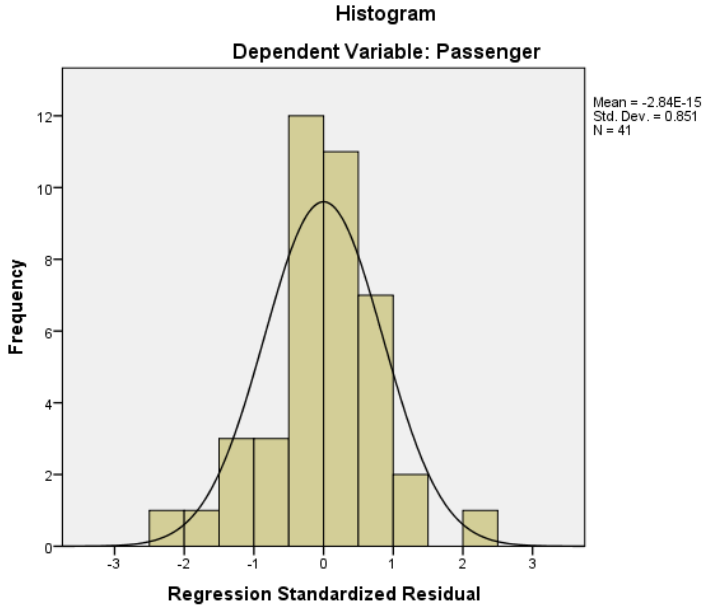
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



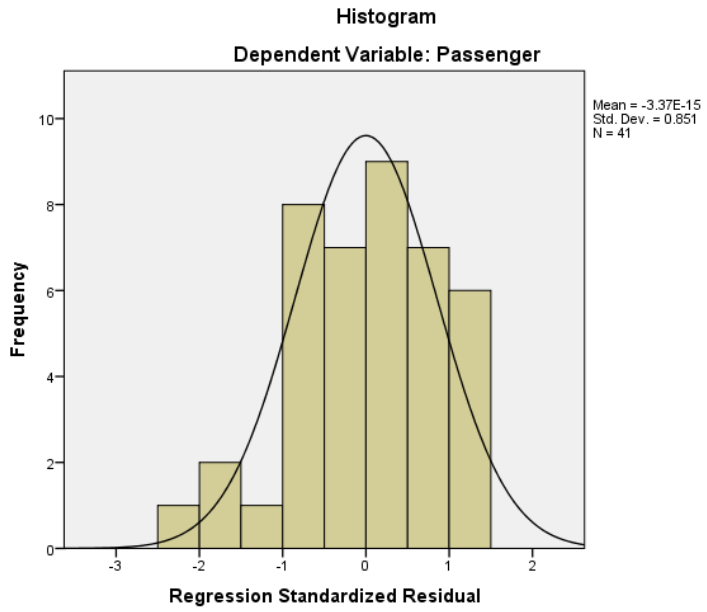
รูปที่ 1 แผนภาพการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่ 1.2



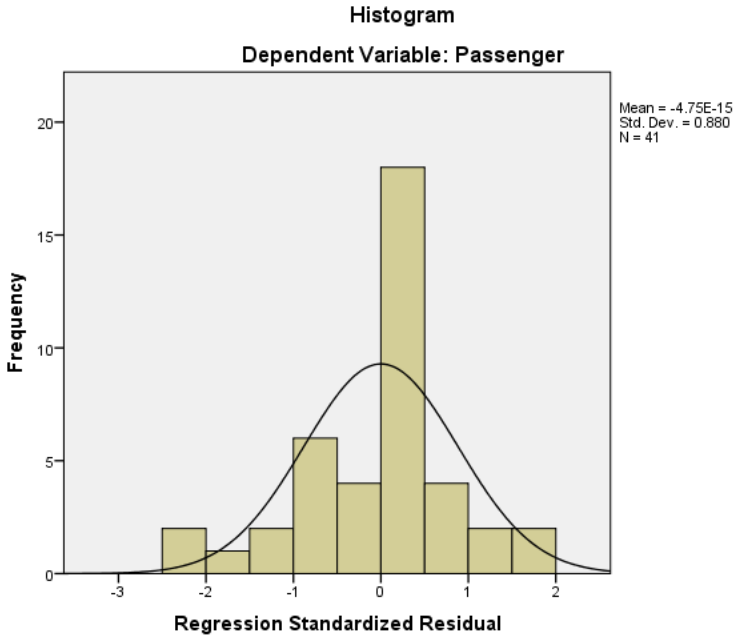
รูปที่ 2 แผนภาพการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่ 1.3



รูปที่ 3 แผนภาพการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่ 1.4



รูปที่ 4 แผนภาพการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่ 1.5

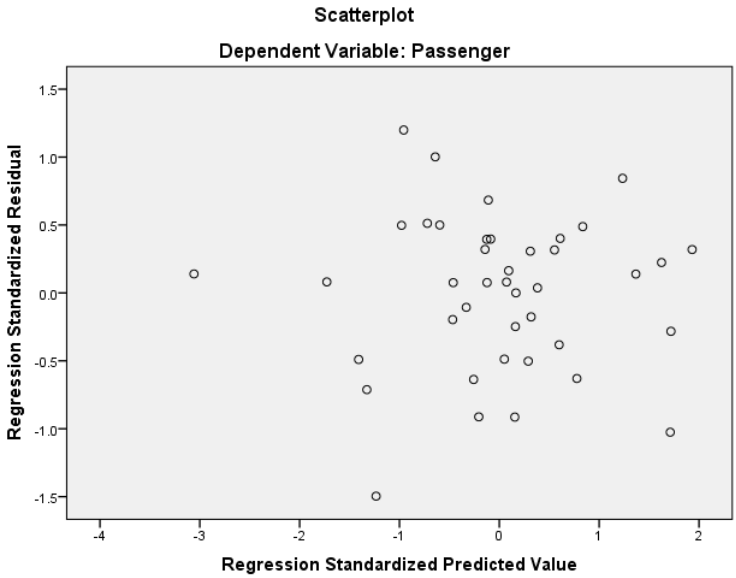


รูปที่ 5 แผนภาพการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่ 1.6

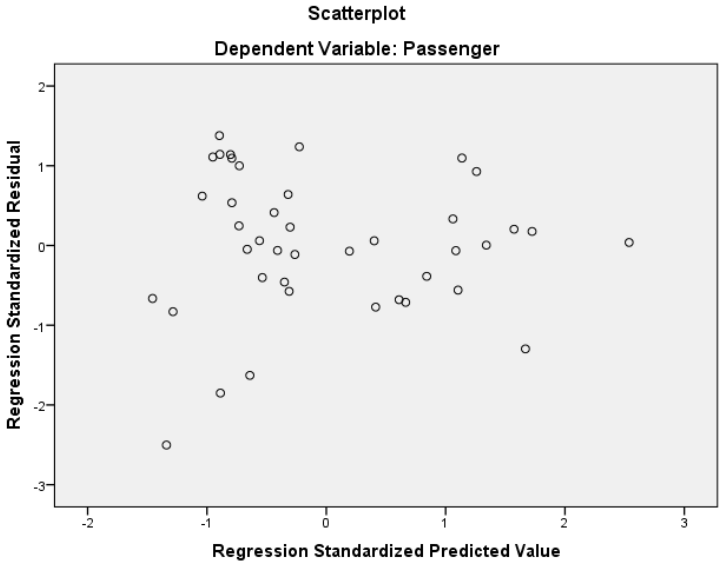
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ค
กราฟ scatter plot ของค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าทำนายของตัวแปรตาม

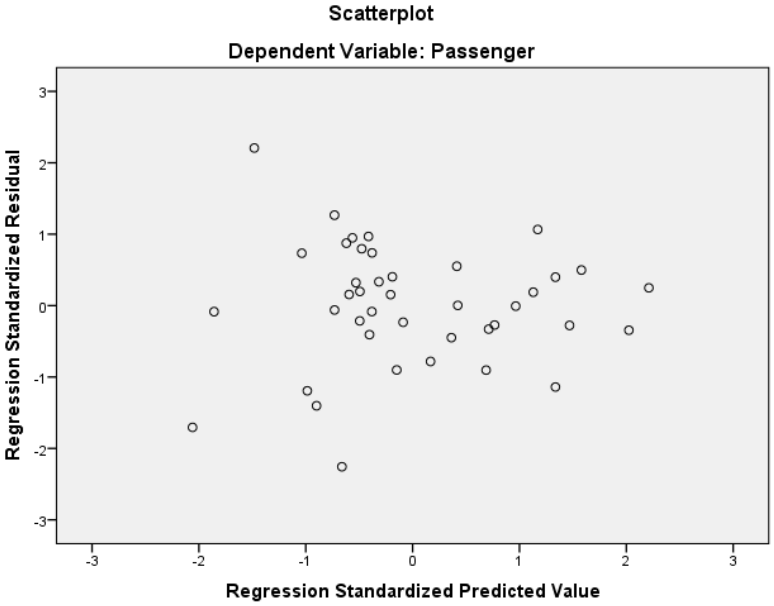
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



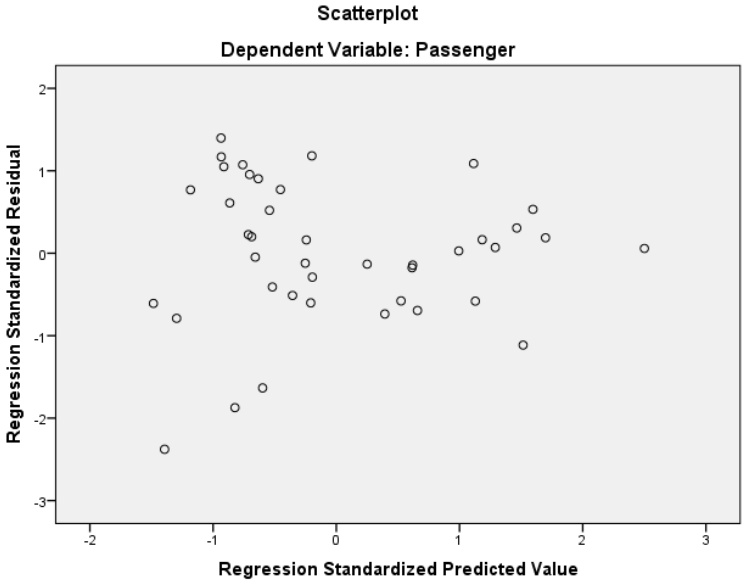
รูปที่ 1 แผนภาพ scatter plot ของค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าทำนายของตัวแปรตามแบบจำลองที่ 1.2



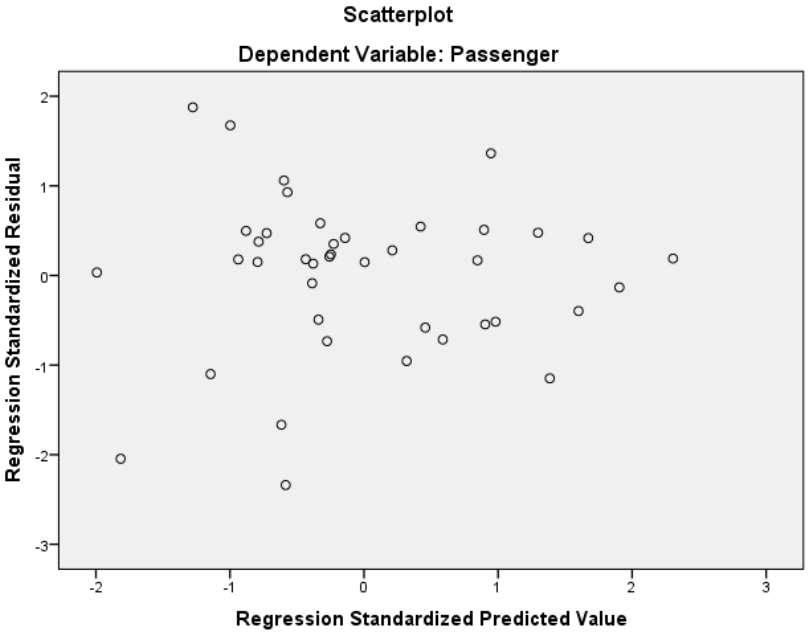
รูปที่ 2 แผนภาพ scatter plot ของค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าทำนายของตัวแปรตามแบบจำลองที่ 1.3



รูปที่ 3 แผนภาพ scatter plot ของค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าทำนายของตัวแปรตามแบบจำลองที่ 1.4



รูปที่ 4 แผนภาพ scatter plot ของค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าทำนายของตัวแปรตามแบบจำลองที่ 1.5



รูปที่ 5 แผนภาพ scatter plot ของค่าความคลาดเคลื่อนกับค่าทำนาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
ตารางตัวแปรคาดการณ์แบบจำลองอุปสงค์โดยตรง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	ที่พักอาศัย (พัน ตร.ม.)	สำนักงานและบริษัท (พัน ตร.ม.)	ห้างสรรพสินค้า (พัน ตร.ม.)	สถาบันการศึกษา (พัน ตร.ม.)	การสาธารณสุข (พัน ตร.ม.)	สวนสาธารณะ (พัน ตร.ม.)	ความยาวถนนรอบสถานี (กิโลเมตร)
1	หมอชิต	10891	72.94	81.61	68.76	18.56	0.00	563	18.91
2	สะพานควาย	2441	483.28	14.39	46.20	12.60	56.04	0.00	19.47
3	อารีย์	3364	523.42	177.97	10.18	19.62	3.46	0.00	22.32
4	สนามเป้า	998	317.07	141.48	1.76	0.00	128.58	0.00	23.22
5	อนุสาวรีย์ฯ	12239	428.92	162.70	11.63	86.70	411.96	0.00	17.31
6	พญาไท	5159	476.65	820.90	0.00	24.62	74.05	0.00	27.28
7	ราชเทวี	3019	570.52	333.66	0.00	31.69	0.00	0.00	37.23
8	สยาม	15760	108.26	78.11	15.60	289.55	83.02	0.00	30.04
9	ชิดลม	6876	743.05	692.24	1512.29	69.30	155.99	0.00	28.21
10	เพลินจิต	4485	409.22	614.64	202.21	0.99	186.86	0.00	40.82
11	นานา	4556	803.93	82.07	253.84	7.96	0.56	0.00	37.78
12	อโศก	10186	1033.96	469.02	205.72	4.09	0.35	0.00	28.48

ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	ที่พักอาศัย (พัน ตร.ม.)	สำนักงานและบริษัท (พัน ตร.ม.)	ห้างสรรพสินค้า (พัน ตร.ม.)	สถาบันการศึกษา (พัน ตร.ม.)	การสาธารณสุข (พัน ตร.ม.)	สวนสาธารณะ (พัน ตร.ม.)	ความยาวถนนรอบสถานี (กิโลเมตร)
13	พร้อมพงษ์	6413	731.74	146.22	11.65	10.12	8.39	50.00	15.72
14	ทองหล่อ	3255	803.93	93.59	0.00	7.96	0.56	0.00	32.35
15	เอกมัย	3395	528.02	173.83	28.58	97.48	14.20	0.00	33.72
16	พระโขนง	2711	370.48	71.10	0.00	21.79	4.37	0.00	23.14
17	อ่อนนุช	12441	379.02	26.47	64.71	17.32	1.41	0.00	19.96
18	สนามกีฬาแห่งชาติ	5457	215.24	180.32	559.89	206.70	4.95	0.00	30.18
19	ราชดำริ	1326	870.10	325.58	208.09	35.97	138.55	0.00	21.84
20	ศาลาแดง	8237	345.02	1482.56	13.64	96.40	337.07	580.00	23.84
21	ช่องนนทรีย์	5155	432.38	1553.22	16.58	9.34	12.14	0.00	20.29
22	สุรศักดิ์	3086	505.35	280.66	487.62	137.45	218.68	0.00	15.99
23	สะพานตากสิน	4415	277.38	26.14	68.73	126.57	167.91	0.00	13.34
24	บางซื่อ	2533	145.53	47.70	33.79	5.37	1.04	0.00	29.31

ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	ที่พักอาศัย (พัน ตร.ม.)	สำนักงานและบริษัท (พัน ตร.ม.)	ห้างสรรพสินค้า (พัน ตร.ม.)	สถาบันการศึกษา (พัน ตร.ม.)	การสาธารณสุข (พัน ตร.ม.)	สวนสาธารณะ (พัน ตร.ม.)	ความยาวถนนรอบสถานี (กิโลเมตร)
25	กำแพงเพชร	1270	189.16	3.46	68.76	11.78	0.75	0.00	29.31
26	จตุจักร	3945	50.47	45.51	137.52	18.56	0.00	563.00	22.46
27	พหลโยธิน	4794	226.75	23.19	261.44	58.09	0.49	600.00	20.67
28	ลาดพร้าว	4246	416.64	31.86	20.19	0.63	1.93	0.00	25.08
29	รัชดาภิเษก	1311	395.48	66.10	0.00	5.47	1.65	0.00	31.54
30	สุทธิสาร	3015	470.18	283.57	0.00	0.77	3.39	0.00	19.25
31	ห้วยขวาง	4359	473.65	29.52	0.00	30.97	1.01	0.00	19.31
32	ศูนย์วัฒนธรรมฯ	4283	308.62	98.51	160.88	0.51	0.19	0.00	14.68
33	พระรามเก้า	3831	406.97	421.05	136.60	0.12	0.00	0.00	19.62
34	เพชรบุรี	4082	135.68	184.01	0.00	274.61	10.22	0.00	14.15
35	สุขุมวิท	8154	1029.74	522.49	102.86	11.48	2.44	0.00	15.94
36	ศูนย์ประชุมสิริกิติ์	3765	417.13	85.82	0.00	23.33	0.99	208.00	25.62

ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	ที่พักอาศัย (พัน ตร.ม.)	สำนักงานและบริษัท (พัน ตร.ม.)	ห้างสรรพสินค้า (พัน ตร.ม.)	สถาบันการศึกษา (พัน ตร.ม.)	การสาธารณสุข (พัน ตร.ม.)	สวนสาธารณะ (พัน ตร.ม.)	ความยาวถนนรอบสถานี (กิโลเมตร)
37	คลองเตย	570	291.91	15.51	0.00	46.60	0.50	0.00	40.82
38	ลุมพินี	3065	301.15	489.21	0.00	25.07	0.41	580.00	16.28
39	สีลม	5057	308.45	1222.31	0.00	95.64	305.37	580.00	24.49
40	สามย่าน	2623	195.61	398.71	738.20	328.51	63.87	0.00	24.00
41	หัวลำโพง	4001	525.53	50.95	0.00	20.39	2.19	0.00	25.45
42	สาทร	799	493.44	1528.57	0.84	10.64	5.54	0.00	20.69
43	อาคารสงเคราะห์	120	669.77	762.75	0.00	90.31	0.00	0.00	24.07
44	เทคนิค กรุงเทพ	234	497.70	42.38	49.51	140.15	0.00	0.00	26.78
45	ถนนจันทน์	210	537.22	172.19	0.00	16.73	0.27	0.00	18.89
46	นราราามสาม	266	290.59	41.89	42.29	10.36	1.77	0.00	11.48
47	วัดด่าน	205	253.56	20.11	0.00	8.94	0.00	0.00	6.47
48	วัดปริวาส	159	244.51	11.26	0.00	30.54	0.00	0.00	7.23

ปัจจัยด้านการใช้พื้นที่รอบสถานี

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	ที่พักอาศัย (พัน ตร.ม.)	สำนักงานและบริษัท (พัน ตร.ม.)	ห้างสรรพสินค้า (พัน ตร.ม.)	สถาบันการศึกษา (พัน ตร.ม.)	การสาธารณสุข (พัน ตร.ม.)	สวนสาธารณะ (พัน ตร.ม.)	ความยาวถนนรอบสถานี (กิโลเมตร)
49	วัดดอกไม้	114	217.64	16.37	0.00	8.93	0.00	0.00	11.44
50	สะพานพระรามเก้า	76	223.52	19.91	0.00	9.51	0.53	0.00	9.22
51	เจริญราษฎร์	103	360.49	12.37	27.66	3.37	1.19	0.00	18.42
52	สะพานพระรามสาม	134	504.29	45.40	0.00	12.72	0.81	0.00	19.97
53	ราชพฤกษ์	349	594.28	25.19	0.85	9.71	1.82	0.00	15.63
ค่าต่ำสุด		76.00	50.47	3.46	0.00	0.00	0.00	0.00	6.47
ค่าสูงสุด		15760.00	1033.96	1553.22	1512.29	328.51	411.96	600.00	40.82
ค่าเฉลี่ย		3840.34	426.52	278.23	105.08	49.86	45.61	70.26	22.45
S.D.		3489.57	221.29	393.22	244.19	74.82	92.91	183.63	7.84

ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีและปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	จำนวนประชากรรอบสถานี (คน)	ความจุจุดจอดแล้วจร (คัน)	จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี (สาย)	จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร	สถานีปลายทาง	สถานีศูนย์กลาง	สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ
1	หมอชิต	10891	88	1250	39	13	1	0	0
2	สะพานควาย	2441	148	0	33	16	0	0	0
3	อารีย์	3364	145	0	27	24	0	0	0
4	สนามเป้า	998	145	0	22	23	0	0	0
5	อนุสาวรีย์ฯ	12239	187	0	105	27	0	0	1
6	พญาไท	5159	134	0	102	28	0	0	1
7	ราชเทวี	3019	115	0	52	29	0	0	0
8	สยาม	15760	79	0	236	31	0	0	1
9	ชิดลม	6876	79	0	10	32	0	0	0
10	เพลินจิต	4485	104	0	7	32	0	0	0
11	นานา	4556	195	0	45	32	0	0	0
12	อโศก	10186	364	33	35	30	0	0	1

ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีและปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	จำนวนประชากรรอบสถานี (คน)	ความจุจุดจอดแล้วจร (คัน)	จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี (สาย)	จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร	สถานีปลายทาง	สถานีศูนย์กลาง	สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ
13	พ้อมพงษ์	6413	347	0	10	27	0	0	0
14	ทองหล่อ	3255	252	0	19	17	0	0	0
15	เอกมัย	3395	130	0	29	11	0	0	1
16	พระโขนง	2711	131	0	14	9	0	0	0
17	อ่อนนุช	12441	129	0	35	5	1	0	0
18	สนามกีฬาแห่งชาติ	5457	196	0	8	28	1	0	0
19	ราชดำริ	1326	46	0	15	32	0	0	0
20	ศาลาแดง	8237	116	0	20	29	0	0	1
21	ช่องนนทรีย์	5155	105	0	6	30	0	0	1
22	สุรศักดิ์	3086	167	0	7	30	0	0	0
23	สะพานตากสิน	4415	182	0	14	24	0	0	1
24	บางซื่อ	2533	227	0	5	12	0	0	1

ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีและปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	จำนวนประชากรรอบสถานี (คน)	ความจุจุดจอดแล้วจร (คัน)	จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี (สาย)	จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร	สถานีปลายทาง	สถานีศูนย์กลาง	สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ
25	กำแพงเพชร	1270	294	0	19	15	0		0
26	จตุจักร	3945	98	1250	39	14	0	0	1
27	พหลโยธิน	4794	91	0	37	11	0	0	0
28	ลาดพร้าว	4246	92	2200	22	11	0	0	0
29	รัชดาภิเษก	1311	115	75	13	12	0	0	0
30	สุทธิสาร	3015	243	0	12	14	0	0	0
31	ห้วยขวาง	4359	215	367	29	17	0	0	0
32	ศูนย์วัฒนธรรมฯ	4283	211	338	15	23	0	0	0
33	พระรามเก้า	3831	196	0	48	25	0	0	0
34	เพชรบุรี	4082	101	67	27	27	0	0	1
35	สุขุมวิท	8154	310	33	86	31	0	0	1
36	ศูนย์ประชุมสิริกิติ์	3765	438	79	27	30	0	0	0

ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีและปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	จำนวนประชากรรอบสถานี (คน)	ความจุจุดจอดแล้วจร (คัน)	จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี (สาย)	จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร	สถานีปลายทาง	สถานีศูนย์กลาง	สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ
37	คลองเตย	570	214	0	41	31	0	0	0
38	ลุมพินี	3065	120	0	54	31	0	0	0
39	สีลม	5057	103	0	95	30	0	0	0
40	สามย่าน	2623	132	32	25	28	0	0	0
41	หัวลำโพง	4001	313	0	37	24	1	0	0
42	สาทร	799	116	0	6	29	0	0	1
43	อาคารสงเคราะห์	120	106	0	6	29	0	0	0
44	เทคนิค กรุงเทพ	234	146	0	6	30	0	0	1
45	ถนนจันทน์	210	150	0	6	28	0	0	0
46	นรารามสาม	266	142	0	6	18	0	0	0
47	วัดด่าน	205	109	0	6	8	0	0	0
48	วัดปริวาส	159	109	0	6	9	0	0	0

ปัจจัยด้านจำนวนประชากรรอบสถานีและปัจจัยด้านลักษณะและการให้บริการของระบบขนส่งมวลชน

ลำดับที่	สถานี	จำนวนผู้โดยสารรายสถานีรายปี พ.ศ. 2553 (คน)	จำนวนประชากรรอบสถานี (คน)	ความจุจุดจอดแล้วจร (คัน)	จำนวนเส้นทางรถประจำทางของแต่ละสถานี (สาย)	จำนวนสถานีภายในรัศมี 5 กิโลเมตร	สถานีปลายทาง	สถานีศูนย์กลาง	สถานีเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบอื่น ๆ
49	วัดดอกไม้	114	117	0	6	14	0	0	0
50	สะพานพระรามเก้า	76	257	0	6	14	0	0	0
51	เจริญราษฎร์	103	186	0	6	15	0	0	0
52	สะพานพระรามสาม	134	218	0	6	13	0	0	0
53	ราชพฤกษ์	349	282	0	9	5	1	0	0
ค่าต่ำสุด		76.00	45.64	0.00	5.00	5.00	-	-	-
ค่าสูงสุด		15760.00	438.35	2200.00	236.00	32.00	-	-	-
ค่าเฉลี่ย		3840.34	170.42	108.00	30.11	21.83	-	-	-
S.D.		3489.57	81.96	379.06	37.64	8.51	-	-	-

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพิชญา ศรีทองทิม เกิดเมื่อวันที่ 18 ตุลาคม พ.ศ. 2531 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมโยธา สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2554 และศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีเดียวกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University