

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ได้ทบทวนแนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบระบบขนส่งสาธารณะ ดังนี้

- 2.1 ระบบขนส่งสาธารณะ
- 2.2 ข้อมูลการเดินทางในเขตตัวเมืองจันทบุรี
- 2.3 ปัญหาการเลือกเส้นทาง
- 2.4 การออกแบบโครงข่ายเส้นทางให้บริการ
- 2.5 การสำรวจปริมาณผู้โดยสาร (Loading Surveys)
- 2.6 วิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 การขนส่งสาธารณะ

การเดินทางของประชากรโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ การเดินทางโดยยานพาหนะส่วนตัว (Private Transportation) และการเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะ (Public Transportation) ซึ่งมีรูปแบบที่แตกต่างกัน เช่น รถโดยสารประจำทาง รถแท็กซี่ รถจักรยานยนต์รับจ้าง และอื่นๆ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับสภาพทางเศรษฐกิจ รูปแบบการใช้ชีวิต และความพึงพอใจของผู้เดินทาง นอกจากนี้ยังมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกรูปแบบทางเดินทาง เช่น ระยะทาง ระยะเวลา เป็นต้น

การขนส่งผู้โดยสารด้วยบริการสาธารณะ (Common-carrier urban passenger transportation) เป็นรูปแบบการขนส่งที่รู้จักกันในชื่อของ Transit หรือ Mass transit หรือ Mass transportation เป็นระบบขนส่งที่มีการกำหนดเส้นทางและตารางเวลาของการให้บริการเป็นที่แน่นอนไว้แล้วล่วงหน้า จึงจัดได้ว่าเป็นบริการที่มีเส้นทางและตารางการเดินทางที่แน่นอน (Fixed route or Fixed - schedule service) ผู้ใช้บริการต้องชำระค่าโดยสารตามที่กำหนดไว้ ระบบขนส่งที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ ได้แก่ รถโดยสารประจำทาง รถราง รถรางด่วน เป็นต้น (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551)

##### 2.1.1 ระบบการขนส่งสาธารณะ

การขนส่งสาธารณะนั้นถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของ “บริการสาธารณะ” ที่รัฐจะต้องอำนวยความสะดวกเพื่อการมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นภารกิจสาธารณะที่รัฐพึงกระทำเพื่อผลประโยชน์ของสาธารณะ โดยบริการขนส่งสาธารณะนั้นมีความจำเป็นสำหรับการเดินทางสัญจรของผู้คนและเป็นบทบาทหน้าที่ของเจ้าหน้าที่รัฐที่จะต้องอำนวยความสะดวกเพื่อเป็นประโยชน์ต่อสาธารณะ ซึ่งถือเป็นแนวคิดเชิงนโยบายและแผนในเรื่องของพัฒนาระบบขนส่งที่มีประสิทธิภาพของเมือง (ศิริพงษ์ ลดาวัลย์ ณ อยุธยา, 2555)

ระบบขนส่งสาธารณะจัดเป็นรูปแบบของการเดินทางที่มีลักษณะเฉพาะตามแต่ละรูปแบบ ซึ่งได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะ ในเมืองที่มีสภาพการจราจรติดขัดมาก เพราะการใช้

บริการขนส่งสาธารณะเป็นการช่วยลดจำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลบนถนนให้ลดน้อยลง ในการวิจัยและวิเคราะห์การเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะประกอบด้วย องค์ประกอบหลัก 3 ส่วนดังนี้ (วิชาญ เอกกรินทรากุล, 2534)

1) องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับผู้ให้บริการ (Patronage or Trip Maker) เป็นตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับผู้ให้บริการ ซึ่งอธิบายถึงผู้โดยสารหรือผู้ก่อให้เกิดการเดินทางเป็นตัวแปรที่สะท้อนถึงสภาพเศรษฐกิจและสังคม (Socio – Economic) และสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (Physical Environment) ภายในพื้นที่ศึกษา ตัวอย่างของตัวแปร เช่น เพศ อายุ รายได้ ความเป็นเจ้าของรถยนต์ส่วนบุคคล การใช้ที่ดิน ความหนาแน่น ตำแหน่งที่ตั้งของที่พักอาศัย และระยะห่างจากเส้นทางระบบขนส่งสาธารณะ เป็นต้น

2) องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการเดินทาง (Trips) ลักษณะของการเดินทาง มักถูกอ้างถึงและนำไปใช้มากที่สุดในรูปแบบจำลองรูปแบบการเดินทาง (Modal Split Model) ซึ่งลักษณะของการเดินทางที่ใช้กันมากได้แก่ การแยกชนิดของการเดินทาง (Stratification) ตามวัตถุประสงค์ของการเดินทาง (Trip Purpose) ซึ่งแบ่งได้เป็น 4 ประเภทหลัก ๆ คือ การเดินทางจากบ้านเพื่อไปทำงาน และกลับบ้าน (Home Based Work) การเดินทางของนักเรียนจากบ้านเพื่อไปโรงเรียน หรือการเดินทางจากโรงเรียนเพื่อกลับบ้าน (Home Based School) การเดินทางจากบ้านเพื่อไปยังที่อื่น ๆ หรือการเดินทางจากที่อื่น ๆ เพื่อกลับบ้าน (Home Based Other) และการเดินทางจากที่อื่น ๆ ที่ไม่ใช่บ้านไปยังจุดหมายปลายทางที่ไม่ใช่บ้าน (Non Home Based)

3) องค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับตัวระบบขนส่ง (Transport System) ตัวแปรต่างๆ ที่อยู่ในกลุ่มของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับตัวระบบขนส่งนี้ เป็นส่วนสำคัญมากในการวิจัยรูปแบบการเดินทาง ตัวอย่างตัวแปรในกลุ่มนี้ได้แก่ เวลาที่ใช้ในการรอคอย (Waiting Time) ค่าโดยสาร (Fare) เป็นต้น

การออกแบบและวางแผนระบบขนส่งสาธารณะ ในทางปฏิบัติการออกแบบและวางแผนระบบขนส่งสาธารณะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมือง จำเป็นต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอน โดยจะต้องพิจารณาถึงแนวทางเลือกอย่างครอบคลุม และคำนึงถึงปัจจัยและผลกระทบในทุกด้านอย่างละเอียด โดยการออกแบบและวางแผนระบบขนส่งสาธารณะ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551)

### 2.1.2 ระบบขนส่งสาธารณะเขตเมือง (Urban public transportation)

ระบบขนส่งสาธารณะเขตเมืองเป็นการขนส่งที่รวมทั้งระบบขนส่งแบบ Mass transit และ Paratransit เข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน โดยพิจารณาว่าทั้ง Mass transit และ Paratransit ต่างเป็นการขนส่งสาธารณะเหมือนกัน อย่างไรก็ตามถึงระบบขนส่งสาธารณะ ส่วนใหญ่ก็จะหมายถึงการขนส่งแบบ Mass transit เป็นหลัก นอกจากการจำแนกประเภทระบบขนส่งโดยใช้หลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังสามารถจำแนกประเภทระบบขนส่งโดยใช้หลักเกณฑ์อื่นในระดับรองลงมา โดยอาจจำแนกเป็นการขนส่งเฉพาะบุคคล (Individual transportation) และการขนส่งแบบรวมกลุ่มผู้โดยสาร (Group transportation) โดยการขนส่งเฉพาะกลุ่มหรือบุคคล หมายถึง ระบบขนส่งที่จัดขึ้นมาสำหรับให้บริการแก่ผู้โดยสารกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งโดยเฉพาะเป็นรายบุคคล หรือกลุ่มองค์กร และการขนส่งแบบรวมกลุ่มผู้โดยสาร หมายถึง ระบบขนส่งที่

ให้บริการแก่ผู้โดยสารทั่วไป โดยผู้โดยสารเหล่านั้นไม่จำเป็นต้องรู้จักกันหรืออยู่ในหมู่คณะเดียวกัน

### 2.1.3 รูปแบบการขนส่ง (Transit Modes)

ระบบขนส่งถูกกำหนดให้แตกต่างกันไปด้วยคุณลักษณะ 3 ประการดังต่อไปนี้

1) เขตทาง (Right of way, ROW) เขตทางของระบบขนส่ง หมายถึง พื้นที่ซึ่งถูกกำหนดแนวขอบเขตไว้สำหรับยานพาหนะในการดำเนินกิจกรรมการขนส่งต่าง ๆ โดยเขตทางสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามระดับของการแบ่งแยกขอบเขตของการสัญจรออกจากกระแสจราจรอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

- เขตทางประเภท C คือ เป็นเขตทางที่มีลักษณะเช่นเดียวกับพื้นผิวถนน ยวดยานที่ให้บริการขนส่งเขตทางประเภทนี้จะสัญจรร่วมไปกับกระแสจราจรประเภทอื่น ระบบขนส่งในกลุ่มนี้อาจปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพการเดินทางดี ด้วยการกำหนดสิทธิพิเศษเหนือยวดยานประเภทอื่นในกระแสจราจร เช่น การกำหนดช่องทางพิเศษสำหรับระบบขนส่งสาธารณะ หรือการให้สิทธิระบบขนส่งสาธารณะในการผ่านทางแยกทางร่วมได้ก่อน เป็นต้น

- เขตทางประเภท B คือ เขตทางที่ใช้วิธีการแบ่งแยกการสัญจรของยวดยานออกจากกระแสจราจรอื่น ด้วยการใช้สิ่งกีดขวางวางเป็นแนวกันตามทางยาวของเส้นทาง สิ่งขวางที่วางนี้ได้แก่ ขอบทาง (Curbs) เคาะ (Barriers) เขตทางแบบต่างระดับ (Grade separation) เป็นต้น เขตทางประเภทนี้มักมีการควบคุมการเข้าถึงเป็นบางส่วน (Partial control of access) โดยยังอนุญาตให้ยวดยานประเภทอื่นหรือการเดินเท้าสามารถตัดผ่านเส้นทางการสัญจรได้ ทางแยกและทางร่วมยังสามารถพบเห็นได้เช่นกันในเขตทางประเภทนี้

- เขตทางประเภท A คือ เขตทางประเภทนี้ถือได้ว่าเป็นเขตทางที่ถูกควบคุมการเข้าออกอย่างเต็มรูปแบบ (Full control of access) เป็นขอบเขตทางที่ไม่มีการตัดผ่านโดยกระแสจราจรประเภทอื่นในลักษณะที่เป็นทางร่วมทางแยก และเป็นเขตทางที่ไม่สามารถตัดผ่านได้ทั้งจากยวดยานประเภทอื่น หรือการเดินเท้า ตัวอย่างของเขตทางประเภทนี้ ได้แก่ การกำหนดเขตทางแบบต่างระดับ (Grade separation) หรือเขตทางพิเศษ เป็นต้น

2) เทคโนโลยี (Technologies) เป็นเกณฑ์ในการพิจารณามักเกี่ยวข้องกับลักษณะทางกลศาสตร์ของยวดยาน และทางวิ่งของยวดยานเหล่านั้น

3) การขับเคลื่อน (Propulsion) หมายถึง ชนิดของเครื่องยนต์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนและวิธีการที่ใช้ในการถ่ายเทกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการเร่งและการหน่วงความเร็วของยวดยาน องค์ประกอบหลักของการขับเคลื่อน

4) การควบคุมยานพาหนะ (Control) หมายถึง การบังคับหรือควบคุมการเคลื่อนตัวของยานพาหนะหรือกลุ่มของยานพาหนะในระบบ การควบคุมที่มีความสำคัญที่สุดของระบบขนส่ง คือ การควบคุมระยะห่างระหว่างกันของยานพาหนะต่าง ๆ ในทางราบซึ่งอาจใช้วิธีการควบคุมด้วยพนักงานควบคุมและป้าย หรือพนักงานควบคุมและสัญญาณ การควบคุมแบบอัตโนมัติเต็มรูปแบบหรือการผสมผสานระหว่างหลายวิธี เป็นต้น

### 2.1.4 ประเภทของการให้บริการ (Type of services)

ประเภทของการให้บริการระบบการขนส่งสาธารณะสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1) บริการที่กำหนดตามเขตเส้นทางที่ให้บริการ (Type of routes and trips served) แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

- การขนส่งระยะสั้น (Short-haul transit) หมายถึง ระบบขนส่งที่ให้บริการด้วยความเร็วต่ำ ภายในพื้นที่ขนาดเล็กที่มีปริมาณการเดินทางสูง เช่น พื้นที่ศูนย์กลางธุรกิจและชุมชน (Central business district -- CBD) ภายในบริเวณมหาวิทยาลัย สนามบิน และพื้นที่ที่มีการจัดแสดงนิทรรศการ เป็นต้น

- การขนส่งในเขตเมือง (City transit) เป็นระบบขนส่งที่พบเห็นได้ทั่วไปภายในเขตเมืองต่าง ๆ ประกอบด้วยเส้นทางที่จัดขึ้นเพื่อให้บริการโดยตลอดทั่วทั้งเมืองโดยการกำหนดขอบเขตทางของเส้นทางเป็นแบบ A B หรือ C ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น

- การขนส่งนอกเขตเมือง (Regional transit) เป็นรูปแบบการขนส่งที่มีระยะทางไกล ด้วยพาหนะที่มีความเร็วสูงมาก การหยุดระหว่างทางเกิดขึ้นน้อยครั้ง ให้บริการแก่ผู้โดยสารที่ต้องการเดินทางระหว่างเมืองใหญ่ ตัวอย่างของการขนส่งประเภทนี้ได้แก่ รถไฟและรถด่วน (Rail and express buses) ระหว่างเมือง เป็นต้น

2) บริการที่กำหนดตามตารางเดินรถและการหยุดรับส่งผู้โดยสาร (Stopping schedule) แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

- บริการระดับท้องถิ่น (Local service) คือ ระบบขนส่งที่กำหนดให้มีการจอดในทุกจุดที่กำหนดให้เป็นจุดรับ-ส่งผู้โดยสารหรือจอดตามความต้องการของผู้โดยสาร

- บริการแบบเร่งด่วน (Accelerated service) คือ ระบบขนส่งที่กำหนดให้มีการจอดให้บริการในลักษณะ “ป้ายเว้นป้าย” ตลอดทั้งเส้นทาง รถที่ให้บริการจะจอดให้บริการที่จุดรับ-ส่งผู้โดยสารสลับป้ายกันกับพาหนะคันที่บริการไปแล้วก่อนหน้านี้ โดยป้ายที่จะให้บริการแบบสลับกันนี้ จะถูกกำหนดไว้ล่วงหน้าก่อนออกให้บริการ

- บริการแบบพิเศษ (Express service) คือ ระบบขนส่งที่กำหนดจุดสำหรับการจอดรับ-ส่งผู้โดยสาร มีระยะห่างกันมาก เส้นทางที่ให้บริการรูปแบบนี้มีทั้งเส้นทางให้บริการเช่นเดียวกับกับเส้นทางที่ให้บริการภายในท้องถิ่น แต่จะมีการหยุดรับ-ส่งผู้โดยสารน้อยครั้งกว่า

3) บริการที่กำหนดตามช่วงเวลาการให้บริการ (Time of operation) แบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ ได้แก่

- การให้บริการตลอดวัน (All-day service) คือ ระบบขนส่งที่มีจำนวนชั่วโมงของการให้บริการต่อวันสูงสุดเป็นลักษณะการให้บริการพื้นฐานที่พบได้ทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งการขนส่งในเส้นทางหลักมักจะมีการจัดให้บริการในลักษณะนี้

- การให้บริการในช่วงเวลาเร่งด่วน (Peak-hour service หรือ Commuter transit) คือ ระบบขนส่งที่ให้บริการในช่วงเวลาเร่งด่วนเท่านั้น เส้นทางที่ให้บริการมักมีลักษณะโครงข่ายเป็นแบบรัศมีออกมาจากบริเวณชานเมืองต่าง ๆ และมีศูนย์กลางของจุดสิ้นสุดการเดินทางเป็นพื้นที่ศูนย์กลางธุรกิจและชุมชน (CBD) ส่วนมากมักให้บริการแก่ผู้โดยสารที่มีวัตถุประสงค์ในการเดินทางเพื่อประกอบธุรกิจการทำงานต่างๆ การให้บริการในลักษณะนี้จัดขึ้นเพื่อ

เสริมการให้บริการตลอดวันเท่านั้น แต่ไม่สามารถที่จะใช้เป็นรูปแบบการให้บริการหลักแทนการให้บริการตลอดวันได้

- การให้บริการแบบเฉพาะกิจ (Irregular service) คือ ระบบขนส่งที่ให้บริการในช่วงที่มีเหตุการณ์พิเศษหรือเฉพาะกิจเกิดขึ้น อาทิ ช่วงการแข่งขันกีฬาสำคัญ งานนิทรรศการ หรือช่วงที่มีการเฉลิมฉลองของเมือง เป็นต้น

- การขนส่งบนถนน (Street transit) มักถูกเรียกในอีกชื่อหนึ่งว่าการขนส่งบนพื้นผิวทาง (Surface transit) ถูกกำหนดให้เป็นรูปแบบการขนส่งที่ให้บริการบนถนนโดยใช้พื้นที่ถนนร่วมกับกระแสจราจรประเภท (ขอบเขตทางแบบ C) ทำให้ความน่าเชื่อถือของบริการค่อนข้างต่ำเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากกระแสจราจรอื่นที่อยู่โดยรอบความเร็วที่ใช้ในการให้บริการต่ำกว่าความเร็วของการจราจรโดยรวมอันเป็นผลมาจากการที่ต้องสูญเสียเวลาในขณะที่จอดรับ-ส่งผู้โดยสารเป็นระยะๆ รูปแบบการขนส่งที่จัดอยู่ในกลุ่มนี้ได้แก่รถโดยสาร Trolleybuses และ Streetcars

### 2.1.5 องค์ประกอบของระบบขนส่งสาธารณะ

องค์ประกอบทางกายภาพของระบบขนส่งโดยทั่วไปแล้วสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

1) ยานพาหนะหรือรถ (Vehicles or car) มีความหมายเดียวกับคำว่า Fleet เมื่อใช้กับรถโดยสาร (Buses) และ Rolling stock เมื่อใช้กับรถราง (Rail vehicles) โดยมีคำที่สำคัญอีกคำหนึ่งคือ Transit unit (TU) หมายถึงกลุ่มหรือชุดของยานพาหนะที่ประกอบเข้าด้วยกันและเคลื่อนที่ไปพร้อมกันขณะเดินทางอาจเป็นได้ทั้ง Single vehicle unit หรือในลักษณะที่เป็นขบวนรถไฟซึ่งจัดเป็น Several vehicle units

2) ทางเส้นทางการเดินทางหรือขอบเขตทาง (Ways, Travel ways or Right of way) มีความหมายที่ครอบคลุมตั้งแต่ถนนทั่วไปและทางหลวง (Streets and highway) ช่องทางวิ่งเสริมพิเศษ (Reserved lanes) ช่องทางวิ่งพิเศษ (Exclusive lanes) ถนนสำหรับระบบขนส่งสาธารณะ (Transit streets) ช่องทางรถโดยสาร (Bus ways) หรือการทำรางวิ่งบนช่องทางเดินรถ (Tracks in roadways) ที่ถูกกำหนดเขตทางให้มีระดับเดียวกันสูงกว่าหรือต่ำกว่าผิวจราจรปกติในบางช่องของเส้นทางหรือทุกช่องทาง

3) สถานที่เข้ารับบริการ (Transit stop facilities) ตำแหน่งที่กำหนดไว้สำหรับหยุดรับ-ส่งผู้โดยสารนั้นแบ่งออกเป็นหลายประเภท ได้แก่

- ป้ายหยุดรถ (Stops) คือ ตำแหน่งที่กำหนดไว้สำหรับหยุดรับ - ส่งผู้โดยสารตลอดแนวเส้นทางให้บริการที่ป้ายหยุดรถอาจมีการติดตั้งสาธารณูปโภคพื้นฐานเพื่อบริการแก่ผู้เดินทาง อาทิป้ายแนะนำเส้นทางที่นั่งรถ เป็นต้น

- สถานี (station) คือ อาคารที่มักปลูกสร้างไว้ในตำแหน่งที่ต่ำกว่าอยู่เหนือขึ้นไปหรือตั้งอยู่ระดับพื้นดินพร้อมด้วยสาธารณูปโภคต่างๆ เพื่อรองรับการใช้บริการของผู้โดยสารและการดำเนินงานต่างๆ ของระบบขนส่ง

- ท่าเทียบรถ (Terminals) คือ สถานีสุดท้ายของเส้นทางขนส่งที่มากกว่าหนึ่งเส้นทางขึ้นไปและเป็นจุดที่ผู้โดยสารใช้เป็นสถานที่สำหรับเปลี่ยนเส้นทางการเดินทาง

- สถานีเปลี่ยนถ่ายผู้โดยสาร (Multimodal transfer stations) คือ สถานีสำหรับการเปลี่ยนถ่ายผู้โดยสารระหว่างระบบขนส่งรูปแบบต่างๆ สถานีเปลี่ยนถ่ายผู้โดยสารอาจเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่า Interface

4) โรงเก็บยานพาหนะและโรงซ่อมบำรุง อุบัติการณ์โดยสารและรางพักรถราง (Bus garages or Depot and Rail yards) คือ อาคารหรือพื้นที่สำหรับให้ยานพาหนะเข้าจอดหลังการให้บริการ โรงซ่อมบำรุง (Shops) คือสถานที่สำหรับบำรุงรักษาและซ่อมแซมยานพาหนะ

5) ระบบที่เกี่ยวข้อง (Relevant systems) ระบบควบคุม (Control systems) ประกอบด้วยระบบติดตามพาหนะระบบสื่อสารและอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟจราจรรวมถึงศูนย์ควบคุมและระบบพลังงานสำรอง (Power supply systems) สำหรับใช้เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบขนส่งที่ขับเคลื่อนด้วยไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยสถานีย่อย (Sub stations) สายส่ง (Distribution wiring) โครงสร้างของรางสำหรับขนส่งพลังงานไฟฟ้า (Catenaries of third - rail structures) และอุปกรณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้อง

6) สายการเดินทางหรือเส้นทางให้บริการ (Transit routes or Transit lines) คือ ถนนหรือเขตทางประเภทต่างๆที่ถูกกำหนดไว้สำหรับให้ยานพาหนะสัญจรไปมา โดยคำว่า สายการเดินทาง (Route) มักใช้กับบริการรถโดยสารประจำทาง และเส้นทางขนส่ง (Line) มักใช้กับการขนส่งแบบรางหรือบนช่วงถนนที่มีสายการเดินทางซ้อนกันเป็นจำนวนมาก อย่างไรก็ตามทั้งสองคำนี้สามารถใช้ในความหมายที่แทนกันได้โดยไม่ผิดความหมายแต่อย่างใด สายการเดินทางหรือเส้นทางที่ให้บริการอยู่ในเขตเมืองจะถูกรเรียกว่า “โครงข่าย”

### 2.1.6 รูปแบบของระบบขนส่งสาธารณะ

รูปแบบของระบบขนส่งสาธารณะระบบขนส่งสาธารณะมีหลายรูปแบบที่แตกต่างกันสามารถจำแนกหรือจัดกลุ่มเป็นประเภทต่าง ๆ ในหัวหน้านี้นี้จะกล่าวถึงรูปแบบต่างๆของระบบขนส่งสาธารณะที่มีความสำคัญต่อการขนส่งและพบเห็นได้ทั่วไป โดยจะนำเสนอตามลำดับหัวข้อดังต่อไปนี้

1) การขนส่งแบบราง (Rail transit) สามารถจำแนกออกได้หลายรูปแบบ ได้แก่ การขนส่งเร่งด่วนแบบราง (Rail rapid transit) การขนส่งแบบรางความจุต่ำ (Light rail transit) การขนส่งเร่งด่วนแบบรางความจุต่ำ (Light rail rapid transit) และการขนส่งแบบรางระหว่างเมือง (Commuter railroad) รูปแบบของการขนส่งที่ใช้รางนั้นไม่ว่าจะเป็นประเภทใด จะมีองค์ประกอบพื้นฐานที่คล้ายคลึงกัน ได้แก่ ลักษณะของเส้นทาง (Track) และล้อที่ถูกออกแบบให้มีลักษณะเป็นครีบอกมาเพื่อประโยชน์ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของพาหนะให้วิ่งไปตามเส้นทาง

2) การขนส่งด้วยรถโดยสาร (Bus transit) การเป็นระบบขนส่งสาธารณะอีกรูปแบบหนึ่งที่ได้รับคามนิยมและมีการนำมาใช้เป็นเวลานาน อีกทั้งเป็นรูปแบบการขนส่งที่มีความหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นพาหนะที่ใช้ หรือรูปแบบการให้บริการ ฯลฯ ในหัวข้อนี้ จะนำเสนอบริการรถโดยสารรูปแบบต่างๆ ยานพาหนะที่ใช้ในบริการขนส่งด้วยรถโดยสารสามารถจำแนกออกได้เป็น 3 ประเภทได้แก่

- รถโดยสารแบบมาตรฐาน (Standard buses) รถโดยสารแบบมาตรฐานจะมีความยาวของตัวรถโดยเฉลี่ยระหว่าง 35 – 40 ฟุต (11 – 12 เมตร) จำนวนที่นั่งผู้โดยสารจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับความยาวของตัวรถและรูปแบบการจัดเรียงที่นั่งเหล่านั้น สำหรับรถที่มีความยาว 35 ฟุต โดยทั่วไปจะมีจำนวนที่นั่ง 40 – 45 ที่นั่งและรถที่มีความยาว 40 ฟุต จะมีจำนวนที่นั่ง 47 – 53 ที่นั่ง ขนาดความกว้างของตัวรถมีทั้งแบบขนาด 96 นิ้ว (2.4 เมตร) หรือขนาด 102 นิ้ว (2.6 เมตร) รถโดยสารที่มีความกว้างของตัวรถมากกว่าทำให้สามารถออกแบบที่นั่งผู้โดยสารให้มีความกว้างได้มากกว่า ช่วยให้ผู้โดยสารเกิดความสบายในการนั่งเพิ่มขึ้น หรือทำให้ช่องทางเดินระหว่างที่นั่งผู้โดยสารมีความกว้างเพิ่มขึ้น ปัจจุบันผู้ออกแบบรถโดยสารได้ให้ความสำคัญกับการพัฒนาและปรับปรุงลักษณะต่าง ๆ ของตัวรถมากขึ้นรถโดยสารรูปแบบใหม่ได้ถูกออกแบบให้มีระดับพื้นภายในตัวรถที่ต่ำ มีประตูที่กว้างขึ้น มีทางขึ้นหรืออุปกรณ์ยกสำหรับผู้พิการที่ใช้รถเข็น และลักษณะอื่น ๆ ของตัวรถที่ถูกออกแบบเพื่ออำนวยความสะดวกและช่วยให้ผู้โดยสารที่เป็นผู้สูงอายุ หรือมีข้อจำกัดทางร่างกายสามารถใช้บริการได้อย่างสะดวกและปลอดภัยยิ่งขึ้น

- รถโดยสารขนาดเล็ก (Minibuses) เป็นรถโดยสารที่มีรูปแบบและลักษณะของตัวรถที่หลากหลาย รถโดยสารขนาดเล็กแต่ละรุ่นมักผลิตในปริมาณที่ค่อนข้างน้อยเนื่องจากเป็นรถที่มักถูกนำไปใช้ในบริการที่มีลักษณะเฉพาะตัว ได้แก่ การจัดให้บริการแก่ผู้สูงอายุและผู้พิการ การให้บริการในลักษณะรถรับจ้าง และการให้บริการในพื้นที่เขตชานเมืองหรือพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของผู้ใช้บริการต่ำโดยมาก ผู้คนทั่วไปมักเข้าใจว่ารถโดยสารขนาดเล็กน่าจะมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำกว่ารถโดยสารขนาดมาตรฐาน ซึ่งความจริงแล้วเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการนั้นโดยมากแล้วจะไม่แปรผันตามขนาดของรถโดยสารที่ใช้ ด้วยเหตุผลที่ว่าค่าใช้จ่ายส่วนนี้จะเป็นค่าจ้างของพนักงานขับรถเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะแต่อย่างใด นอกจากนี้ยังพบว่าค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันเชื้อเพลิงของรถโดยสารทั้งสองแบบนี้ มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น และถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายเริ่มต้นในการลงทุนของรถโดยสารขนาดเล็กจะต่ำกว่าของรถโดยสารขนาดมาตรฐานก็ตาม แต่รถโดยสารขนาดเล็กจะมีอายุการใช้งานสั้นกว่ารถโดยสารขนาดมาตรฐาน ดังนั้นถ้ามองโดยรวมแล้ว ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของรถโดยสารแบบมาตรฐานและของรถโดยสารขนาดเล็กจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมากบริการรถโดยสารขนาดเล็ก จะมีความสำคัญในพื้นที่ที่มีปริมาณการจราจรต่ำ และในพื้นที่ที่มีการสัญจรของยวดยานในลักษณะที่มีการเปลี่ยนแปลงช่องทางจราจรไปมาค่อนข้างสูง อาทิ พื้นที่แถบชานเมือง เป็นต้น

- รถโดยสารความจุสูง (High-capacity buses) เป็นรูปแบบของบริการรถโดยสารที่นิยมใช้กันมานานแล้วในประเทศแถบยุโรป และประเทศสหรัฐอเมริกา รถโดยสารความจุสูงนี้มีค่าใช้จ่ายเริ่มต้นของการดำเนินการที่สูงกว่าของรถโดยสารรูปแบบอื่น แต่ในขณะเดียวกันก็เป็นรูปแบบที่ก่อให้เกิดความประหยัดและความคุ้มค่าในการลงทุนสูงด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งใน

เส้นทางที่มีความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสูงเนื่องจากสามารถลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับค่าจ้างพนักงานประจำรถลงได้ค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับรถโดยสารรูปแบบอื่น รถโดยสารความจุสูงโดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ คือ รถโดยสารแบบสองชั้น (Double Decker Buses) เป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมในประเทศอังกฤษ แต่ได้รับความนิยมน้อยในประเทศสหรัฐอเมริกา รถโดยสารแบบสองชั้นมีข้อเสียเปรียบที่สำคัญและเห็นได้ชัดคือ ความล่าช้าที่เกิดขึ้นขณะให้บริการอันเนื่องมาจากการขึ้นลงรถของผู้โดยสาร ทั้งนี้เป็นผลมาจากรูปแบบทางกายภาพของตัวรถเป็นสำคัญที่เป็นสาเหตุทำให้ผู้โดยสารไม่สามารถเคลื่อนตัวไปอย่างสะดวกขณะอยู่ภายในรถ รวมถึงการเดินไปยังพื้นที่ชั้นบนของรถที่เป็นไปอย่างล่าช้า

3) การขนส่งด้วยรถรับจ้าง (Paratransit) ซึ่งเป็นคำที่ใช้เรียกรูปแบบการขนส่งในลักษณะดังกล่าวมาตั้งแต่ทศวรรษที่ 1970 การขนส่งด้วยรถรับจ้างเป็นรูปแบบการขนส่งที่มีคุณสมบัติร่วมกันระหว่างการให้บริการในลักษณะที่เป็นระบบขนส่งสาธารณะและความเป็นส่วนตัวของรถยนต์ส่วนบุคคลก็คือ เป็นระบบขนส่งที่ให้บริการเพื่อตอบสนองความต้องการในลักษณะที่จำเพาะเจาะจงกับความต้องการของแต่ละบุคคลโดยไม่ถูกกำหนดว่าต้องให้บริการประจำ ในเส้นทางใดหรือตามตารางเวลาที่แน่นอน เหมือนกับระบบขนส่งสาธารณะทั่วไป โดยส่วนมากจะเป็นรูปแบบ Dial - a - ride เป็นบริการที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ซึ่งมีบริการขนส่งสาธารณะแบบปกติน้อยมากพื้นที่เหล่านั้นอาจเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรต่ำ เช่น บริเวณชานเมือง เมืองขนาดเล็กที่ไม่มีบริการรถโดยสารประจำทาง และพื้นที่ในเขตชนบท เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไป พื้นที่ลักษณะนี้มักมีจำนวนการใช้รถยนต์ส่วนบุคคลสูง แต่ก็มีผู้เดินทางบางกลุ่มที่ยังต้องการใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะอยู่ด้วยเช่นกัน เนื่องจากไม่มีรถยนต์เป็นของตัวเอง

ส่วนมากแล้วบริการ Dial - a - ride ไม่นิยมใช้รถโดยสารแบบมาตรฐานสำหรับให้บริการแต่นิยมใช้พาหนะที่มีขนาดเล็ก โดยทั่วไปมี 4 รูปแบบด้วยกัน ได้แก่

- รถตู้มาตรฐาน (Standard van) มีความจุ 5 - 15 ที่นั่ง มีอายุการใช้งานสั้น (ประมาณ 3 - 5 ปี) และมีหลังคาต่ำทำให้การเดินเข้า - ออกเป็นไปด้วยความล่าช้า

- รถตู้ที่ได้รับการต่อเติม (Modified van) เป็นรถตู้ที่มีหลังคาสูงกว่าพาหนะแบบแรก และบางครั้งอาจมีระดับพื้นภายในตัวรถที่ต่ำกว่าและมีลำตัวรถที่กว้างกว่าแบบมาตรฐาน รถลักษณะนี้ โดยทั่วไปมีความจุ 9 - 16 ที่นั่ง มีความทนทานสูงกว่ารถตู้แบบมาตรฐาน อายุการใช้งานประมาณ 5 - 7 ปี

- รถโดยสารขนาดเล็ก (Small bus) เป็นพาหนะที่มีช่วงล่างและระบบขับเคลื่อนที่มีการออกแบบให้มีลักษณะคล้ายรถโดยสารแบบมาตรฐาน มักใช้เครื่องยนต์ดีเซลแต่จะมีขนาดเล็กกว่ารถโดยสารแบบมาตรฐาน พาหนะประเภทนี้มีความจุ 18 - 35 ที่นั่ง มีความทนทานสูงมาก อายุการใช้งานโดยเฉลี่ย 10 - 15 ปี และมีพื้นที่ภายในมากกว่าพาหนะแบบอื่นที่กล่าวมาแล้วข้างต้น



### 2.1.7 การคำนวณค่าบริการ

วิธีคำนวณค่าบริการสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธี ได้แก่

1) การคำนวณค่าโดยสารโดยใช้มาตรวัด (Taxi meter) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป ราคาค่าโดยสารเริ่มต้นจะถูกกำหนดเป็นค่าคงที่ค่าหนึ่ง เมื่อรถออกวิ่งราคาค่าโดยสารจะเพิ่มขึ้นตามระยะทางที่รถวิ่งไปตามอัตราที่กำหนดไว้ ในเมืองใหญ่ที่มีสภาพการจราจรแออัด อัตราค่าโดยสารจะถูกกำหนดให้เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่าปกติเมื่อมีการหยุดเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการจราจรติดขัด

2) การคำนวณค่าโดยสารด้วยวิธีการแบ่งตามเขตพื้นที่ ราคาค่าโดยสารจะเพิ่มขึ้นเมื่อเดินทางข้ามเขตไปนอกพื้นที่ให้บริการ ภายในรถแท็กซี่จะมีแผนที่แสดงพื้นที่ให้บริการที่ถูกแบ่งออกเป็นเขตต่างๆ ช่วยให้ผู้ใช้โดยสารทราบราคาค่าโดยสารที่ต้องชำระได้อย่างชัดเจน วิธีดังกล่าวมีข้อดีคือ ทำให้พนักงานขับรถไม่สามารถที่จะโกงค่าบริการผู้ใช้โดยสารด้วยการแกล้งวิ่งอ้อมเป็นระยะทางไกลๆ เพื่อให้ผ่านเขตพื้นที่หลายๆ เขตซึ่งมีผลทำให้ราคาค่าโดยสารสูงขึ้นโดยไม่จำเป็น

3) การใช้อัตราค่าบริการแบบคงที่วิธีนี้ราคาค่าโดยสารจะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะทางที่ให้บริการ เป็นวิธีที่มักนิยมใช้ในเมืองขนาดเล็กที่มีระยะการเดินทางสั้น และเป็นวิธีที่มักนำไปใช้คิดค่าบริการสำหรับผู้โดยสารที่เดินทางจากบริเวณสนามบินเข้าสู่บริเวณกลางเมือง

## 2.2 ข้อมูลการเดินทางในเขตตัวเมืองจันทบุรี

ในตัวเมืองจันทบุรีจะมีสถานที่สำคัญหลายแห่ง เช่น โรงพยาบาลพระปกเกล้า โรงพยาบาลกรุงเทพจันทบุรี ตลาดน้ำพุ ห้างสรรพสินค้า โรงเรียน วัด โบสถ์ หรือสถานที่ทางราชการ เป็นต้น ซึ่งในทุกๆ วันผู้คนจะสัญจรเข้าออกในตัวเมืองจันทบุรีจำนวนมาก ทั้งนักท่องเที่ยวที่มาจากต่างจังหวัดหรือต่างประเทศหรือต่างอำเภอ และผู้คนที่อาศัยอยู่ในตัวจังหวัดเองก็ตาม ในแต่ละวันมีการสัญจรบนท้องถนนในตัวเมืองตลอดเวลาโดยเฉพาะในช่วงเวลาเช้าและ ช่วงเวลาเย็น เพราะต้องเดินทางเข้ามาทำงาน ส่งบุตรหลานมาโรงเรียน มาตลาด ห้างสรรพสินค้า ส่งผลให้การจราจรในตัวเมืองจันทบุรีมีการจราจรที่หนาแน่น เนื่องจากผู้คนเดินทางเข้ามาในตัวเมืองจันทบุรีจะใช้รถยนต์และรถจักรยานยนต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งในตัวเมืองจันทบุรีนั้นการจราจรจะเป็นรูปแบบการเดินรถ One way คือ เป็นรูปแบบการเดินรถทางเดียวเป็นส่วนใหญ่ การเดินทางของผู้คนส่วนใหญที่เดินทางในตัวเมืองจันทบุรีจะเชื่อมต่อกับถนนเส้นหลัก คือ ถนนท่าหลวง ถนนพระยาตรัง ถนนตรีรัตน์ ถนนทุ่งดอนแดง ถนนตากสิน เนื่องจากถนนเหล่านี้จะผ่านสถานที่สำคัญต่างๆ ในตัวเมืองจันทบุรีและจะเชื่อมต่อไปยังอำเภอต่างๆ ที่สามารถเดินทางไปยังต่างจังหวัดได้เนื่องจากรถขนส่งสาธารณะ และ รถรวม บขส ที่มีในจังหวัดจันทบุรีจะเดินทางจากตัวเมืองไปยังต่างอำเภอ และจากตัวเมืองจันทบุรีไปยังต่างจังหวัด ซึ่งจะเห็นได้ว่าในตัวเมืองที่มีผู้คนเดินทางคับคั่งนั้นไม่มีรถขนส่งสาธารณะ ส่งผลให้ผู้คนที่เดินทางในตัวเมืองจึงต้องใช้รถยนต์ส่วนตัว รถจักรยานยนต์ จนกลายเป็นว่าเป็นการเพิ่มปัญหาการจราจรบนท้องถนนมากขึ้น รถติด ทำให้เกิดการเสียเวลาอยู่บนท้องถนน เสียค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพียงระยะทางสั้นในการเดินทาง และยังก่อให้เกิดอุบัติเหตุบนถนนมากขึ้นโดยเฉพาะรถจักรยานยนต์

โดยการขนส่งสาธารณะในเขตตัวเมืองจันทบุรีรถยนต์ขนาดเล็ก (รถมาสด้า) เป็นรถโดยสารที่มีรูปแบบและลักษณะของตัวรถที่หลากหลายรถโดยสารขนาดเล็กแต่ละรุ่นมักผลิตใน

ปริมาณที่ค่อนข้างน้อย เนื่องจากเป็นรถที่มักถูกนำไปใช้ในบริการที่มีลักษณะเฉพาะตัว ในลักษณะรถรับจ้างและการให้บริการในพื้นที่เขตตัวเมืองและระหว่างอำเภอ



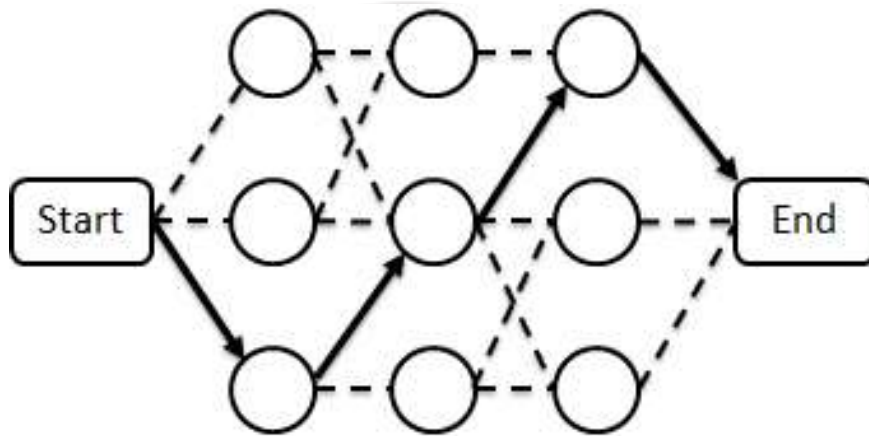
ภาพที่ 2.1 รถยนต์ขนาดเล็ก (รถมาสด้า)

ผู้คนทั่วไปมักเข้าใจว่ารถโดยสารขนาดเล็กน่าจะมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำกว่ารถโดยสารขนาดมาตรฐาน ซึ่งความจริงแล้วเป็นความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการนั้นโดยมากแล้วจะไม่แปรผันตามขนาดของรถโดยสารที่ใช้ ด้วยเหตุผลที่ว่า ค่าใช้จ่ายส่วนนี้จะเป็นค่าจ้างของพนักงานขับรถเป็นส่วนใหญ่ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่เกี่ยวข้องกับยานพาหนะแต่อย่างใด นอกจากนี้ยังพบว่าค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับน้ำมันเชื้อเพลิงของรถโดยสารทั้งสองแบบนี้มีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้นและถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายเริ่มต้นในการลงทุนของรถโดยสารขนาดเล็กจะต่ำกว่าของรถโดยสารขนาดมาตรฐานก็ตามแต่รถโดยสารขนาดเล็กจะมีอายุการใช้งานสั้นกว่ารถโดยสารขนาดมาตรฐาน ดังนั้นถ้ามองโดยรวมแล้วค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของรถโดยสารแบบมาตรฐานและของรถโดยสารขนาดเล็กจะมีค่าที่ใกล้เคียงกันมาก

### 2.3 ปัญหาการเลือกเส้นทาง

เป็นปัญหาการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง ซึ่งมีหลายเส้นทางให้เลือก สามารถกำหนดเป็นผังการเดินทางหรือโครงข่ายของเส้นทาง ดังแสดงในภาพที่ 2.2 โดยเส้นทางที่เลือกจะต้องมีต้นทุนที่ต่ำที่สุด ปัญหาการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้านี้จะคล้ายกับปัญหาการเลือกเส้นทางที่สั้นที่สุดซึ่งเป็นการเลือกเดินทางผ่านปมต่างๆในโครงข่ายเพื่อให้มีระยะทางที่สั้นที่สุด ซึ่งมีนักวิจัยได้เสนอวิธีการเพื่อนำมาแก้ปัญหาการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้าจากสถานที่เริ่มต้นไปยังอีกสถานที่ปลายทางหลายท่าน เช่น ได้นำเสนอกำหนดการพลวัต

(Dynamic programming) ซึ่งเป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่จะหาคำตอบของปัญหาอย่างมีระบบ และกระบวนการที่กำหนดการรวมการตัดสินใจทั้งหมดของปัญหาให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อปัญหานั้นมีการตัดสินใจที่สัมพันธ์กันเป็นลำดับ และวิธีนี้สามารถแก้ปัญหาวิถีสั้นที่สุดได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 2.2 โครงข่ายการขนส่งจากจุดต้นทางไปถึงปลายทาง

ต่อมา ได้เสนอ Dijkstra's algorithm โดยพิจารณา Directed graph ที่ทุกๆเส้นเชื่อมมีค่าน้ำหนักเป็นบวก สำหรับขั้นตอนวิธีนี้ จะหาระยะทางสั้นที่สุดจากโหนดหนึ่งไปยังโหนดใดๆ ในกราฟโดยจะหาเส้นทางที่สั้นที่สุดไปทีละปมเรื่อยๆ จนครบตามที่ต้องการ ต่อมา ได้ประยุกต์ใช้วิธีการทางพีชคณิตในการเลือกเส้นทางการขนส่งจากตอนเหนือของประเทศไทยไปยังตอนใต้ของประเทศไทยที่มีการตัดสินใจแบบหลายปัจจัยและมีความคลุมเครือเข้ามาเกี่ยวข้อง เพื่อให้ผลการตัดสินใจมีความเหมาะสมกับสภาพที่แท้จริงของปัญหาเช่นเดียวกับงานของที่ได้ออกแบบระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกระบบการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบสำหรับการส่งออกยางพาราของประเทศไทยโดยได้ทำการประเมินพื้นที่ทางเลือกเพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของการขนส่งยางพาราใน 5 พื้นที่ของประเทศไทยมีการนำเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลำดับชั้นแบบพีชคณิตเข้ามาใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยตัดสินใจแต่เนื่องจากปัญหาการเลือกเส้นทางการขนส่งสามารถกำหนดเป้าหมายได้หลายแบบเช่นเลือกเส้นทางที่มีต้นทุนต่ำที่สุดหรือเลือกเส้นทางที่มีเวลาในการขนส่งต่ำที่สุดดังนั้นจึงทำการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้ในการตัดสินใจทางกลยุทธ์เพื่อเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบต่อเนื่องหลายรูปแบบเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเมื่อพิจารณาทั้งในแง่ค่าใช้จ่ายและความรวดเร็วในการส่งสินค้า โดยมีกรณีศึกษาเป็นการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังของภาคอีสานตอนบนไปยังตลาดต่างประเทศ

## 2.4 การออกแบบโครงข่ายเส้นทางการให้บริการ

2.4.1 วิธีกรแบบ System Analysis with Interactive Graphic Approach (SAIG) เป็นวิธีที่พยายามลดขั้นตอนของการประเมินความเหมาะสมของทางเลือกโดยนำ

หลักที่เรียกว่า Interactive Graphic มาใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมซึ่งทำให้การออกแบบรวดเร็วขึ้น

2.4.2 วิธีการแบบ Mathematic Approach (MA) จะใช้หลักการเดียวกันกับการแก้ปัญหาโครงข่ายถนนทั่วไปแต่จะใช้เทคนิคทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบวิเคราะห์หาโครงข่ายที่ดีที่สุดโดยพยายามจำลองพฤติกรรมการเดินทางของผู้โดยสารให้อยู่ในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ซึ่งอาศัยข้อมูลโครงข่ายถนนและข้อมูลการเดินทางแบบจุดหมายปลายทางมาใช้ในการพิจารณา

## 2.5 การสำรวจปริมาณผู้โดยสาร (Loading Surveys)

การวิจัยการศึกษานี้ได้ทำการสำรวจปริมาณผู้โดยสารที่ใช้บริการขนส่งสาธารณะในเขตตัวเมืองจันทบุรี ซึ่งได้ทำการสำรวจโดยวิธีการสอบถามข้อมูล โดยจะบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับเวลาเริ่มต้นเดินทาง จำนวนผู้โดยสารขึ้นลงตามจุดรับ-ส่งผู้โดยสาร และเวลาสิ้นสุดเดินทาง

จากผลการสำรวจปริมาณผู้โดยสารสามารถที่จะหาความยาวเฉลี่ยของเส้นทางขนส่งสาธารณะในเขตตัวเมืองจันทบุรี ดังสมการ ดังนี้

$$APTL = \frac{\sum(P \times D)}{T} \dots\dots\dots$$

เมื่อ P หมายถึง จำนวนผู้โดยสารในรถแต่ละจุดรับ-ส่งผู้โดยสาร

D หมายถึง ระยะทางแต่ละจุดรับ-ส่ง

T หมายถึง จำนวนผู้โดยสารทั้งหมด

APTL หมายถึง ความยาวเฉลี่ยเที่ยวเดินทางของผู้โดยสาร

## 2.6 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อภิชาติ มณีงาม (2556) งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้โปรแกรมพลวัต (Dynamic programming) โดยจะใช้การคำนวณแบบย้อนกลับ (Backward) มาแก้ปัญหาคำถามการเลือกเส้นทางขนส่งสินค้า โดยผู้วิจัยมีเหตุผลที่เลือกใช้วิธีโปรแกรมเชิงพลวัตแก้ปัญหาของบริษัทกรณีศึกษา สิ่งแรกคือ ลักษณะปัญหาของบริษัทกรณีศึกษาสามารถแก้ได้ด้วยวิธีโปรแกรมเชิงพลวัต เนื่องจากปัญหาการขนส่งสินค้าสามารถแตกออกเป็นปัญหาย่อย ๆ ได้โดยแบ่งตามการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่ง เมื่อมีการเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งจะมีปัญหาการตัดสินใจทันที กล่าวคือ ในแต่ละปัญหาย่อยมีการตัดสินใจในแต่ละขั้นตอนและแต่ละขั้นตอนจะต้องเลือกว่าจะขนส่งไปทางใดเพียง 1 แห่งเท่านั้น ผลของการตัดสินใจว่าจะขนส่งไปทางใดด้วยวิธีอะไรจะมีความต่อเนื่องกันหรือสัมพันธ์กับตัวแปรบ่งสภาพของขั้นตอนถัดไปและสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ง่ายและรวดเร็ว การศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าประเภทเทกองของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นผู้รับจ้างจัดการขนส่ง หรือ 4PL (Fourth-Party Logistics) โดยใช้โปรแกรมพลวัตมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนารูปแบบการตัดสินใจเพื่อให้เลือกเส้นทางขนส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุด และผู้วิจัยได้ทำ

การพัฒนาโปรแกรมเพื่อช่วยในการเลือกเส้นทางการขนส่งซึ่งจะช่วยให้พนักงานของบริษัท ธรณีศึกษาสามารถเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากผลการวิจัยสรุปได้ว่าการเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยการใช้เทคนิคโปรแกรมพลวัตจะสามารถลดต้นทุนการขนส่งลงได้โดยเฉลี่ย 17% หรือ 57.70 บาท/ตัน โดยวิธีการที่นำเสนอรวมถึงโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปปรับใช้กับธุรกิจที่มีรูปแบบการดำเนินงานคล้ายคลึงกับบริษัทธรณีศึกษาได้เป็นอย่างดี

เพ็ญวดี ชิวพงศ์พันธ์ (2547) กรุงเทพมหานครและปริมณฑล มีปัญหาจราจรติดขัดมาหลายพื้นที่มานานหลายปี ทั้งนี้เนื่องจากประชาชนนิยมเดินทางโดยรถส่วนบุคคลเป็นจำนวนมาก ซึ่งรัฐบาลได้พยายามแก้ไขปัญหา การศึกษานี้จึงจัดทำขึ้น เพื่อศึกษาลักษณะการเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะในพื้นที่ กรุงเทพมหานครและปริมณฑล และแนวโน้มจากอดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อให้ผู้ที่เกี่ยวข้องใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน ในการวางแผนพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะต่อไป การศึกษานี้เริ่มจากการ รวบรวมข้อมูลการสัมภาษณ์ครัวเรือนที่มีอยู่ มาวิเคราะห์ปริมาณ การเดินทาง ลักษณะการเดินทาง และการเปลี่ยนแปลงลักษณะต่างๆของการเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะ กล่าวคือ มีปริมาณการใช้ร้อยละ 25-30 เกือบทุกพื้นที่ ในขณะที่พื้นที่กรุงเทพ ชั้นนอก มีการใช้รถประจำทางเล็กในซอยมากที่สุด ร้อยละ 20 แะพื้นที่ปริมณฑล มีการใช้รถตู้ ร้อยละ 20 นอกจากนี้ยังพบว่า ผู้เดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะ มีการเปลี่ยนต่อรถ ประมาณ 2 ครั้งต่อเที่ยว มากกว่าร้อยละ 75 ใช้เวลาในการเดินทางมากกว่า 20 นาทีต่อเที่ยว โดย เวลาที่ใช้ในการเดินทางบนรูปแบบการเดินทางหลัก มีค่าสูงกว่าเวลาที่ใช้ในการเดินทางรูปแบบ การเดินทางเสริมถึง 5 เท่าสำหรับค่าใช้จ่ายในการเดินทางหลัก มีค่าสูงกว่าเวลาที่ใช้ในการ เดินทางบนรูปแบบการเดินทางเสริมถึง 5 เท่า สำหรับค่าใช้จ่ายในการเดินทาง พบว่า มากกว่า ร้อยละ 80 เสียค่าใช้จ่ายในการเดินทางน้อยกว่า 20 บาทต่อเที่ยว ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 8 ของระดับ รายได้ประชากรและร้อยละ 3 ของรายได้ครัวเรือน โดยค่าใช้จ่ายในการเดินทางบนรูปแบบการ เดินทางเสริม มีค่าน้อยกว่าบนรูปแบบการเดินทางหลักถึง 0.7 เท่า ในส่วนของแนวโน้มการ เปลี่ยนแปลงคุณลักษณะ การเดินทางระหว่างปี พ.ศ. 2538 และ พ.ศ. 2546 พบว่าปริมาณการ เดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะลดลงจากร้อยละ 35 เป็นร้อยละ 27 ขณะที่การเดินทางโดย ระบบขนส่งส่วนบุคคลกลับเพิ่มขึ้น จากร้อยละ 42 เป็นร้อยละ 51

สุรัชย์ ทับยา (2553) การขนส่งผู้โดยสารมีวัตถุประสงค์เพื่อความรวดเร็วเป็นระเบียบ เรียบร้อยปลอดภัยมีความเหมาะสมคุ้มค่าและประหยัดในเชิงเศรษฐกิจและค่าบริการที่เป็นธรรม ตลอดจนความเป็นระเบียบเรียบร้อยโดยอาศัยอำนาจตามความในพระราชบัญญัติการขนส่งทางบก พ.ศ. 2522 สำหรับเส้นทางการขนส่งผู้โดยสารหมวด 3 ผู้ได้รับใบอนุญาตจะต้องปฏิบัติตามเงื่อนไข และกฎเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้โดยมีอายุของใบอนุญาตประกอบการขนส่ง 7 ปีเป็นนโยบายสาธารณะ (สมมติธารังธัญวงศ์, 2543 หน้า 42) โดยบริษัททงไกรลาศบริการเดินรถจำกัด ได้รับอนุญาตให้จัดการ เดินรถเส้นทางสายที่ 668 เพื่อให้บริการประชาชนให้ได้รับความสะดวกรวดเร็วในการเดินทางและ ประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวมอันเป็นการน่านโยบายไปปฏิบัติเพื่อให้ประชาชนได้รับความสะดวกรวดเร็วหลังจากการสัมภาษณ์ผู้จัดการบริษัททงไกรลาศบริการเดินรถจำกัด พบว่า การบริหาร การจัดการเดินรถโดยสารสองแถว (รถคอกหมู) สาย 668 ไม่เป็นไปตามทฤษฎีเกี่ยวกับการบริหาร

จัดการสมัยใหม่ ของ Henri Fayol (1841 – 1925) และหลักการจัดการของเทเลอร์ (Frederick W. Taylor) กรณีไม่มีการวางแผนการบริหารจัดการและพัฒนาขยายเส้นทางเดินรถให้มีผู้โดยสารเพิ่มขึ้นกว่าเดิมตั้งนั้นการบริหารจัดการเดินรถโดยสารสองแถว (คอกหมู) สายนี้จึงไม่มีคุณภาพและไม่คุ้มค่าและไม่เป็นไปตามหลักการบริหารจัดการที่มีวัตถุประสงค์กำหนดให้ใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ

สุภาพร แก้วกอ เลี้ยวไฟโรจน์ (2554) กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เดินทางระหว่างบ้านและที่ทำงานโดยรถโดยสารประจำทางและรถยนต์ เดินทางระหว่างบ้านและถนนสายหลักโดยจักรยานยนต์รับจ้าง และการเดินเท้า และเดินทางในบริเวณละแวกบ้านโดยจักรยานยนต์ การเดินเท้า รถยนต์และจักรยาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้และไม่ใช้วิธีการเดินทางโดยจักรยานและการเดินเท้ามีความเห็นตรงกันว่า ปัญหาของการใช้จักรยานและการเดินเท้า คือ แดดร้อน ไม่มีร่มเงา บนเส้นทางมีรถยนต์และจักรยานยนต์จำนวนมาก ไม่มีทางเดินเท้าและทางจักรยาน และสะพานบางแห่งมีความชันมาก อย่างไรก็ตาม การเดินทางโดยการเดินเท้าและจักรยานจะเพิ่มขึ้นหากมีการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาที่พบในการเดินเท้าและการใช้จักรยาน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงการเข้าถึงระบบขนส่งมวลชนของชุมชนในพื้นที่บริเวณคลองโดยรอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ผู้วิจัยได้สำรวจลักษณะทางกายภาพ และสภาพการเดินทางในพื้นที่บริเวณคลองบางเขน คลองเปรมประชากร และคลองลาดพร้าว

ทัตญา นามบุรี (2556) จากการศึกษาการใช้ระบบขนส่งเพื่อการท่องเที่ยวอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ นั้น พบว่า อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่นิยมมาก มีจำนวนนักท่องเที่ยวที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ ปีและนักท่องเที่ยวจะนิยมใช้ยานพาหนะรถยนต์ส่วนตัวในการเดินทางมาเที่ยวที่นี้ โดยการออกแบบระบบขนส่งสาธารณะไว้รองรับนักท่องเที่ยวให้เปลี่ยนจากการใช้รถยนต์มาเป็นระบบขนส่งสาธารณะแทน ทั้งนี้ระบบขนส่งสาธารณะที่ทำการออกแบบนั้นจะต้องรองรับและตอบสนองต่อความต้องการของนักท่องเที่ยวได้จากผลคาดการณ์จำนวนนักท่องเที่ยวที่จะหันมาใช้ระบบขนส่งสาธารณะใหม่แทนการใช้รถยนต์ส่วนตัว จะส่งผลดีต่อทางอุทยานฯ เป็นอย่างมากเพราะจะทำให้อุทยานฯ มีสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น ช่วยลดปัญหามลพิษและมลภาวะต่าง ๆ ที่เกิดจากรถยนต์ ลดปัญหาการจราจร ชีวิตความเป็นอยู่ของพืชพันธุ์และสัตว์ป่าดีขึ้น เป็นการช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมให้คงอยู่สืบไป

ฐิตินันท์ ศรีสุวรรณดี (2555) งานวิจัยนี้ผู้วิจัยนำเสนอวิธีอาณานิคมมดและขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งน้ำดื่มของบริษัทธุรกิจศึกษาพบว่าทุกอัลกอริทึมที่ออกแบบให้ผลเฉลยคำตอบของระยะทางต่ำกว่าเส้นทางปัจจุบันที่เจ้าของกิจการดำเนินการเอง ซึ่งวิธีอาณานิคมมดปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธีการ Crossover-Move, 2-opt แล้ว One-Move ให้ผลเฉลยของระยะทางต่ำที่สุด โดยสามารถลดระยะทางจากเดิม 584.25 กิโลเมตร เป็น 441.35 กิโลเมตร หรือคิดเป็น 24.46% หากทำการประมาณค่าความต้องการของลูกค้าผิดพลาดการนำผลเฉลยที่ได้ไปใช้งานจริงอาจไม่ได้ประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้นจึงควรพิจารณาและกำหนดค่าที่เหมาะสมสำหรับปัญหาประเภทนี้ เพื่อให้สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจสำหรับการจัดเส้นทางยานพาหนะ ในอนาคตผู้วิจัยจะได้พัฒนาวิธี Differential Evolution Algorithm แก้ปัญหาการเลือกสถานที่และจัดเส้นทางขนส่ง

สำหรับวิธีอาณานิคมมดมีพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอยู่หลายค่าด้วยกันที่มีผลต่อการค้นหาคำตอบของแต่ละปัญหา โดยค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาที่แตกต่างกันอาจมีค่าที่แตกต่างกันด้วย จึงควรทดสอบเพื่อเลือกค่าที่เหมาะสมกับปัญหานั้นๆ

ตารางที่ 2.1 แสดงประโยชน์ที่ได้รับจากการทบทวนแนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชื่อวิจัย	ปี	ผู้แต่ง	ประโยชน์ที่นำมาใช้ต่องานวิจัย
การเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้าประเภทเทกองโดยใช้โปรแกรมพลวัต	2556	อภิชาติ มณีงาม	ได้ทราบถึงการนำโปรแกรมพลวัตมาใช้ในการออกแบบเส้นทางระบบขนส่งสาธารณะในตัวเมืองจันทบุรี
ลักษณะการเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล	2547	เพ็ญวดี ชิววงศ์พันธ์	ได้ทราบถึงการรวบรวมข้อมูลเพื่อมาวิเคราะห์ปริมาณการเดินทางและลักษณะการเดินทางโดยระบบขนส่งสาธารณะ
ศึกษาปัญหาการบริหารจัดการการเดินทางโดยสารประจำทางหมวด 3 สารที่ 668 เส้นทางพิษณุโลก-กงไกรลาส	2553	สุรัชย์ ทับยา	ได้ทราบถึงการวางแผนการบริหารจัดการและพัฒนาเส้นทางรถโดยสารให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด
การปรับปรุงการเข้าถึงระบบขนส่งมวลชนของชุมชนในพื้นที่บริเวณคลองโดยรอบมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บางเขน	2554	สุภาพร แก้วก้อย เสี้ยวไพโรจน์	ได้ทราบถึงปัญหาที่พบในการเดินทางและวิธีการลดปัญหาการจราจรโดยการออกแบบระบบขนส่งสาธารณะ
การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งยานพาหนะด้วยวิธีการอาณานิคมมด กรณีศึกษา บริษัทเจียรนัยน้ำดื่ม จำกัด	2555	ฐิตินนท์ ศรีสุวรรณดี	ได้ทราบถึงการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งแบบวิธีอาณานิคมมด เพื่อเป็นการออกแบบเส้นทางใหม่ในการขนส่ง
ศึกษาความเหมาะสมในการพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่	2556	ทัตญา นามบุรี	ได้ทราบถึงลักษณะการออกแบบเส้นทางรถขนส่งสาธารณะและปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบเส้นทางรถขนส่งสาธารณะ