

## บทที่ 3 การวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง (Travel Demand Analysis)

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึง การวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการเดินทาง หลักการ จุดต้นทางปลายทาง แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน แบบจำลองการเกิดการเดินทาง แบบจำลองการกระจายการเดินทาง แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง และแบบจำลองการแจกแจงการเดินทาง

“ทราบเท่าที่บาปยังไม่ให้ผล คนเขลาจึงเข้าใจว่ามีรสหวาน”

พุทธภาษิต

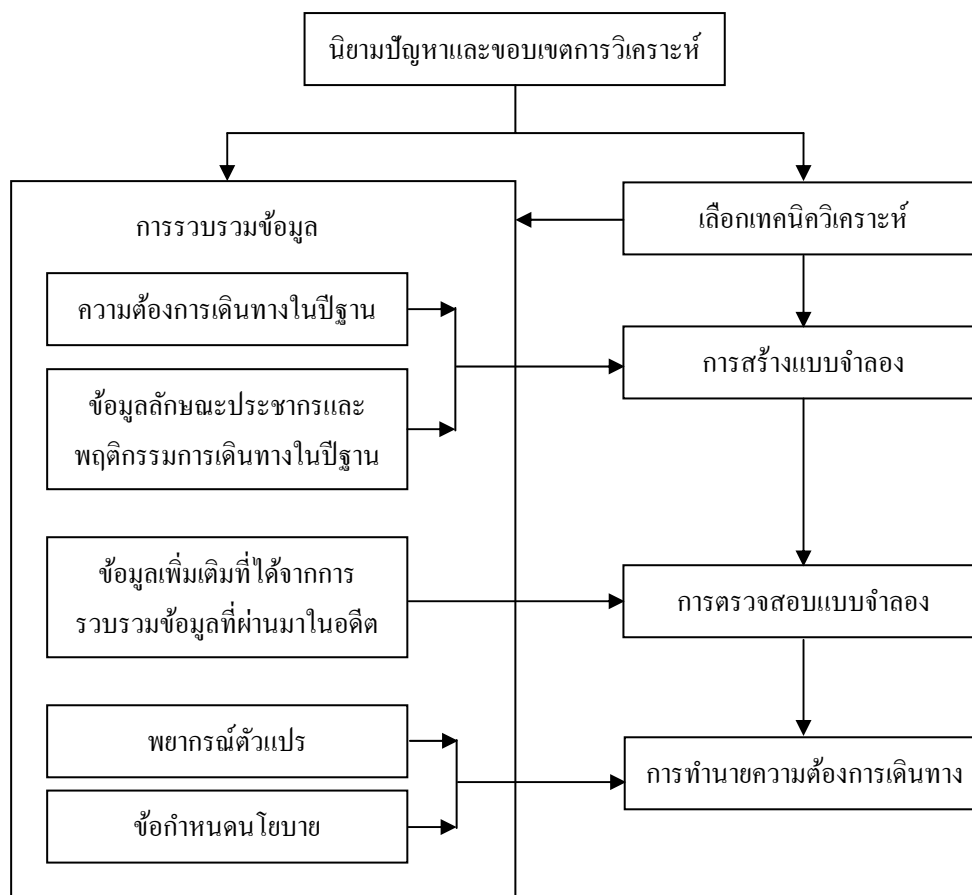
### 3.1. การวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง

การวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง (Travel demand analysis) เป็นขั้นตอนพื้นฐานที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับกระบวนการวางแผนการขนส่ง การวิเคราะห์ความต้องการเดินทางทำให้ผู้วางแผนการขนส่งทราบถึง ปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นในปัจจุบันในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา และปริมาณการเดินทางที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งได้จากการนำข้อมูลปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นในปัจจุบันมาวิเคราะห์และคาดการณ์ไปในอนาคต ด้วยเหตุนี้ อาจกล่าวได้ว่า การวิเคราะห์ความต้องการเดินทางนั้น เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ 2 ขั้นตอน (วิโรจน์ ฐโงปการ, 2544) ได้แก่

- การวิเคราะห์ความต้องการเดินทางที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ขั้นตอนนี้จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ กำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการเดินทาง วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยและความต้องการเดินทาง รวมถึงการนำปัจจัยเหล่านั้นมาพัฒนาแบบจำลองที่จะนำไปใช้พยากรณ์ความต้องการเดินทาง
- การพยากรณ์ความต้องการเดินทาง เป็นการนำแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นมาจากขั้นตอนแรก มาใช้วิเคราะห์ปริมาณการเดินทางในอนาคต โดยพิจารณาถึงบริบทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน นโยบายด้านขนส่ง จำนวนประชากร และโครงข่ายถนนในอนาคต

ในทางปฏิบัติ ความถูกต้องและน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ความต้องการเดินทางไม่ได้ขึ้นอยู่กับความถูกต้องในการสร้างแบบจำลองแต่เพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับความเข้าใจและการให้ความสำคัญกับรายละเอียดของบริบทต่างๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย ไม่ว่าจะเป็น แผนพัฒนาเมือง นโยบายด้านขนส่ง รวมถึงสภาพแวดล้อมและพฤติกรรมการเดินทางของผู้คนในพื้นที่ เป็นต้น

โดยทั่วไป กระบวนการวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนโดยสังเขป ดังนี้



รูปที่ 3.1 กระบวนการวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง

ที่มา: Meyer and Miller (2001)

### 1. การนิยามปัญหาและขอบเขตการวิเคราะห์

ก่อนการวิเคราะห์ จะต้องกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา และขอบเขตของการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้ให้ชัดเจน

- **ช่วงเวลาสำหรับการวิเคราะห์** โดยทั่วไปจะต้องกำหนดปีฐาน (Base year) และช่วงเวลาที่ทำกรวิเคราะห์ (Horizontal year) เช่น 5 ปี หรือ 10 ปี นับจากปีฐาน เป็นต้น การกำหนดช่วงเวลาวิเคราะห์เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องกำหนดให้ชัดเจน เนื่องจากจะส่งผลถึงลักษณะของข้อมูลที่ต้องการสำหรับการวิเคราะห์ และเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย
- **พื้นที่ศึกษาและโครงสร้างของพื้นที่ย่อย** ขอบเขตของพื้นที่ศึกษาและพื้นที่ย่อย เป็นสิ่งที่กำหนดประเภทของการเดินทางว่า การเดินทางที่พิจารณานั้น เป็นการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ หรือระหว่างพื้นที่

- หน่วยของปริมาณการเดินทาง ต้องกำหนดให้ชัดเจนว่าปริมาณการเดินทางที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์นั้น เทียบกับหน่วยระยะเวลาใด เช่น เป็นปริมาณการเดินทางในช่วงเร่งด่วนต่อวัน หรือต่อปี เป็นต้น
- ตัวแปรเชิงนโยบาย ผู้วางแผนต้องตรวจสอบว่า พื้นที่ที่จะทำการศึกษานั้น มีกรอบนโยบายใดที่ควบคุมอยู่หรือไม่ และจะอย่างไรจึงจะแปลงนโยบายเหล่านั้นให้อยู่ในรูปของตัวแปรที่สามารถวัดค่าได้
- ตัวชี้วัดประสิทธิภาพที่จำเป็นสำหรับการประเมิน ควรกำหนดให้ชัดเจนว่าจะพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวใดเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพ ตัวชี้วัดประสิทธิภาพนี้จะถูกใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อเลือกแนวทางปฏิบัติที่เหมาะสมที่สุด ในกรณีที่มีแนวทางให้เลือกดำเนินการได้หลายแนวทาง

## 2. การเลือกเทคนิควิเคราะห์

โดยมากแล้วการเลือกเทคนิคการวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับปัญหาที่จะวิเคราะห์ และได้รับอิทธิพลอย่างมากจากขอบเขตของการวิเคราะห์ตามที่ได้กล่าวข้างต้น

## 3. การรวบรวมข้อมูล

เมื่อนิยามปัญหาและขอบเขตของการวิเคราะห์ และเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะทำให้ทราบลักษณะและประเภทของข้อมูลที่ต้องการสำหรับการวิเคราะห์โดยทั่วไป ข้อมูลที่ต้องการแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

- ข้อมูลในอดีต (Historical data) ได้แก่ ข้อมูลในอดีตที่มีการเก็บรวบรวมไว้แล้ว ไม่ว่าจะเป็นพฤติกรรมการเดินทาง สถานะทางเศรษฐกิจและสังคม (โครงสร้างรายได้ อายุ เพศ ของประชากร เป็นต้น) กิจกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ และระบบขนส่ง เป็นต้น
- ข้อมูลทำนาย (Forecasts data) ได้แก่ ข้อมูลสถานะทางเศรษฐกิจและสังคม กิจกรรมที่เกิดขึ้นในพื้นที่ และระบบขนส่ง ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในปีอนาคต ข้อมูลเหล่านี้จะนำไปใช้เป็นตัวแปรในแบบจำลองสำหรับวิเคราะห์ความต้องการเดินทางที่จะเกิดขึ้นในอนาคตตามกรอบของเวลาที่ทำการวิเคราะห์

## 4. การสร้างแบบจำลอง

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการเดินทางที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษา และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความต้องการเดินทางนั้น ความต้องการเดินทาง หรือปริมาณการเดินทางจะถูกกำหนดเป็นตัวแปรตาม (Dependent variables) และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความ

ต้องการเดินทาง ซึ่งจะถูกใช้ในการอธิบายความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับปริมาณการเดินทาง อาทิ จำนวนประชากร รายได้ การจ้างงาน ฯลฯ จะถูกกำหนดเป็น ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอธิบาย (Independent variables or Explanatory variables)

### 5. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

ก่อนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นมาจากขั้นตอนก่อนหน้านี้ไปใช้พยากรณ์ปริมาณการเดินทาง หรือความต้องการเดินทางในอนาคต จะต้องนำแบบจำลองมาตรวจสอบความถูกต้องเสียก่อน การตรวจสอบนี้ ได้แก่ การตรวจสอบความสมเหตุสมผล (Reasonableness) ของเครื่องหมาย สัมประสิทธิ์ของตัวแปรและค่าคงที่ในแบบจำลอง การตรวจสอบนัยสำคัญของตัวแปรต้นแต่ละตัว ที่ปรากฏอยู่ในแบบจำลอง และการทดสอบความอ่อนไหว (Sensitivity test) ของแบบจำลอง ด้วยการแปรผันค่าตัวแปรต้นแต่ละตัวในแบบจำลองในช่วงค่าข้อมูลของตัวแปรนั้นๆ ขณะที่ตัวแปรต้นตัวอื่นๆ ในแบบจำลองมีค่าคงที่ จากนั้นตรวจสอบช่วงของค่าตัวแปรตามที่เปลี่ยนแปลงไป

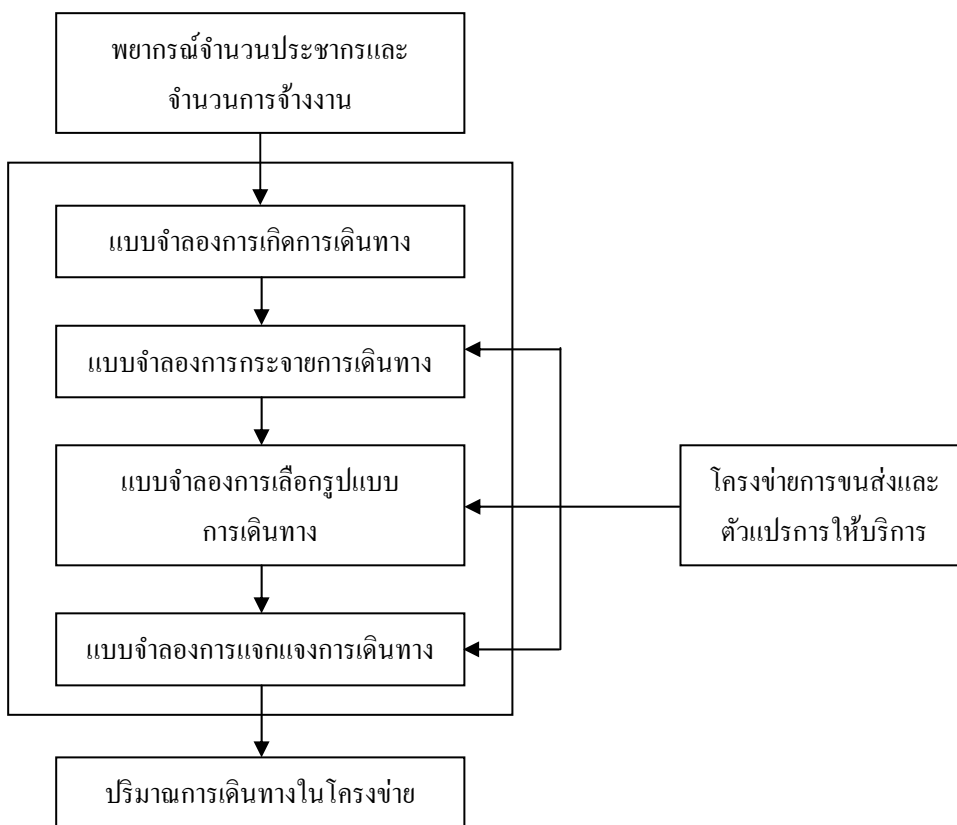
### 6. การทำนายความต้องการเดินทาง

เมื่อแบบจำลองผ่านการตรวจสอบความถูกต้องและได้รับการปรับแก้เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการนำแบบจำลองนั้น มาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการเดินทาง หรือปริมาณการเดินทางที่จะเกิดขึ้นในปีอนาคตเมื่อเทียบกับปีฐาน

เครื่องมือหรือวิธีการที่นักวางแผนนิยมใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง ได้แก่ แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน (Sequential four-step models or Sequential demand models) สาเหตุที่ทำให้เรียกชื่อการวิเคราะห์ดังกล่าวว่าแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนนั้น เนื่องจากการวิเคราะห์เป็นลำดับขั้น โดยผลการวิเคราะห์จากขั้นตอนหนึ่ง จะถูกใช้เป็นข้อมูลป้อนเข้าสำหรับขั้นตอนถัดไป ดังแสดงในรูปที่ 3.2 สำหรับรูปที่ 3.3 และ 3.4 แสดงขั้นตอนของการวิเคราะห์แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนในกระบวนการวางแผนการขนส่ง และแผนภาพอธิบายแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน ตามลำดับ ทั้งนี้ แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน ประกอบไปด้วย

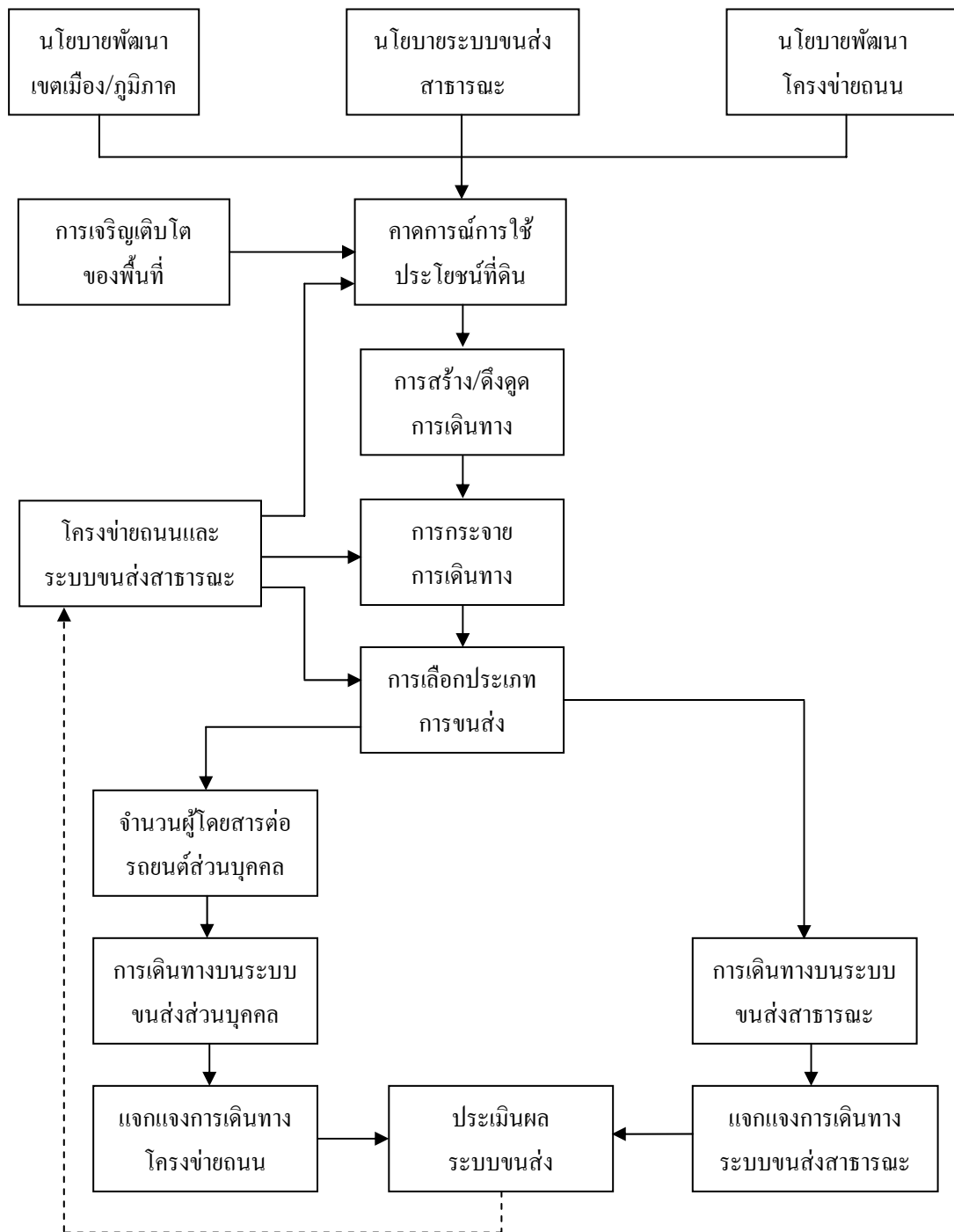
- แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip generation model) คือ แบบจำลองที่ใช้พยากรณ์ปริมาณการเดินทางทั้งที่เกิดขึ้นและถูกดึงดูดเข้าสู่แต่ละพื้นที่ย่อยในพื้นที่ศึกษา ซึ่งก็คือจำนวนเที่ยวการเดินทางทั้งหมดที่ถูกสร้างขึ้นในเขตเมืองนั่นเอง การวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นและมุ่งเข้าสู่แต่ละพื้นที่ย่อย แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นจากแต่ละพื้นที่ย่อยนั้น ต้องการจะเดินทางไปไหน หรือปริมาณการเดินทางที่มุ่งสู่พื้นที่ย่อยนั้น เดินทางมาจากที่ใด

- แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip distribution model) คือ แบบจำลองที่ใช้คาดการณ์ว่าปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นและสิ้นสุดที่แต่ละพื้นที่ย่อยนั้นมีจุดต้นทางและปลายทางที่ใด หรืออาจกล่าวได้ว่า เป็นแบบจำลองที่บอกให้ทราบว่าปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นที่แต่ละพื้นที่ย่อยนั้น มีจุดปลายทางที่ใดบ้าง และปริมาณการเดินทางที่ถูกดึงดูดเข้าไปยังแต่ละพื้นที่ย่อยนั้น มาจากที่ใดบ้าง
- แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Modal split or mode choice model) คือ แบบจำลองที่ใช้คาดการณ์สัดส่วนของการเลือกรูปแบบการเดินทางประเภทต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา ของการเดินทางทั้งหมดที่เกิดขึ้นระหว่างจุดต้นทางปลายทางในแต่ละพื้นที่ย่อย
- แบบจำลองการแจกแจงการเดินทาง (Trip assignment model) คือแบบจำลองที่ใช้คาดการณ์ปริมาณการเดินทางของแต่ละรูปแบบการเดินทางที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทางที่เชื่อมต่อระหว่างจุดต้นทางปลายทางของแต่ละพื้นที่ย่อยในพื้นที่ศึกษา

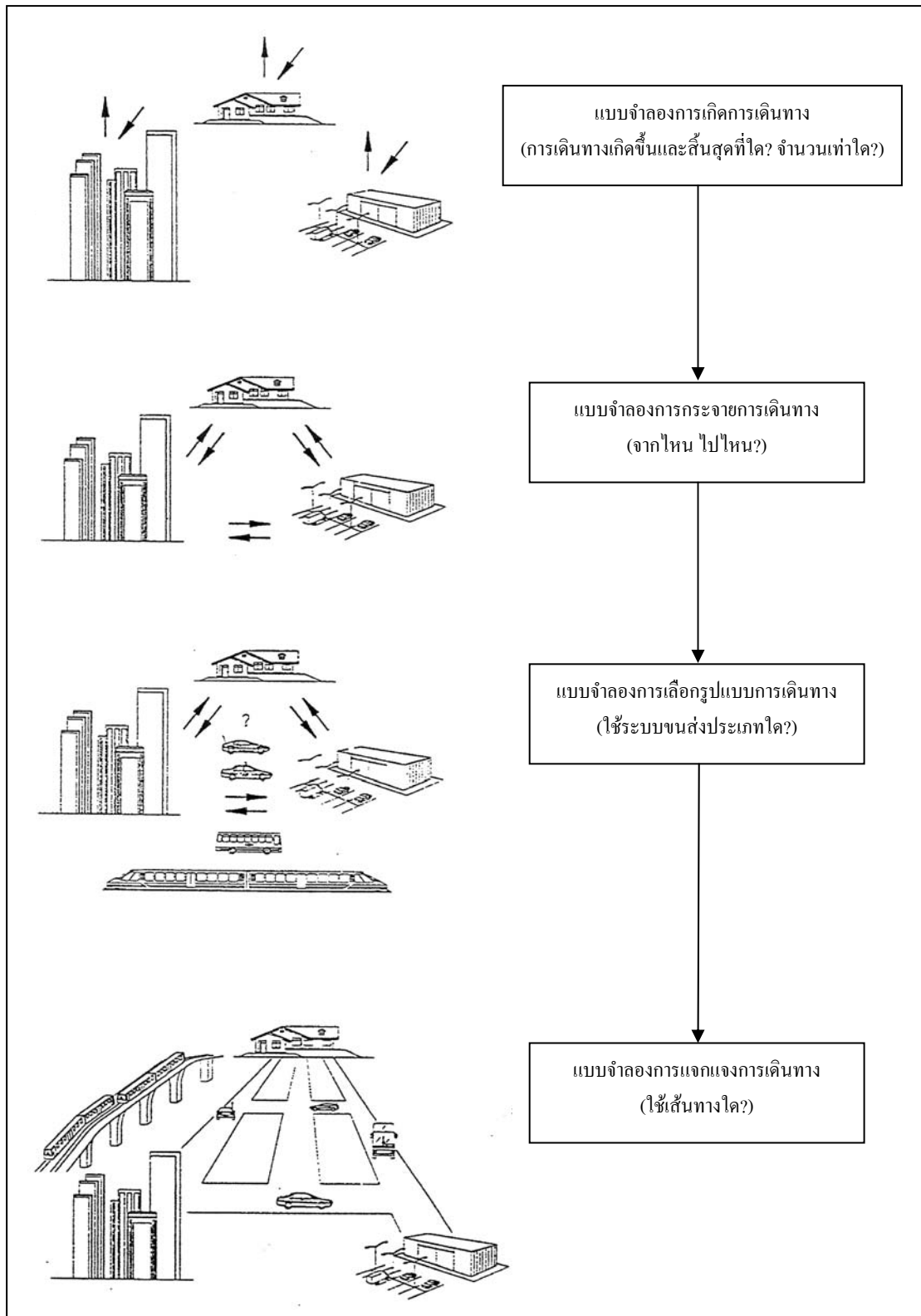


รูปที่ 3.2 ขั้นตอนของแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน

ที่มา: Meyer and Miller (2001)



รูปที่ 3.3 กระบวนการวางแผนการขนส่งและแบบจำลองจราจร-ขนส่ง  
ที่มา: วิโรจน์ ฐโงปการ (2544)



รูปที่ 3.4 แบบจำลองเพื่อการวางแผนการขนส่งชนิดต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน  
ที่มา: วิโรจน์ ฐโงปการ (2544)

การสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

1. การสำรวจและวิเคราะห์จุดต้นทางปลายทาง
2. คาดการณ์รูปแบบและลักษณะการใช้พื้นที่ในอนาคตจากข้อมูลการวางแผนการใช้พื้นที่ที่มีอยู่ในปัจจุบัน
3. คำนวณจำนวนเที่ยวการเดินทางที่ถูกสร้างขึ้นและถูกดึงดูดเข้าไปของแต่ละพื้นที่ย่อย
4. คำนวณเที่ยวการเดินทางทั้งหมดที่ถูกสร้างขึ้นและถูกดึงดูดเข้าไปของจุดต้นทางปลายทางแต่ละคู่
5. คำนวณปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทาง (Link) ที่อยู่ในโครงข่ายการขนส่ง
6. ประเมินความสมดุลระหว่างความต้องการเดินทางที่คำนวณได้จากขั้นตอนที่ 5 กับความสามารถในการให้บริการของระบบขนส่งที่มีอยู่ ปรับแก้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต ถ้ายังไม่สมดุล ให้กลับไปปรับแก้ในขั้นตอนที่ 3
7. ทำการคำนวณซ้ำจนกว่าจะได้ผลลัพธ์เป็นที่พอใจ

### 3.2. ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความต้องการเดินทาง

ความต้องการเดินทางหรือปริมาณการเดินทางจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยมากมักจะได้รับอิทธิพลจากปัจจัยต่อไปนี้ (วิโรจน์ ฐ โงปการ, 2544)

#### 3.2.1. การใช้พื้นที่

ลักษณะการใช้พื้นที่ที่ต่างกันส่งผลให้ลักษณะการเดินทางที่เกิดขึ้นแตกต่างกันไปด้วย ดังนั้นประสิทธิภาพในการพยากรณ์ความต้องการเดินทางด้วยแบบจำลอง จึงมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความละเอียดแม่นยำของข้อมูลการใช้พื้นที่ นอกจากลักษณะการใช้พื้นที่ที่ส่งผลต่อลักษณะการเดินทางที่แตกต่างไปแล้ว ความหนาแน่นของการใช้พื้นที่เพื่อกิจกรรมต่างๆ ก็ส่งผลให้เกิดลักษณะการเดินทางที่แตกต่างไปได้เช่นกัน โดยทั่วไป การวิเคราะห์ความต้องการเดินทางจะให้ความสำคัญกับสถานที่ที่จัดว่าเป็นจุดกำเนิดและดึงดูดการเดินทางหลัก ทั้งนี้ไม่ว่าจะเป็นจุดต้นทางหรือปลายทางก็ตาม ดังต่อไปนี้

- เขตที่พักอาศัย เนื่องจากร้อยละ 80 ถึง 90 ของการเดินทางที่เกิดขึ้นนั้น มักมีจุดเริ่มต้นหรือจุดปลายทาง เชื่อมโยงกับที่พักอาศัย
- ย่านธุรกิจและอุตสาหกรรม รวมถึงแหล่งจ้างงานและอาคารสำนักงานต่างๆ ด้วย ทั้งนี้กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการค้าและอุตสาหกรรมที่แตกต่างกัน ย่อมก่อให้เกิดลักษณะการเดินทางที่แตกต่างกันด้วย
- พื้นที่การศึกษา อาทิ โรงเรียน และมหาวิทยาลัย ฯลฯ



- พื้นที่เพื่อการพักผ่อนหย่อนใจและสันทนาการ ไม่ว่าจะเป็นสวนสาธารณะ ห้างสรรพสินค้า โรงภาพยนตร์ และแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ เป็นต้น

ในการวิเคราะห์ความต้องการเดินทางจำเป็นต้องกำหนดลักษณะการใช้พื้นที่ของพื้นที่ศึกษาให้ชัดเจน เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อประเภทของตัวแปรที่ต้องการ และวิธีการสำรวจข้อมูล โดยทั่วไปตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการใช้พื้นที่ ได้แก่

- ขนาดของพื้นที่พักอาศัยหน่วยเป็นตารางเมตร
- จำนวนครอบครัวในเขตพื้นที่ หรือจำนวนครอบครัวต่อหน่วยพื้นที่
- จำนวนประชากรในเขตพื้นที่ หรือพื้นที่ย่อย หรือจำนวนประชากรต่อหน่วยพื้นที่ธุรกิจและอุตสาหกรรม
- จำนวนการจ้างงานในเขตพื้นที่ หรือจำนวนการจ้างงานต่อหน่วยพื้นที่
- จำนวนการจ้างงานด้านการค้าขายในพื้นที่ หรือต่อหน่วยพื้นที่
- จำนวนพื้นที่ที่สอดคล้องกับกิจกรรมแต่ละประเภท อาทิ พื้นที่เพื่อการศึกษา และสันทนาการ เป็นต้น
- จำนวนสถานที่ประกอบการ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน ฯลฯ ในเขตพื้นที่ หรือต่อหน่วยพื้นที่
- จำนวนศูนย์สันทนาการในเขตพื้นที่
- จำนวนนักศึกษา หรือนักเรียนในเขตพื้นที่

### 3.2.2. ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม

ปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมจะเกี่ยวข้องโดยตรงกับผู้เดินทาง ครอบครัวของผู้เดินทาง หรือผู้ประกอบการต่างๆ ในพื้นที่ศึกษา โดยทั่วไปตัวแปรลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมที่มีอิทธิพลต่อการเดินทาง ได้แก่

- ขนาดครอบครัว ขนาดครอบครัวมีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณและอัตราการเดินทางในแต่ละพื้นที่ โดยจำนวนการเดินทางเฉลี่ยจะเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนสมาชิกในครอบครัวเพิ่มขึ้น (Schuldiner, 1962 อ้างถึงใน วิโรจน์ ฐโงปการ, 2544)
- จำนวนยานพาหนะส่วนบุคคลที่มีในครอบครอง โดยทั่วไปเมื่อครอบครัวใดมียานพาหนะส่วนบุคคลไว้ในครอบครอง ก็มีโอกาที่จะเดินทางมากขึ้นเนื่องจากสามารถเดินทางได้ง่ายขึ้น ด้วยเหตุนี้ ถ้าครอบครัวใดที่มียานพาหนะส่วนบุคคลไว้ในครอบครองมากขึ้น โอกาสที่จะเดินทางก็จะมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการเดินทางหรือปริมาณการเดินทาง

เพิ่มขึ้นตามไปด้วย ตัวแปรดังกล่าวนิยามวัดเป็นจำนวนยานพาหนะทั้งหมดในแต่ละพื้นที่ อาทิ จำนวนยานพาหนะเฉลี่ยต่อคน หรือเฉลี่ยต่อครอบครัว เป็นต้น

- ประเภทที่พักอาศัย ที่ตั้งของที่พักอาศัยมีความสัมพันธ์กับปริมาณการเดินทาง โดยประชากรในครอบครัวที่มีที่อยู่อาศัยถาวร มีบ้านหรือที่พักเป็นของตนเอง มักมีแนวโน้มที่จะเดินทางไปมาหาสู่กันระหว่างคนรู้จัก หรือพักผ่อนหย่อนใจ มากกว่าประชากรในครอบครัวที่เพิ่งย้ายมาอยู่ในบริเวณนั้นๆ หรือไม่มีที่พักอาศัยเป็นของตนเอง
- อาชีพหัวหน้าครอบครัว เป็นตัวแปรที่สามารถระบุสถานะทางสังคม สถานภาพทางการเงิน และฐานะของครอบครัวได้ทางอ้อม ส่วนมากแล้ว ถ้าหัวหน้าครอบครัวมีอาชีพและตำแหน่งหน้าที่การงานดี ก็มักทำให้ครอบครัวมีสถานะทางสังคมและสถานภาพทางการเงินดีตามไปด้วย ส่งผลให้ความต้องการเดินทางเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆ เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ทั้งนี้สัดส่วนการเดินทางไปทำงานจะลดลงเมื่อฐานะความเป็นอยู่ของครอบครัวต่ำลง
- รายของได้ครอบครัว ครอบครัวใดที่มีรายได้สูง โอกาสที่จะเดินทางไปตามสถานที่ต่างๆ จะมากกว่าครอบครัวที่มีรายได้ต่ำ ส่งผลให้ความต้องการเดินทางเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากมีข้อจำกัดในการเดินทางน้อยกว่านั่นเอง

### 3.2.3. ปัจจัยอื่นๆ

นอกจากปัจจัยต่างๆ ตามที่กล่าวไปแล้วข้างต้น ยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่อาจมีอิทธิพลต่อความต้องการเดินทางดังต่อไปนี้

- อัตราการเสียชีวิต การจ่ายค่าเช่า หรือการชำระดอกเบี้ยเพื่อการลงทุน ฯลฯ เป็นปัจจัยที่แสดงให้เห็นถึงขีดความสามารถของกำลังทรัพย์ที่เพียงพอสำหรับใช้จ่ายเพื่อการเดินทาง
- โครงสร้างอายุของประชากรในพื้นที่ศึกษา กลุ่มคนที่มีอายุแตกต่างกันจะมีลักษณะการเดินทางที่แตกต่างกันด้วย เช่น กลุ่มคนอายุน้อยมีโอกาสที่จะเดินทางไปพบปะเพื่อนฝูงตามสถานที่ต่างๆ มากกว่ากลุ่มคนที่มีอายุมากกว่า เป็นต้น
- อาชีพของประชากร อาชีพที่ทำให้มีรายได้ดีย่อมทำให้ฐานะและสถานภาพทางสังคมของผู้นั้นดีตามไปด้วย โอกาสที่จะเดินทางไปตามสถานที่ต่างๆ ก็จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความต้องการเดินทางสูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน
- ความเจริญของพื้นที่ ถ้าพื้นที่ใดมีความเจริญทั่วถึง มีการพัฒนาสิ่งอำนวยความสะดวกที่สนับสนุนการเดินทางที่สมบูรณ์ ก็จะเป็นสิ่งกระตุ้นให้คนในพื้นที่นั้นเกิดความต้องการเดินทางเพิ่มขึ้น ความเจริญของพื้นที่นี้ อาจนำตัวแปรระยะห่างจากศูนย์กลางเมืองมาพิจารณาประกอบด้วยก็ได้ ยิ่งพื้นที่ศึกษาห่างจากศูนย์กลางเมืองหรือย่านธุรกิจมากขึ้น

เท่าใด โอกาสที่จะเกิดการเดินทางเพื่อเข้าสู่ตัวเมืองและความเจริญของพื้นที่ที่จะลดลงมากขึ้นเท่านั้น

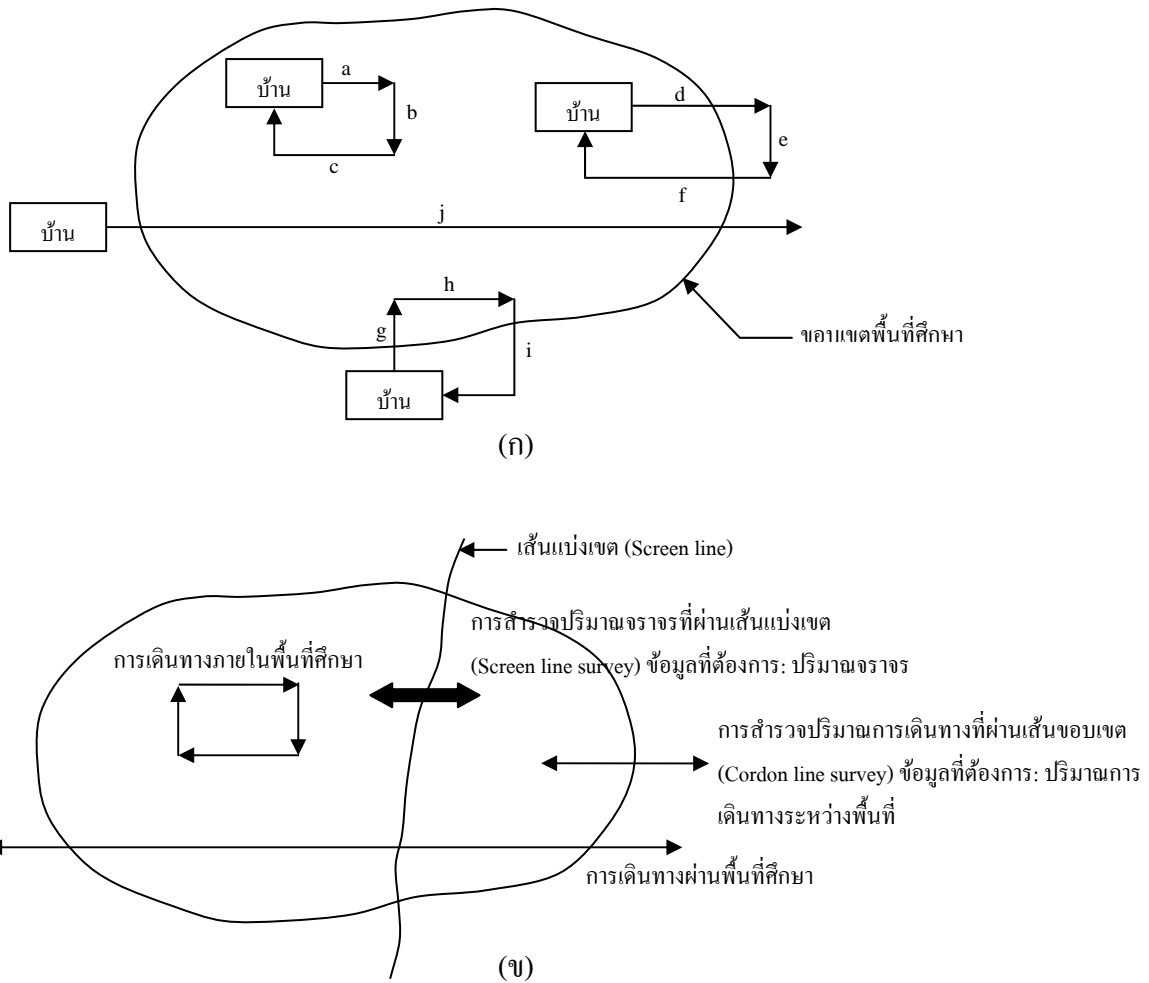
### 3.3. ตารางจุดต้นทางปลายทาง

ก่อนที่จะสร้างแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน ข้อมูลปริมาณการเดินทางระหว่างจุดต้นทางปลายทางแต่ละคู่จะถูกนำมาจัดเป็นตารางเมทริกซ์ หรือเรียกว่าเมทริกซ์จุดต้นทางปลายทาง (Origin-destination matrix) ด้วยเหตุนี้ ในเบื้องต้นผู้วิเคราะห์จะต้องทำการสำรวจข้อมูลการเดินทางที่เกิดขึ้นระหว่างจุดต้นทางปลายทาง (Origin-destination survey or O-D survey) ทุกคู่ในพื้นที่ศึกษาเสียก่อน จึงจะสามารถสร้างตารางดังกล่าวได้ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการเดินทางที่เกิดขึ้นเมื่ออ้างอิงกับขอบเขตของพื้นที่ศึกษาแล้ว อาจแบ่งออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่

1. การเดินทางภายในพื้นที่ศึกษา (Internal trips or Internal-internal trips) คือ การเดินทางที่มีทั้งจุดต้นทางและปลายทางอยู่ภายในพื้นที่ศึกษา
2. การเดินทางจากภายในไปยังภายนอกพื้นที่ศึกษา (Internal-external trips) คือ การเดินทางที่มีจุดต้นทางอยู่ภายในพื้นที่ศึกษา แต่จุดปลายทางอยู่ภายนอกพื้นที่ศึกษา
3. การเดินทางจากภายนอกไปยังภายในพื้นที่ศึกษา (External-internal trips) คือ การเดินทางที่มีจุดต้นทางอยู่ภายนอกพื้นที่ศึกษา แต่จุดต้นทางอยู่ภายในพื้นที่ศึกษา
4. การเดินทางภายนอกพื้นที่ศึกษา (External-external trips or Out-out trips) คือ การเดินทางที่มีทั้งจุดต้นทางและจุดปลายทางอยู่ภายนอกพื้นที่ศึกษา
5. การเดินทางผ่านพื้นที่ศึกษา (Through traffic) คือ การเดินทางที่มีทั้งจุดต้นทางและจุดปลายทางอยู่ภายนอกพื้นที่ศึกษา แต่การเดินทางที่เกิดขึ้นนั้น มีเส้นทางที่ต้องตัดผ่านพื้นที่ศึกษา

ตัวอย่างของการเดินทางประเภทต่างๆ ตามที่กล่าวข้างต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.5 (ก) จากรูปที่ 3.5 (ก) พบว่า

- การเดินทางภายในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เกี่ยวการเดินทาง a b c และ h
- การเดินทางจากภายในไปยังภายนอกพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เกี่ยวการเดินทาง d และ i
- การเดินทางจากภายนอกไปยังภายในพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เกี่ยวการเดินทาง f และ g
- การเดินทางภายนอกพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เกี่ยวการเดินทาง e
- การเดินทางผ่านพื้นที่ศึกษา ได้แก่ เกี่ยวการเดินทาง j



รูปที่ 3.5 ประเภทการเดินทางเมื่ออ้างอิงกับขอบเขตของพื้นที่ศึกษา

ที่มา: ดัดแปลงจาก Department of town and country planning (1989)

การสำรวจความต้องการเดินทางหรือปริมาณการเดินทางจำแนกตามประเภทการเดินทางตามที่ได้กล่าวถึงข้างต้น สามารถสรุปเป็นตารางจุดต้นทางปลายทางได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 ตารางจุดต้นทางปลายทางพร้อมวิธีสำรวจข้อมูล

พื้นที่ต้นทาง (Origin zones)	พื้นที่ปลายทาง (Destination zones)	
	ภายใน (Internal)	ภายนอก (External)
ภายใน (Internal)	II (การสัมภาษณ์ตามบ้าน)	IE (การสัมภาษณ์ตามบ้าน)
ภายนอก (External)	EI (การสำรวจที่เส้นขอบเขต)	EE (การสำรวจที่เส้นขอบเขต)

ที่มา: ดัดแปลงจาก Department of town and country planning (1989)

ในทางปฏิบัติ พื้นที่ต้นทางและพื้นที่ปลายทาง หรือจุดต้นทางปลายทางนั้นมีหลายตำแหน่ง หลักการของการสำรวจการเดินทางดังกล่าวก็คือ การหาปริมาณการเดินทางระหว่างจุดต้นทางปลายทางแต่ละคู่ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา การสำรวจข้อมูลการเดินทางประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาจึงควรดำเนินการไปพร้อมๆ กันในวันเดียวกัน ซึ่งอาจทำการสำรวจในวันทำงานของสัปดาห์ ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบการเดินทางไปทำงาน (Work trips) และทำการสำรวจในวันหยุดสุดสัปดาห์ เพื่อตรวจสอบการเดินทางเพื่อการพักผ่อน (Recreational trips) เนื่องจากจุดต้นทางปลายทางในพื้นที่ศึกษามีหลายตำแหน่ง จึงต้องนำปริมาณการเดินทางระหว่างจุดต้นทางปลายทางแต่ละคู่ มาสรุปในรูปของตารางจุดต้นทางปลายทางดังนี้

ตารางที่ 3.2 ตารางจุดต้นทางปลายทางของพื้นที่ย่อยทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ต้นทาง	พื้นที่ปลายทาง						รวม
	1	2	.....	j	.....	N	
1	T <sub>11</sub>	T <sub>12</sub>	.....	T <sub>1j</sub>	.....	T <sub>1n</sub>	G <sub>1</sub>
2	T <sub>21</sub>	T <sub>22</sub>	.....	T <sub>2j</sub>	.....	T <sub>2n</sub>	G <sub>2</sub>
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
i	T <sub>i1</sub>	T <sub>i2</sub>	.....	T <sub>ij</sub>	.....	T <sub>in</sub>	G <sub>i</sub>
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
n	T <sub>n1</sub>	T <sub>n2</sub>	.....	T <sub>nj</sub>	.....	T <sub>nn</sub>	G <sub>n</sub>
รวม	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	.....	A <sub>j</sub>	.....	A <sub>n</sub>	T <sub>total</sub>

ที่มา: ดัดแปลงจาก Department of town and country planning (1989)

จากตารางที่ 3.2 
$$G_i = \sum_j t_{ij} \text{ และ } A_j = \sum_i t_{ij}$$

โดยที่  $G_i$  คือ จำนวนเที่ยวการเดินทางทั้งหมดที่มีต้นกำเนิดจากพื้นที่ย่อย  $i$

$A_j$  คือ จำนวนเที่ยวการเดินทางทั้งหมดที่ถูกดึงดูดเข้าไปยังพื้นที่ย่อย  $j$

จากตารางที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าทุกพื้นที่ย่อย ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ย่อย 1, 2, 3, 4,....., n สามารถเป็นได้ทั้งจุดต้นทางและจุดปลายทาง  $T_{11}$  คือ การเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ย่อย 1  $T_{12}$  คือ การเดินทางที่มีจุดต้นทางเป็นพื้นที่ย่อย 1 และมีจุดปลายทางเป็นพื้นที่ย่อย 2 ในทำนองเดียวกัน  $T_{ij}$  คือ การเดินทางที่มีจุดต้นทางเป็นพื้นที่ย่อย  $i$  และมีจุดปลายทางเป็นพื้นที่ย่อย  $j$   $G_i$  คือ การเดินทาง

ทั้งหมดที่มีแหล่งกำเนิดจากพื้นที่ย่อย  $i$  มีค่าเท่ากับผลรวมของ  $T_{ii}$  ถึง  $T_{in}$  และ  $A_j$  คือ การเดินทางทั้งหมดที่ถูกดึงดูดเข้าไปยังพื้นที่ย่อย  $j$  มีค่าเท่ากับผลรวมของ  $T_{ij}$  ถึง  $T_{nj}$

จากรูปที่ 3.5 (ข) การเดินทางประเภทต่างๆ ที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษานั้น ได้มาจากการสำรวจข้อมูลจุดต้นทางปลายทางที่มีวิธีการ แนวทางการดำเนินงาน และวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 การสำรวจข้อมูลจุดต้นทางปลายทางและวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ประโยชน์

ประเภทของการสำรวจ	วิธีการสำรวจ	วัตถุประสงค์ของการสำรวจ
การสำรวจการเดินทางของบุคคล (หรือการสำรวจจุดต้นทางปลายทางของผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคล)	สัมภาษณ์เจ้าของรถ หรือผู้เดินทางที่บ้าน หรือที่พักอาศัย	เพื่อตรวจสอบปริมาณการเดินทางภายในพื้นที่ศึกษา
การสำรวจปริมาณการเดินทางที่ผ่านเส้นขอบเขต (Cordon line survey)	การสัมภาษณ์ข้างทาง	เพื่อตรวจสอบปริมาณการเดินทางระหว่างพื้นที่ และการเดินทางผ่านพื้นที่
	การนับรถ	เพื่อตรวจสอบปริมาณการจราจรทั้งหมดที่ผ่านเส้นขอบเขต และเพื่อคำนวณค่าตัวคูณขยาย (Expansion factors)
การสำรวจปริมาณจราจรที่ผ่านเส้นแบ่งเขต (Screen line survey)	การนับรถ	เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณการจราจรที่แจกแจงไปตามถนนเส้นต่างๆ ของโครงข่ายถนนในปัจจุบัน

ที่มา: Department of town and country planning (1989)

เมื่อทราบหลักการเบื้องต้นของการวางแผนการขนส่งตามที่กล่าวถึงในบทที่ 2 รวมถึงขั้นตอนการวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง การสำรวจข้อมูล และการจัดเตรียมข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ลำดับต่อไปจะกล่าวถึงแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน ซึ่งถือได้ว่าเป็นเครื่องมือสำคัญที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง

### 3.4. แบบจำลองการเกิดการเดินทาง

แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip generation model) ถูกสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการทำนายจำนวนเที่ยวการเดินทาง (คน-เที่ยวการเดินทาง) ที่เริ่มต้นและสิ้นสุดในแต่ละพื้นที่ย่อยทั้งหมดที่อยู่ในขอบเขตพื้นที่ศึกษาในช่วงเวลาที่ทำการวิเคราะห์ จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นจะถูกพิจารณาเป็นตัวแปรตาม (Dependent variable) ของแบบจำลอง สำหรับตัวแปรต้นหรือตัวแปรอธิบาย (Independent variables or Explanatory variables) นั้น ได้แก่ ปัจจัยการใช้ประโยชน์

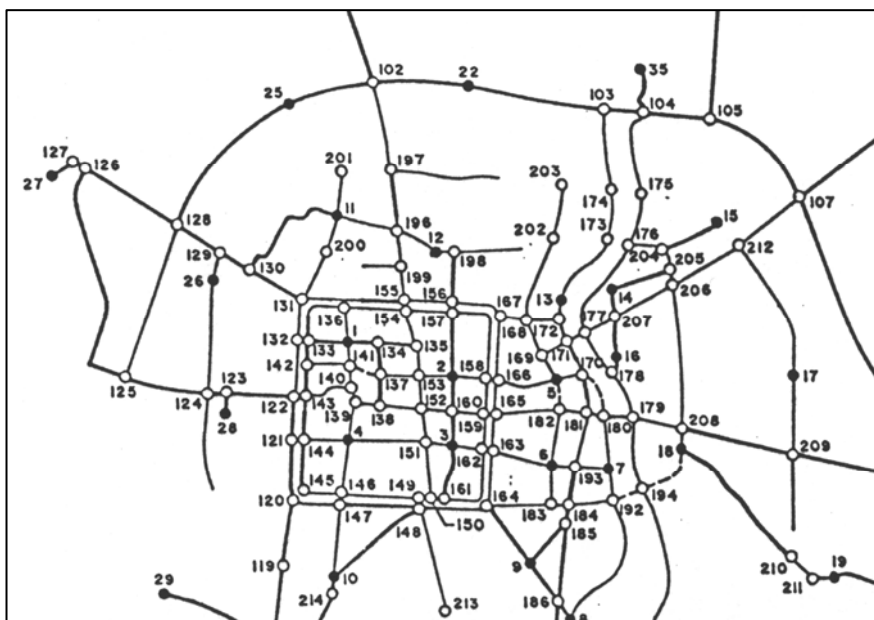
พื้นที่ (Land use factors) และลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม (Socioeconomic characteristics) ของผู้เดินทาง ทั้งนี้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดการเดินทางนั้น ได้แก่

- ลักษณะการใช้พื้นที่ โดยทั่วไปพื้นที่ที่มีลักษณะการใช้พื้นที่ที่แตกต่างกัน จะส่งผลให้อัตราการเกิดการเดินทางของแต่ละพื้นที่นั้นแตกต่างกันไปด้วย เช่น พื้นที่ย่านการค้าและสำนักงาน ก็น่าจะมีอัตราการเกิดการเดินทางสูงกว่าพื้นที่สวนสาธารณะ เป็นต้น นอกจากนี้ความหนาแน่นของประชากรในแต่ละพื้นที่ ก็ส่งผลต่ออัตราการเกิดการเดินทางด้วยเช่นกัน โดยทั่วไป ในพื้นที่ที่มีลักษณะการใช้พื้นที่เหมือนกัน พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรและการตั้งบ้านเรือนสูง ก็จะมีอัตราการเกิดการเดินทางสูงกว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรต่ำกว่า
- จำนวนรถยนต์ในครัวเรือน ความสามารถในการตอบสนองความต้องการเดินทางนั้นขึ้นอยู่กับทางเลือกในการเดินทางที่มีอยู่ และความสมบูรณ์ของโครงข่ายเส้นทางสัญจรด้วยเหตุนี้ ครอบครัวใดที่มีรถยนต์ไว้ในครอบครองมากกว่า โอกาสที่จะใช้รถยนต์นั้นเพื่อตอบสนองความต้องการเดินทางก็จะมากกว่าครอบครัวที่มีจำนวนรถยนต์ในครอบครองน้อยกว่า
- ขนาดครัวเรือน ครอบครัวที่มีจำนวนสมาชิกมากกว่า ย่อมก่อให้เกิดความถี่ในการเดินทางสูงกว่าครอบครัวที่มีสมาชิกในครัวเรือนน้อยกว่า
- รายได้ของครัวเรือน ครอบครัวที่มีรายได้ครัวเรือนสูง ย่อมมีอิสระที่จะเดินทางไปยังที่ต่างๆ และมีความสามารถที่จะจ่ายเงินเพื่อตอบสนองความต้องการเดินทางมากกว่าครอบครัวที่มีรายได้ครัวเรือนต่ำกว่า
- โครงสร้างอายุ โครงสร้างอายุของประชากรที่แตกต่างกันในแต่ละชุมชน อาจส่งผลต่อความต้องการเดินทาง และพฤติกรรมการเดินทางที่แตกต่างกันได้
- อาชีพของประชากร ประชากรแต่ละกลุ่มวิชาชีพ อาจมีลักษณะและพฤติกรรมการเดินทางที่แตกต่างกัน และส่งผลให้อัตราการเดินทางแตกต่างกันไปด้วย

การวิเคราะห์แบบจำลองการเกิดการเดินทางอาจจำแนกออกตามวัตถุประสงค์การเดินทาง (Trip purposes) ทั้งนี้เนื่องจากพฤติกรรมการเดินทางของผู้เดินทางนั้น จะได้รับอิทธิพลจากวัตถุประสงค์การเดินทางเป็นสำคัญ ดังนั้นผู้เดินทางที่มีวัตถุประสงค์การเดินทางแตกต่างกัน จะส่งผลให้มีพฤติกรรมการเดินทางแตกต่างกันไปด้วย โดยทั่วไปจะจำแนกออกเป็นการเดินทางไปทำงาน (Work trips) การเดินทางไปโรงเรียน (School trips) การเดินทางไปซื้อสินค้า (Shopping trips) และการเดินทางเพื่อพบปะญาติมิตรเพื่อนฝูงและสันทนาการ (Social or recreational trips) หรืออาจจำแนกอย่างกว้างๆ โดยพิจารณาจากความเกี่ยวข้องกับสถานที่ที่เป็นที่พักอาศัย (Residential areas) ของเที่ยวการเดินทางนั้นๆ ซึ่งสามารถจำแนกเป็นการเดินทางที่เกี่ยวข้องกับที่

พักอาศัย (Home-based trips, HB) หมายถึง เที่ยวการเดินทางที่มีปลายข้างใดข้างหนึ่ง (Trip ends) เป็นที่พักอาศัย และการเดินทางที่ไม่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย (Non-home-based trips, NHB) หมายถึง เที่ยวการเดินทางที่ไม่มีปลายข้างใดข้างหนึ่งเป็นที่พักอาศัยเลย

แบบจำลองการเกิดการเดินทางในยุคเริ่มแรกมักจะเป็นแบบจำลองการเกิดการเดินทางประเภทรวม (Aggregate model) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์การเกิดการเดินทางที่พิจารณาภาพรวมของแต่ละพื้นที่ย่อย (Traffic zone) การวิเคราะห์ประเภทนี้จะสมมติให้จุดศูนย์กลางพื้นที่ย่อย (Zone centroid) เป็นจุดต้นกำเนิดการเดินทาง หรือเป็นจุดที่ดึงดูดการเดินทางเข้าไปสู่พื้นที่ย่อยนั้น จุดศูนย์กลางพื้นที่ย่อยเป็นตำแหน่งสมมติที่ถูกกำหนดให้เป็นศูนย์กลางของกิจกรรมทั้งหมดของพื้นที่ย่อยนั้นๆ ความถูกต้องของการวิเคราะห์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับกำหนจุดศูนย์กลางพื้นที่ย่อยให้ตรงกับตำแหน่งศูนย์กลางที่แท้จริงของพื้นที่เท่าใดนัก แต่จะขึ้นอยู่กับกำหนจุดศูนย์กลางพื้นที่ย่อยให้สัมพันธ์กับโครงข่ายถนนหรือระบบขนส่งมากกว่า ในการจำลองเส้นทางการเดินทางระหว่างจุดศูนย์กลางพื้นที่ย่อยแต่ละจุดในพื้นที่ศึกษานั้น เพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ เราจะสมมติให้จุดศูนย์กลางของแต่ละพื้นที่ย่อยเชื่อมต่อกับโครงข่ายถนนด้วยเส้นเชื่อมต่อสมมติ (Dummy links) ในกรณีนี้ จุดศูนย์กลางพื้นที่ย่อยจะถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า จุดศูนย์กลางร่วม (Centroid nodes) โครงข่ายถนนในพื้นที่ศึกษาจะถูกแทนด้วย เส้นเชื่อมต่อ (Links) และจุดร่วม (Nodes) โดยถนนที่เชื่อมระหว่างทางแยก จะถูกกำหนดเป็นเส้นเชื่อมต่อ และทางแยกแต่ละแห่งจะถูกกำหนดเป็นจุดร่วม ในกรณีนี้ทางแยกเหล่านั้นจะถูกเรียกว่า (Intersection nodes) ตัวอย่างการกำหนจุดศูนย์กลางพื้นที่ย่อย จุดศูนย์กลางร่วม เส้นเชื่อมต่อ และจุดร่วม ดังแสดงในรูปที่ 3.6



หมายเหตุ ● แทนจุดศูนย์กลางร่วม (Centroid nodes) ○ แทนจุดร่วม (Intersection nodes) 25 แทนหมายเลขของจุดร่วม (Node numbers)

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการกำหนจุดศูนย์กลางพื้นที่ย่อย จุดศูนย์กลางร่วม เส้นเชื่อมต่อ และจุดร่วม

ที่มา: Department of town and country planning (1989)

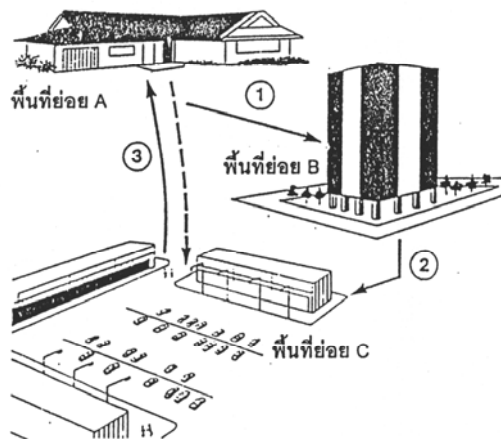
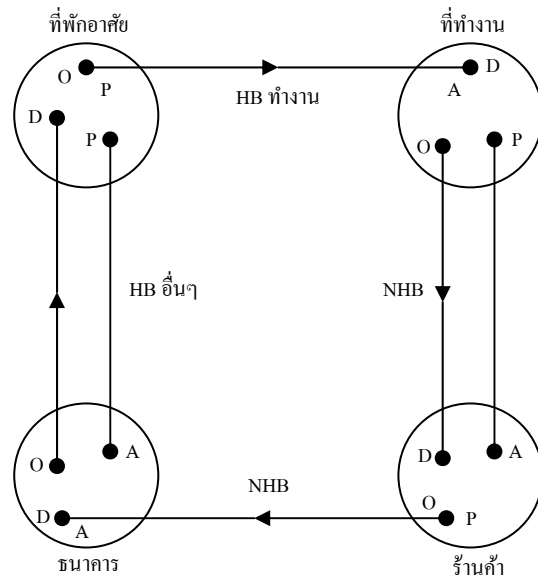


เนื่องจากการวิเคราะห์แบบจำลองประเภทรวมจะพิจารณาภาพรวมของพื้นที่ย่อย (Zone-based) ด้วยเหตุนี้ ตัวแปรที่นำมาใช้อธิบายปริมาณการเดินทางของแต่ละพื้นที่ย่อยก็จะถูกพิจารณาเป็นตัวแปรแบบรวม (Aggregate data) ด้วยเช่นกัน ตัวแปรของพื้นที่ย่อย (Zonal attributes) เหล่านี้จะเป็นสิ่งที่บอกลักษณะต่างๆ ของประชากรในพื้นที่ย่อยนั้นในรูปของค่าเฉลี่ย อาทิ จำนวนการจ้างงานเฉลี่ยของพื้นที่ รายได้เฉลี่ยของประชากรในพื้นที่ จำนวนรถยนต์เฉลี่ยของพื้นที่ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การพิจารณาตัวแปรเหล่านี้ในภาพรวมทำให้ละเลยความแตกต่างของลักษณะประชากรและการเดินทางที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ย่อย ซึ่งส่งผลกระทบต่อความถูกต้องของแบบจำลองในการคาดการณ์จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว การวิเคราะห์แบบจำลองการเกิดการเดินทางแบบแยกย่อย (Disaggregate model) จึงถูกพัฒนาขึ้น โดยแทนที่จะพิจารณาตัวแปรต่างๆ เป็นแบบรวม การวิเคราะห์แบบแยกย่อยจะพิจารณาตัวแปรต่างๆ ในระดับที่ละเอียดมากยิ่งขึ้น ถ้าเป็นการวิเคราะห์ระดับครัวเรือน (Household-based) ข้อมูลที่ใช้อาจเป็น รายได้เฉลี่ยต่อครัวเรือน จำนวนรถยนต์เฉลี่ยต่อครัวเรือน จำนวนประชากรเฉลี่ยต่อครัวเรือน เป็นต้น หรือถ้าเป็นการวิเคราะห์ในระดับที่แยกย่อยมากขึ้นไปอีก อาจพิจารณาตัวแปรต่างๆ ในระดับบุคคล (Individual-based) ก็ได้ โดยข้อมูลที่ใช้อาจเป็น รายได้เฉลี่ยของบุคคล ค่าใช้จ่ายในการเดินทางเฉลี่ยของบุคคล หรือจำนวนเที่ยวการเดินทางเฉลี่ยต่อบุคคล เป็นต้น

#### 3.4.1. หลักการของจุดต้นทาง-ปลายทาง และการสร้าง-ดึงดูดการเดินทาง

ในการวิเคราะห์แบบจำลองการเกิดการเดินทาง หลักการเบื้องต้นที่ต้องทำความเข้าใจได้แก่ หลักการของจุดต้นทาง-ปลายทาง (Origin-Destination, O-D) และหลักการของการสร้างและดึงดูดการเดินทาง (Production-Attraction ends, P-A)

จากหลักการของจุดต้นทาง-ปลายทาง จุดต้นทาง-ปลายทางจะถูกกำหนดจากทิศทางการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยโดยไม่คำนึงว่าจุดปลายของเที่ยวการเดินทางนั้น จะเป็นที่พักอาศัยหรือไม่ ขณะที่หลักการของการสร้างและดึงดูดการเดินทางนั้น ถ้าเที่ยวการเดินทางใดมีจุดปลายด้านใดด้านหนึ่งเป็นที่พักอาศัย หรือเป็นการเดินทางที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย (HB) จุดปลายที่เป็นที่พักอาศัยจะถูกกำหนดเป็นจุดสร้างการเดินทาง (Production end, P) เสมอ และจุดปลายอีกด้านหนึ่งจะถูกกำหนดเป็นจุดดึงดูดการเดินทาง (Attraction end, A) เสมอเช่นกัน โดยไม่คำนึงถึงทิศทางของการเดินทางแต่อย่างใด แต่ถ้าเที่ยวการเดินทางใดไม่มีจุดปลายด้านใดด้านหนึ่งเป็นที่พักอาศัยเลย หรือเป็นการเดินทางที่ไม่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย (NHB) จุดปลายที่เป็นต้นทาง จะถูกกำหนดเป็นจุดสร้างการเดินทาง และจุดปลายที่เป็นปลายทางของการเดินทางเที่ยวนั้น จะถูกกำหนดเป็นจุดดึงดูดการเดินทาง ตัวอย่างการกำหนดจุดต้นทาง-ปลายทาง และจุดสร้างและดึงดูดการเดินทาง ดังแสดงในรูปที่ 3.7



การเดินทางที่	วัตถุประสงค์	การสร้างการเดินทาง	การดึงดูดการเดินทาง
1	HB ทำงาน	พื้นที่ย่อย A	พื้นที่ย่อย B
2	NHB	พื้นที่ย่อย B	พื้นที่ย่อย C
3	HB อื่นๆ	พื้นที่ย่อย A	พื้นที่ย่อย C

รูปที่ 3.7 การกำหนดจุดต้นทาง-ปลายทาง และจุดสร้างและดึงดูดการเดินทาง  
ที่มา: วิโรจน์ รุโงปการ (2544)

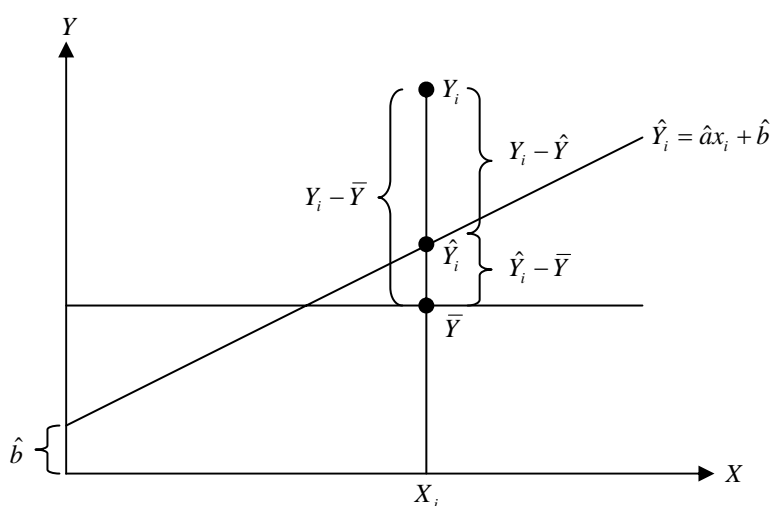
วิธีการที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลองการเกิดการเดินทาง ได้แก่ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) การวิเคราะห์อัตราการเดินทาง (Trip-rate analysis) และวิธีตัวประกอบขยาย (Expansion factor method) ดังจะได้นำเสนอตามลำดับในหัวข้อต่อไป

### 3.4.2. การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น

การสร้างแบบจำลองการเกิดการเดินทางด้วยการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น นิยมใช้หลักการวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least square method) จำนวนการเดินทางหรือปริมาณการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยจะถูกกำหนดเป็นตัวแปรตาม (Dependent variable,  $Y$ ) และตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการเกิดการเดินทางและนิยมใช้เป็นตัวแปรอธิบายความแปรปรวนของการเกิดการเดินทาง (Independent variable,  $X_i$ ) ได้แก่ ประชากร จำนวนรถยนต์ รายได้ การจ้างงาน และตัวแปรสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมอื่นๆ การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น มีสมมติฐานประกอบการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้ (วิโรจน์ ฐโงปการ, 2544)

- ผลรวมของค่า  $e_i$  ของแต่ละประชากรย่อยเท่ากับ 0 ( $\sum e_i = 0$ )
- การกระจายตัวของค่า  $e_i$  ของแต่ละประชากรย่อยมีลักษณะเป็น โค้งปกติ (Normal distribution curve)
- การกระจายตัวของค่า  $e_i$  ของแต่ละประชากรย่อยเท่ากัน นั่นคือค่าความแปรปรวนของแต่ละประชากรย่อยเท่ากัน กล่าวคือ  $e_i = \sigma^2$  คุณสมบัตินี้เรียกว่า Homoscedasticity ในกรณีที่ความแปรปรวนไม่เท่ากันจะเรียกว่า Hetero-scedasticity
- ค่า  $e_i$  แต่ละค่าจะต้องเป็นอิสระต่อกัน ( $E(e_i, e_j) = 0; (i \neq j)$ )

แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นสามารถวิเคราะห์ได้ทั้งแบบง่าย (Simple regression model) และเชิงพหุ (Multiple regression models) โดยมีลำดับการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้ (วิโรจน์ ฐโงปการ, 2544)



รูปที่ 3.8 สมการถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย

ที่มา: วิโรจน์ ฐโงปการ (2544)

**ขั้นตอนที่ 1** กำหนดสมการทั่วไปของแบบจำลอง โดยในการแสดงตัวอย่างการวิเคราะห์นี้ กำหนดให้เป็นแบบจำลองเชิงพหุ ประกอบด้วยตัวแปรอธิบาย 2 ตัวแปร

$$Y_i = a_1x_{i1} + a_2x_{i2} + b + e_i \quad (3.1)$$

โดยที่  $Y_i$  = ตัวแปรตาม ในตัวอย่างนี้คือ การเดินทางทั้งหมดจากพื้นที่  $i$   
 $a_1, a_2$  = สัมประสิทธิ์ของตัวแปรอธิบาย  
 $x_{i1}, x_{i2}$  = ตัวแปรอธิบาย ในตัวอย่างนี้คือ ลักษณะการใช้พื้นที่ และตัวแปรสถานะทางเศรษฐกิจและสังคมของพื้นที่  
 $b$  = ค่าคงที่  
 $e_i$  = ความคลาดเคลื่อน

**ขั้นตอนที่ 2** ประมาณค่า  $\hat{Y}_i$  จากสมการข้างต้น

$$\hat{Y}_i = \hat{a}_1x_{i1} + \hat{a}_2x_{i2} + \hat{b} + E(e_i) \quad (3.2)$$

**ขั้นตอนที่ 3** คำนวณความคลาดเคลื่อน ( $e_i$ )

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad (3.3)$$

**ขั้นตอนที่ 4** จากหลักการวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least square method) คือทำผลรวมกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อน ( $\sum e_i^2$ ) ให้มีค่าน้อยที่สุด

$$e_i^2 = [Y_i - \hat{Y}_i]^2 \quad (3.4)$$

$$e_i^2 = Y_i^2 - 2Y_i\hat{Y}_i + \hat{Y}_i^2 \quad (3.5)$$

$$= Y_i^2 - 2Y_i(\hat{a}_1x_{i1} + \hat{a}_2x_{i2} + \hat{b}) + (\hat{a}_1x_{i1} + \hat{a}_2x_{i2} + \hat{b})^2 \quad (3.6)$$

กำหนดให้  $F = \sum e_i^2$  (3.7)

$$= \sum [Y_i^2 - 2Y_i(\hat{a}_1x_{i1} + \hat{a}_2x_{i2} + \hat{b}) + (\hat{a}_1x_{i1} + \hat{a}_2x_{i2} + \hat{b})^2] \quad (3.8)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \hat{a}_1} = 0 \quad (3.9)$$

จะได้  $\hat{a}_1 \sum x_{i1}^2 + \hat{a}_2 \sum x_{i1}x_{i2} + \hat{b} \sum x_{i1} - \sum x_{i1}Y_i = 0$  (3.10)

$$\frac{\partial F}{\partial \hat{a}_2} = 0 \quad (3.11)$$

จะได้  $\hat{a}_2 \sum x_{i2}^2 + \hat{a}_1 \sum x_{i1}x_{i2} + \hat{b} \sum x_{i2} - \sum x_{i2}Y_i = 0$  (3.12)

ดังนั้น จะได้  $\hat{b} = \bar{Y}_i - \hat{a}_1\bar{x}_{i1} - \hat{a}_2\bar{x}_{i2}$  (3.13)

และ  $\hat{a}_1 = \frac{\sum x_{i1}Y_i - \bar{Y}_i \sum x_{i1} - \hat{a}_2(\sum x_{i1}x_{i2} - \bar{x}_{i2} \sum x_{i1})}{\sum x_{i1}^2 - \bar{x}_{i1} \sum x_{i1}}$  (3.14)

$$\hat{a}_2 = \frac{\sum x_{i2}Y_i - \bar{Y}_i \sum x_{i2} - \hat{a}_1(\sum x_{i1}x_{i2} - \bar{x}_{i1} \sum x_{i2})}{\sum x_{i2}^2 - \bar{x}_{i2} \sum x_{i2}} \quad (3.15)$$

**ขั้นตอนที่ 5** แทนค่า  $\hat{a}_1$ ,  $\hat{a}_2$  และ  $\hat{b}$  จะได้แบบจำลองการเกิดการเดินทางตามที่ต้องการ

**ขั้นตอนที่ 6** ตรวจสอบค่า Coefficient of Determination ( $R^2$ ) จากสมการ

$$R^2 = \frac{\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (3.16)$$

$R^2$  เป็นค่าที่แสดงความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามในแบบจำลอง  $R^2$  จะมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.80 หมายความว่า ตัวแปรต้นทั้งหมดในแบบจำลองสามารถอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้ร้อยละ 80

ถ้าต้องการเปรียบเทียบแบบจำลองที่เปรียบเทียบต่างกัน เช่น จำนวนตัวแปรต้นไม่เท่ากัน หรือจำนวนข้อมูลที่น่ามาใช้วิเคราะห์ต่างกัน อาจตรวจสอบความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนของตัวแปรตามได้จากค่า Adjusted  $R^2$  ดังสมการต่อไปนี้

$$\text{Adjusted } R^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-(k+1)} \quad (3.17)$$

โดยที่  $n$  = จำนวนชุดตัวอย่างหรือข้อมูลทั้งหมด  
 $k$  = จำนวนตัวแปรอธิบายหรือตัวแปรต้นทั้งหมดในแบบจำลอง

ในกรณีที่มีตัวแปรอิสระ 1 ตัวแปร สมการทั่วไปของแบบจำลอง ได้แก่

$$Y_i = a_1 x_i + b + e_i \quad (3.18)$$

ในกรณีนี้ สามารถคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอธิบาย และค่าคงที่ของแบบจำลองได้ตามขั้นตอนตามที่กล่าวมาแล้ว โดยสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\hat{b} = \frac{\sum x_i^2 \sum Y_i - \sum x_i \sum x_i Y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \quad (3.19)$$

$$\hat{a} = \frac{\sum x_i \sum Y_i - n \sum x_i Y_i}{(\sum x_i)^2 - n \sum x_i^2} \quad (3.20)$$

ในกรณีที่เป็นการเส้นตรงผ่านจุดกำเนิด (0,0) จะได้

$$\hat{a} = \frac{\sum x_i Y_i}{\sum x_i^2} \quad \text{และ} \quad \hat{b} = 0 \quad (3.21)$$

ตัวอย่างที่ 3.1 การสำรวจข้อมูลการเดินทางบริเวณพื้นที่ย่อยต่างๆ 10 พื้นที่ในเมืองหนึ่งได้ผลสำรวจดังแสดงในตารางด้านล่างนี้ จากข้อมูลดังกล่าว จึงสร้างแบบจำลองการสร้างการเดินทางของเมืองนี้ กำหนดให้สมการทั่วไปของแบบจำลองมีรูปแบบดังนี้  $Y_i = a_1x_{i1} + a_2x_{i2} + b + e_i$  (ตัวอย่างนี้มีที่มาจากตัวอย่างที่นำเสนอไว้ใน วิโรจน์ รุโงปการ (2544) เนื่องจากเป็นตัวอย่างที่ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้ง่าย มีการอธิบายที่ชัดเจนและกระชับ ผู้เขียนจึงขอยกตัวอย่างดังกล่าวมานำเสนอในเอกสารเล่มนี้)

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลการเดินทางและข้อมูลพื้นฐานของประชากรในแต่ละพื้นที่ย่อย

พื้นที่ย่อย	การสร้างการเดินทาง $Y_i$ (การเดินทาง)	ระยะจากใจกลางเมือง $x_1$ (กิโลเมตร)	จำนวนครอบครัว $x_2$ (ครอบครัว)
1	5	2	3
2	8	3	4
3	8	5	6
4	9	4	5
5	9	6	7
6	13	2	6
7	6	3	4
8	9	4	6
9	4	5	4
10	3	6	3

จากข้อมูลในตารางที่ 3.4 สามารถคำนวณค่าพื้นฐานที่ใช้ในการสร้างสมการแบบจำลองได้ดังนี้

พื้นที่ย่อย	$Y_i$	$x_1$	$x_2$	$x_{i1}Y_i$	$x_{i2}Y_i$	$x_{i1}x_{i2}$	$x_{i1}^2$	$x_{i2}^2$
1	5	2	3	10	15	6	4	9
2	8	3	4	24	32	12	9	16
3	8	5	6	40	48	30	25	36
4	9	4	5	36	45	20	16	25
5	9	6	7	54	63	42	36	49
6	13	2	6	26	78	12	4	36
7	6	3	4	18	24	12	9	16
8	9	4	5	36	45	20	16	25
9	4	5	4	20	16	20	25	16
10	3	6	3	18	9	18	36	9
รวม	74	40	47	282	375	192	180	237
เฉลี่ย	7.4	4	4.7					

จากสมการ 3.14 และ 3.15 แทนค่าต่างๆ ลงในสมการ จะได้

$$\begin{aligned}\hat{a}_1 &= \frac{\sum x_{i1}Y_i - \bar{Y}\sum x_{i1} - \hat{a}_2(\sum x_{i1}x_{i2} - \bar{x}_{i2}\sum x_{i1})}{\sum x_{i1}^2 - \bar{x}_{i1}\sum x_{i1}} \\ &= \frac{[282 - 7.4 \times 40 - \hat{a}_2(192 - 4.7 \times 40)]}{(180 - 4 \times 40)} \\ &= \frac{-7 - 2\hat{a}_2}{10}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\hat{a}_2 &= \frac{\sum x_{i2}Y_i - \bar{Y}\sum x_{i2} - \hat{a}_1(\sum x_{i1}x_{i2} - \bar{x}_{i1}\sum x_{i2})}{\sum x_{i2}^2 - \bar{x}_{i2}\sum x_{i2}} \\ &= \frac{27.2 - 4\hat{a}_1}{16.1}\end{aligned}$$

แทนค่า  $\hat{a}_1$  ลงใน  $\hat{a}_2$  จะได้

$$\hat{a}_2 = \frac{27.2 - 4(-7 - 2\hat{a}_2)/10}{16.1}$$

$$\hat{a}_2 = 1.961$$

แทนค่า  $\hat{a}_2$  ลงในสมการหาค่า  $\hat{a}_1$  จะได้

$$\hat{a}_1 = -1.092$$

จากสมการ 3.13 แทนค่าต่างๆ ลงในสมการ จะได้

$$\begin{aligned}\hat{b} &= \bar{Y} - \hat{a}_1\bar{x}_{i1} - \hat{a}_2\bar{x}_{i2} \\ &= 7.4 - (-1.092 \times 4) - (1.961 \times 4.7)\end{aligned}$$

$$\hat{b} = 2.552$$

ดังนั้น สมการการถดถอยเชิงเส้นของแบบจำลองการสร้างการเดินทาง ได้แก่

$$\hat{Y}_i \text{ หรือ } \hat{P}_i = 2.552 - 1.092x_{i1} + 1.961x_{i2}$$

จากนั้นตรวจสอบความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนได้จากค่า  $R^2$  ในสมการ 3.16

$$\begin{aligned}R^2 &= \frac{\sum (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum (Y_i - \bar{Y})^2} \\ &= \frac{68.64}{78.40} \\ &= 0.876\end{aligned}$$

หรือจากค่า *Adjusted*  $R^2$  ในสมการ 3.17

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

$$= 1 - (1 - 0.876) \frac{10 - 1}{10 - (2 + 1)}$$

$$= 0.841$$

จากผลการวิเคราะห์ข้างต้น อธิบายได้ว่าแบบจำลองมีความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนร้อยละ 87.6 เมื่อพิจารณาจากค่า  $R^2$  และร้อยละ 84.1 เมื่อพิจารณาจากค่า  $Adjusted R^2$  ในกรณีที่จำเป็นต้องทำการเปรียบเทียบระหว่างแบบจำลองที่นำมาใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์เดียวกัน อาจพิจารณาความสามารถในการอธิบายความแปรปรวนจากค่า  $R^2$  เพียงค่าเดียวก็ได้

### 3.4.3. การวิเคราะห์อัตราการเดินทาง

การวิเคราะห์อัตราการเดินทางคือการสร้างแบบจำลองโดยอ้างอิงจากอัตราการสร้างการเดินทางเฉลี่ยและอัตราการเดินทางเฉลี่ยของพื้นที่ที่สำคัญๆ ในชุมชนซึ่งเป็นสถานที่หลักที่ก่อให้เกิดกิจกรรมการเดินทาง ตัวอย่างการวิเคราะห์อัตราการเดินทางดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การวิเคราะห์อัตราการเดินทางจำแนกตามลักษณะการใช้พื้นที่

การใช้พื้นที่	พื้นที่ (1,000 ตร.ม.)	การเดินทาง (คน-เที่ยว)	การเดินทางต่อพื้นที่ (คน-เที่ยว/1,000 ตร.ม.)
ที่พักอาศัย	2,744	6,574	2.4
พื้นที่ประกอบธุรกิจ			
ร้านค้าปลีก	6,732	54,833	8.1
บริการ	13,506	70,014	5.2
ร้านค้าขายส่ง	2,599	3,162	1.2
พื้นที่อุตสาหกรรม	1,392	1,335	1.0
การขนส่ง	1,394	5,630	4.0
อาคารสาธารณะ	2,977	11,746	3.9
รวม	31,344	153,294	
เฉลี่ย			4.9

ที่มา: คัดแปลงจาก Papacostas and Prevedouros (2001)

วิโรจน์ ฐโงปการ (2544) ได้แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์อัตราการเดินทางดังแสดงในตารางที่ 3.6



ตารางที่ 3.6 การวิเคราะห์อัตราการเดินทาง

เขตพื้นที่	จำนวนครอบครัว (ครอบครัว)	จำนวนประชากร (คน)	การเดินทาง	อัตราการเดินทาง	
				ต่อครอบครัว	ต่อคน
1	100	380	725	7.25	1.91
2	200	700	1,295	6.48	1.85
3	150	600	1,200	8.00	2.00
รวม	450	1,680	3,220		
เฉลี่ย				7.16	1.92

จากตัวอย่างในตารางที่ 3.6 พบว่า อัตราการเดินทางเฉลี่ยต่อครอบครัวในเขตพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 7.16 การเดินทางต่อครอบครัวต่อวัน และอัตราการเดินทางเฉลี่ยต่อคนในเขตพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 1.92 การเดินทางต่อคนต่อวัน

### 3.4.4. วิธีตัวประกอบขยาย

วัฒนธรรมรัตนวราห (2545) ได้สรุปขั้นตอนการคำนวณการเกิดและสิ้นสุดการเดินทางในปีอนาคตด้วยวิธีตัวประกอบขยายไว้ดังต่อไปนี้

1. กำหนดค่าอัตราเติบโตของปัจจัยใดๆ  $i$  (Growth factor,  $F_i$ ) ที่มีอิทธิพลต่อการเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง จากสมการต่อไปนี้

$$F_i = \frac{A_{i(T=t)}}{A_{i(T=0)}} \tag{3.22}$$

โดยที่  $F_i$  = อัตราการเติบโตของกิจกรรม  $i$   
 $A_{i(T=0)}$  = ปริมาณของปัจจัย  $i$  ในปีปัจจุบัน ( $T=0$ )  
 $A_{i(T=t)}$  = ปริมาณของปัจจัย  $i$  ในปีอนาคต ( $T=t$ )

ตัวอย่างของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดและสิ้นสุดการเดินทาง อาทิ จำนวนประชากร จำนวนการจ้างงาน จำนวนครัวเรือน พื้นที่พักอาศัย และพื้นที่แหล่งจ้างงาน เป็นต้น

2. กำหนดค่าอัตราเติบโตทั้งหมด (Overall growth factor,  $F_A$ ) จากสมการต่อไปนี้

$$F_A = F_1 \times F_2 \times F_3 \times \dots \times F_n \tag{3.23}$$

โดยที่  $F_A =$  อัตราการเติบโตของกิจกรรมทั้งหมด  
 $F_1, F_2, \dots, F_n =$  อัตราการเติบโตของกิจกรรมที่ 1, 2, ..., n

3. คำนวณหาค่าจำนวนการเกิดและสิ้นสุดการเดินทางในปีอนาคตจากสมการต่อไปนี้

$$T_{(T=t)} = T_{(T=0)} \times F_A \tag{3.24}$$

โดยที่  $T_{(T=0)} =$  จำนวนการเกิดและสิ้นสุดการเดินทางในปีปัจจุบัน ( $T=0$ )  
 $T_{(T=t)} =$  จำนวนการเกิดและสิ้นสุดการเดินทางในปีอนาคต ( $T=t$ )

ตัวอย่างที่ 3.2 เมือง ก มีจำนวนการเกิดและสิ้นสุดการเดินทางต่อวันเป็นฟังก์ชันของการครอบครองรถยนต์ การใช้น้ำมัน และจำนวนคนงาน จากการสำรวจข้อมูลและคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นในปีอนาคต พบว่าอัตราการครอบครองรถยนต์ อัตราการใช้น้ำมัน และจำนวนคนงาน ในปี พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2556 มีค่าดังต่อไปนี้

	พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2556
การครอบครองรถยนต์	20,000	32,000
การใช้น้ำมัน	150,000	250,000
จำนวนคนงาน	90,000	140,000

จากการสำรวจข้อมูลการเดินทางพบว่า จำนวนการเกิดและสิ้นสุดการเดินทางในปี พ.ศ. 2551 เท่ากับ 50,000 เทียบต่อวัน จงคำนวณจำนวนการเกิดและสิ้นสุดการเดินทางในปี พ.ศ. 2556 ของเมือง ก (วัฒนธรรมศาสตร์รัตนวราห, 2545)

จากโจทย์ กำหนดให้  $A_1 =$  การครอบครองรถยนต์  
 $A_2 =$  การใช้น้ำมัน  
 $A_3 =$  จำนวนคนงาน  
 $t = 2556 - 2551 = 5$  ปี

จาก  $F_i = \frac{A_{i(T=t)}}{A_{i(T=0)}}$   
 จะได้  $F_1 = \frac{A_{1(T=5)}}{A_{1(T=0)}} = \frac{32,000}{20,000} = 1.6$

$$F_2 = \frac{A_{2(T=5)}}{A_{2(T=0)}} = \frac{250,000}{150,000} = 1.67$$

และ

$$F_3 = \frac{A_{3(T=5)}}{A_{3(T=0)}} = \frac{140,000}{90,000} = 1.56$$

$$\begin{aligned} F_A &= F_1 \times F_2 \times F_3 \\ &= 1.6 \times 1.67 \times 1.56 \\ &= 4.17 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{(T=5)} &= T_{(T=0)} \times F_A \\ &= 50,000 \times 4.17 \\ &= 208,500 \end{aligned}$$

จากผลการคำนวณ สรุปได้ว่า ในปี พ.ศ. 2556 จะมีจำนวนการเกิดและสิ้นสุดการเดินทางประมาณ 208,500 เที่ยวต่อวัน

### 3.5. แบบจำลองการกระจายการเดินทาง

วัตถุประสงค์ของการวิเคราะห์การกระจายการเดินทางก็เพื่อคาดการณ์จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นระหว่างพื้นที่ย่อยทั้งหมดในพื้นที่ศึกษา ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการวิเคราะห์การกระจายการเดินทางจะอยู่ในรูปตารางเมทริกซ์ของค่าคาดการณ์จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทางทุกคู่ในพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 3.7 โดยกำหนดให้  $T_{ij}$  คือ จำนวนการเดินทางที่มีจุดเริ่มต้นที่  $i$  และจุดปลายทางที่  $j$

ตารางที่ 3.7 เมทริกซ์ของจำนวนการเดินทางที่ถ่ายเทระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทาง

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

ที่มา: ดัดแปลงจาก Banks (2004)

แบบจำลองการกระจายการเดินทางมีหลายประเภท ไม่ว่าจะเป็น Fratar growth factor model The intervening opportunities model The competing opportunities model และ The gravity model ในบรรดาแบบจำลองการกระจายการเดินทางที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น Gravity model เป็นแบบจำลองที่ได้รับความนิยมมากที่สุด รูปแบบทั่วไปของ Gravity model หรือแบบจำลองความโน้มถ่วง ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$T_{ij} = \frac{P_i(A_j F_{ij})}{\sum_j (A_j F_{ij})} \quad (3.25)$$

หรือ

$$T_{ij} = \frac{A_j(P_i F_{ij})}{\sum_i (P_i F_{ij})} \quad (3.26)$$

โดยที่  $T_{ij}$  = การเดินทางจากพื้นที่ย่อย  $i$  ไปยังพื้นที่ย่อย  $j$   
 $A_j$  = การดึงดูดการเดินทางของพื้นที่ย่อย  $j$   
 $P_i$  = การสร้างการเดินทางของพื้นที่ย่อย  $i$   
 $F_{ij}$  = ปัจจัยที่ด้านการเดินทางในการเดินทางจากพื้นที่ย่อย  $i$  ไปพื้นที่ย่อย  $j$

โดยทั่วไป ปัจจัยด้านการเดินทางจากพื้นที่ย่อย  $i$  ไปยังพื้นที่ย่อย  $j$  มักจะอยู่ในรูปฟังก์ชันของเวลาในการเดินทาง หรือค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยนั้น โดยมีรูปแบบทั่วไปที่นิยมใช้ได้แก่

$$F_{ij} = C_{ij}^{-\alpha} \quad (3.26)$$

โดย  $C_{ij}$  คือ ฟังก์ชันทั่วไปของค่าใช้จ่ายในการเดินทางจากพื้นที่ย่อย  $i$  ไปยังพื้นที่ย่อย  $j$  และ  $\alpha$  คือ พารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง ในเบื้องต้นมักสมมติให้  $\alpha$  มีค่าเท่ากับ 2.0 ซึ่งเป็นค่าที่สมเหตุสมผลสำหรับแบบจำลองความโน้มถ่วง รูปแบบทั่วไปของ  $C_{ij}$  มักใช้เป็นตัวแทนของค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย  $i$  และ  $j$  ซึ่งอาจเขียนให้อยู่ในรูปของค่าใช้จ่ายที่เป็นตัวเงิน หรือเป็นสมการถ่วงน้ำหนักที่ผสมผสานกันระหว่างเวลาในการเดินทางและตัวเงิน หรืออาจใช้ตัวแปรเชิงคุณภาพ เช่น ความสบายในการเดินทาง ฯลฯ ก็ได้เช่นกัน

การปรับเทียบแบบจำลองการกระจายการเดินทางสามารถทำได้โดยการหาค่าของปัจจัยด้านการเดินทาง เริ่มจากการสมมติรูปแบบสมการทั่วไปดังแสดงในสมการที่ (3.26) จากนั้น เริ่มกระบวนการคำนวณซ้ำเป็นรอบด้วยการสมมติค่าเริ่มต้นของพารามิเตอร์ ( $\alpha$ ) ของฟังก์ชันปัจจัย

ด้านการเดินทาง จากนั้น ทำการคำนวณแบบจำลองการกระจายการเดินทางของปีฐานจากข้อมูลที่ทราบค่า ซึ่งได้แก่ จำนวนการสร้างการเดินทาง การดึงดูดการเดินทาง และปัจจัยด้านการเดินทางที่ได้จากการสมมติค่าพารามิเตอร์ในเบื้องต้น หลังการคำนวณในแต่ละรอบ ค่าพารามิเตอร์ของฟังก์ชันปัจจัยด้านการเดินทางจะได้รับการปรับแก้จนมีค่าเข้าใกล้ค่าๆ หนึ่งซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ของข้อมูลปีฐานนั้นๆ

ตัวอย่างที่ 3.3 กำหนดให้ฟังก์ชันของปัจจัยด้านการเดินทางอยู่ในรูปของสมการ  $F = C^{-\alpha}$  และข้อมูลจำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นของแต่ละพื้นที่ย่อยและปัจจัยด้านการเดินทางดังแสดงในตารางด้านล่าง จงใช้แบบจำลองความโน้มถ่วงประมาณค่าจำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นจากพื้นที่ย่อย 1 ไปยังพื้นที่ย่อยอื่นๆ กำหนดให้  $\alpha = 1.90$  (Banks, 2004)

พื้นที่ย่อย	เวลาในการเดินทางมายังพื้นที่ย่อย 1 (นาที)	การสร้างการเดินทาง	การดึงดูดการเดินทาง
1		20,000	10,000
2	10	15,000	30,000
3	20	30,000	18,000
4	15	25,000	10,000
5	30	18,000	40,000

เนื่องจากโจทย์ให้คำนวณหาการเดินทางจากพื้นที่ย่อย 1 ไปยังพื้นที่ย่อยอื่นๆ ซึ่งก็คือการคำนวณว่า การสร้างการเดินทางจากพื้นที่ย่อย 1 นั้น ได้ถูกกระจายไปยังแต่ละพื้นที่ย่อย เป็นจำนวนเท่าใดบ้าง สมการที่ใช้ได้แก่

$$T_{1j} = \frac{P_1(A_j / C_{ij}^\alpha)}{\sum_j (A_j / C_{ij}^\alpha)}$$

เราสามารถคำนวณ  $T_{1j}$  ได้จากขั้นตอนต่อไปนี้

1. คำนวณค่า  $A_j / C_{ij}^\alpha$  สำหรับทุกจุดปลายทาง  $j$
2. หาผลรวมของ  $A_j / C_{ij}^\alpha$
3. คำนวณค่า  $\frac{(A_j / C_{ij}^\alpha)}{\sum_j (A_j / C_{ij}^\alpha)}$  ของทุกจุดปลายทาง  $j$  และตรวจสอบผลรวมของค่าดังกล่าวทุกจุดปลายทางซึ่งจะต้องเท่ากับ 1
4. คำนวณค่า  $T_{1j}$  และตรวจสอบผลรวมของค่าดังกล่าวทุกจุดปลายทางซึ่งจะต้องเท่ากับจำนวนการสร้างการเดินทางจากพื้นที่ย่อย 1 ( $P_1$ )

พื้นที่ย่อย	$A_j$	$C_{ij}$ (นาที)	$A_j / C_{ij}^\alpha$	$\frac{(A_j / C_{ij}^\alpha)}{\sum_j (A_j / C_{ij}^\alpha)}$	$T_{1j}$
1	10,000				
2	30,000	10	337.68	0.675	13,500
3	18,000	20	60.72	0.109	2,180
4	10,000	15	58.27	0.104	2,080
5	40,000	30	62.45	0.112	2,240
$\Sigma$			559.12	1.000	20,000

ตัวอย่างการคำนวณสำหรับพื้นที่ย่อย 2

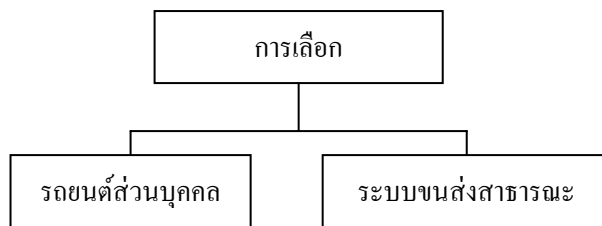
$$\frac{A_j}{C_{ij}^\alpha} = \frac{30,000}{10^{1.90}} = 337.68$$

$$\frac{(A_j / C_{ij}^\alpha)}{\sum_j (A_j / C_{ij}^\alpha)} = \frac{337.68}{559.12} = 0.675$$

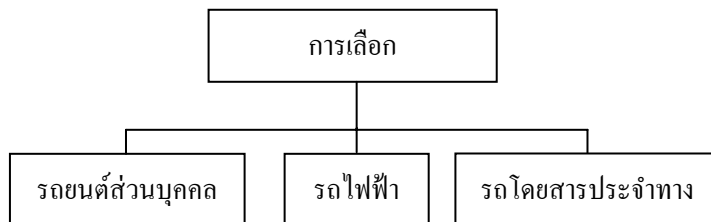
$$T_{1j} = \frac{P_1(A_j / C_{ij}^\alpha)}{\sum_j (A_j / C_{ij}^\alpha)} = 20,000 \times 0.675 = 13,500$$

### 3.6. แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง

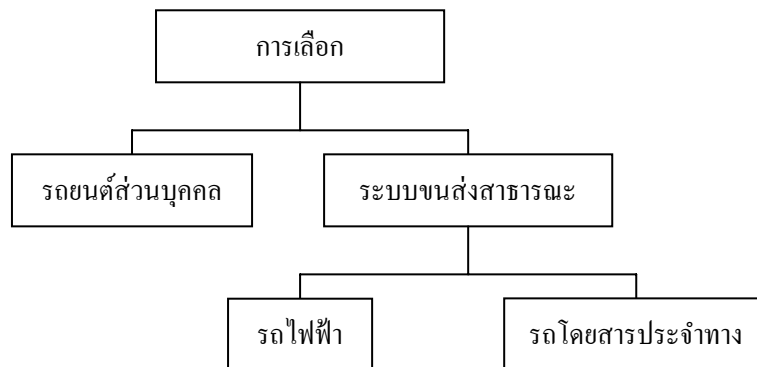
แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง (Mode choice or Modal split model) มักนิยมวิเคราะห์เป็นแบบจำลองแยกย่อย (Disaggregate model) แบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางจะอยู่ในรูปของแบบจำลองโลจิท (Logit model) ที่ประกอบด้วยฟังก์ชันอรรถประโยชน์ของรูปแบบการเดินทางแต่ละประเภทที่พิจารณา โดยทั่วไป ถ้ามีตัวเลือก 2 รูปแบบการเดินทาง เช่น การเลือกระหว่างการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคล และระบบขนส่งสาธารณะ เราจะเรียกแบบจำลองนี้ว่า Binary logit model (BNL) แต่ถ้ารูปแบบการเดินทางที่มีวิเคราะห์พฤติกรรมเลือกของผู้เดินทางมีมากกว่า 2 รูปแบบ เราจะเรียกแบบจำลองนี้ว่า Multinomial logit model (MNL) ในกรณีที่ทำการวิเคราะห์การเลือกรูปแบบการเดินทางมากกว่า 2 รูปแบบ แต่การเลือกแต่ละครั้งมีลักษณะเป็นลำดับชั้น (Hierarchical choice model) เราจะเรียกแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางลักษณะนี้ว่า Nested logit model ความแตกต่างระหว่างแบบจำลองทั้ง 3 รูปแบบดังแสดงในรูปที่ 3.9



(ก) Binary logit model (BNL)



(ข) Multinomial logit model (MNL)



(ค) Nested logit model

รูปที่ 3.9 การเปรียบเทียบระหว่าง BNL MNL และ Nested logit model

ที่มา: คัดแปลงจาก Papacostas and Prevedouros (2001)

รูปแบบทั่วไปของแบบจำลองโลจิต ดังแสดงในสมการต่อไปนี้ (Banks, 2004)

$$P_m = \frac{e^{U_m}}{\sum_{m'} e^{U_{m'}}} \tag{3.27}$$

โดยที่  $P_m$  = ความน่าจะเป็นที่รูปแบบการเดินทาง  $m$  จะถูกเลือก  
 $U_m$  = อรรถประโยชน์ที่ได้รับจากการเลือกรูปแบบการเดินทาง  $m$

$m'$  = จำนวนประเภทของรูปแบบการเดินทางทั้งหมดในกลุ่มของตัวเลือก

จากสมการ (3.27) จะเห็นได้ว่าสิ่งที่มีความสำคัญในแบบจำลองโลจิทก็คืออรรถประโยชน์ อรรถประโยชน์ (Utility,  $U_m$ ) คือ ความพึงพอใจที่ได้รับจากการที่รูปแบบการเดินทางที่ถูกเลือก สามารถสร้างความพึงพอใจให้เกิดขึ้นกับบุคคลที่เลือก ซึ่งสามารถเขียนในรูปของสมการหรือ ฟังก์ชันอรรถประโยชน์ได้ดังนี้

$$U_m = \beta_m + \sum_j \beta_j x_{mj} + \varepsilon \tag{3.28}$$

- โดยที่  $\beta_m$  = ค่าพารามิเตอร์เฉพาะหรือค่าคงที่ของรูปแบบการเดินทาง  $m$   
 $\beta_j$  = ค่าสัมประสิทธิ์ของลักษณะการเดินทางที่มีอิทธิพลต่ออรรถประโยชน์  $x_{mj}$   
 $x_{mj}$  = ชุดของลักษณะการเดินทางของรูปแบบการเดินทาง  $m$  เช่น เวลา และ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นต้น  
 $\varepsilon$  = ส่วนที่ไม่สามารถอธิบายได้ (Random component)

**ตัวอย่างที่ 3.4** การวิเคราะห์ส่วนแบ่งทางการตลาดในการเลือกประเภทการขนส่งของพื้นที่หนึ่ง มีกลุ่มเป้าหมาย 500 คน จากการสำรวจข้อมูล จากการเปรียบเทียบแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง สามารถสร้างสมการอรรถประโยชน์สำหรับตลาดกลุ่มนี้ได้ดังนี้

$$U = \beta_m - 0.30C - 0.02T$$

กำหนดให้  $C$  คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (บาท)  $T$  คือ เวลาในการเดินทาง (นาที) และ  $\beta_m$  สำหรับ รถโดยสารประจำทาง (BUS) ระบบขนส่งรูปแบบราง (RL) และรถยนต์ (PC) มีค่าเท่ากับ 0.00 0.40 และ 2.00 ตามลำดับ โดยมีค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทางของการเดินทางแต่ละประเภท ดังนี้

	ค่าใช้จ่าย (บาท)	เวลาในการเดินทาง (นาที)
BUS	1.00	30
RL	1.50	20
PC	2.50	15



จากข้อมูลดังกล่าว จงหาจำนวนการเดินทางของแต่ละประเภทการเดินทางของตลาดกลุ่มนี้ (Banks, 2004)

จากสมการอรรถประโยชน์ สามารถคำนวณค่าอรรถประโยชน์ของแต่ละประเภทการเดินทางได้ดังนี้

$$U_{BUS} = 0.00 - 0.30(1.00) - 0.02(30) = -0.90$$

$$U_{RL} = 0.40 - 0.30(1.50) - 0.02(20) = -0.45$$

$$U_{PC} = 2.00 - 0.30(2.50) - 0.02(15) = 0.95$$

คำนวณค่าความน่าจะเป็นของรูปแบบการเดินทางแต่ละประเภทจากแบบจำลองโลจิต ซึ่งในที่นี้จัดอยู่ในประเภท Multinomial logit model ได้ดังนี้

$$P_{BUS} = \frac{e^{-0.90}}{e^{-0.90} + e^{-0.45} + e^{0.95}} = \frac{0.406}{0.406 + 0.638 + 2.586} = 0.112$$

$$P_{RL} = \frac{e^{-0.45}}{e^{-0.90} + e^{-0.45} + e^{0.95}} = \frac{0.638}{0.406 + 0.638 + 2.586} = 0.176$$

$$P_{PC} = \frac{e^{0.95}}{e^{-0.90} + e^{-0.45} + e^{0.95}} = \frac{2.586}{0.406 + 0.638 + 2.586} = 0.712$$

คำนวณจำนวนการเดินทางหรือจำนวนคนที่เลือกเดินทางในแต่ละประเภทการเดินทาง

$$T_{BUS} = 0.112 \times 500 = 56 \text{ คน เดินทางด้วยรถโดยสารประจำทาง}$$

$$T_{RL} = 0.176 \times 500 = 88 \text{ คน เดินทางด้วยระบบขนส่งรูปแบบราง}$$

$$T_{PC} = 0.712 \times 500 = 356 \text{ คน เดินทางด้วยรถยนต์}$$

ตรวจสอบความถูกต้องจากผลรวมของจำนวนผู้เดินทางแต่ละประเภทได้  $56+88+356 = 500$  การคำนวณถูกต้อง

ตัวอย่างที่ 3.5 การประยุกต์แบบจำลองการเลือกประเภทการขนส่งประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

จากการเปรียบเทียบแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทางของเมืองเมืองหนึ่ง ได้สมการอรรถประโยชน์ของแต่ละประเภทการเดินทาง ดังนี้

$$U_{DL} = 2.20 - 0.20TC_{DL} - 0.03TT_{DL}$$

$$U_{SR} = 0.80 - 0.20TC_{SR} - 0.03TT_{SR}$$

$$U_B = -0.20TC_B - 0.01TT_B$$

กำหนดให้  $TC$  คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (บาท)  $TT$  คือ เวลาในการเดินทาง (นาที)  $DL$  คือ การขับรถคนเดียว  $SR$  คือ การเดินทางร่วมกัน และ  $B$  คือ รถโดยสารประจำทาง กำหนดให้ระหว่างย่านที่พักอาศัยและย่านธุรกิจมีคนที่ต้องเดินทางไปทำงานในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนเช้าทุกวันเป็นจำนวน 4,000 คน การเดินทางมีค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทางของการเดินทางแต่ละประเภทดังนี้

	ค่าใช้จ่าย (บาท)	เวลาในการเดินทาง (นาที)
$DL$	4.00	20
$B$	0.50	25

กำหนดให้ผู้เดินทางประเภท  $SR$  จะมีคนเดินทางในรถ 2 คนเสมอ รับผิดชอบค่าใช้จ่ายเท่าๆ กัน จากข้อมูลดังกล่าว จงคำนวณหาผู้เดินทางในแต่ละประเภทการขนส่ง (Manning and Kilareski, 1990 อ้างถึงใน วิโรจน์ ฐโงปการ, 2544)

เริ่มต้นการวิเคราะห์ด้วยการกำหนดรูปแบบทั่วไปของแบบจำลอง

$$P_{mk} = \frac{e^{U_{mk}}}{\sum_s e^{U_{sk}}}$$

จากนั้นคำนวณค่าอรรถประโยชน์ของรูปแบบการเดินทางแต่ละประเภท

$$\begin{aligned}
 U_{DL} &= 2.20 - 0.20(4.00) - 0.03(20) = 0.80 \\
 U_{SR} &= 0.80 - 0.20(2.00) - 0.03(20) = -0.20 \\
 U_B &= -0.20(0.50) - 0.01(25) = -0.35
 \end{aligned}$$

แทนค่าอรรถประโยชน์ลงในสมการทั่วไปเพื่อหาค่าความน่าจะเป็น จะได้

$$\begin{aligned}
 P_{DL} &= \frac{e^{0.80}}{e^{0.80} + e^{-0.20} + e^{-0.35}} = \frac{2.226}{2.226 + 0.819 + 0.705} = 0.594 \\
 P_{SR} &= \frac{e^{-0.20}}{e^{0.80} + e^{-0.20} + e^{-0.35}} = \frac{0.819}{2.226 + 0.819 + 0.705} = 0.218 \\
 P_B &= \frac{e^{-0.35}}{e^{0.80} + e^{-0.20} + e^{-0.35}} = \frac{0.705}{2.226 + 0.819 + 0.705} = 0.188
 \end{aligned}$$

คำนวณจำนวนการเดินทางหรือจำนวนคนที่เลือกเดินทางในแต่ละประเภทการเดินทาง

$$\begin{aligned}
 T_{DL} &= 0.594 \times 4,000 = 2,380 \text{ คน เดินทางโดย } DL \\
 T_{SR} &= 0.218 \times 4,000 = 870 \text{ คน เดินทาง } SR
 \end{aligned}$$

$$T_B = 0.188 \times 4,000 = 750 \text{ คน เดินทางโดย } B$$

**ตัวอย่างที่ 3.6** จากตัวอย่างที่ 3.5 ผู้บริหารระบบรถโดยสารประจำทางมีความพยายามที่จะเพิ่มจำนวนผู้ใช้บริการให้เพิ่มมากขึ้น จึงกำหนดนโยบายร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขปัญหาจราจรโดยจัดให้มีช่องทางเฉพาะสำหรับรถโดยสารประจำทาง (Bus only lane) ขึ้น ทำให้สามารถลดเวลาในการเดินทางลงเหลือ 10 นาที (Mannering and Kilareski, 1990 อ้างถึงใน วิโรจน์รุโงปการ, 2544)

1. ให้คำนวณสัดส่วนการเลือกประเภทการเดินทางภายหลังการประกาศใช้ช่องทางเฉพาะสำหรับรถโดยสารประจำทาง
2. ถ้ากำหนดให้การเดินทางแบบ SR สามารถใช้ช่องทางเฉพาะนี้ได้ด้วย จะทำให้เวลาในการเดินทางของทั้ง B และ SR เป็น 10 นาที เท่ากัน จงคำนวณสัดส่วนการเลือกประเภทการขนส่งในกรณีดังกล่าวนี้
3. จากข้อที่ 2 ถ้ามีการกำหนดนโยบายเพิ่มเติมไม่เก็บค่าโดยสารรถโดยสารประจำทาง จงคำนวณสัดส่วนการเลือกประเภทการเดินทางในกรณีดังกล่าวนี้

**ตรวจสอบกรณีที่ 1** คำนวณค่าอรรถประโยชน์โดยอ้างอิงจากตัวอย่างที่ 3.5

$$\begin{aligned} U_{DL} &= 2.20 - 0.20(4.00) - 0.03(20) = 0.80 \text{ คงเดิม} \\ U_{SR} &= 0.80 - 0.20(2.00) - 0.03(20) = -0.20 \text{ คงเดิม} \\ U_B &= -0.20(0.50) - 0.01(10) = -0.20 \end{aligned}$$

แทนค่าอรรถประโยชน์ลงในสมการทั่วไปเพื่อหาค่าความน่าจะเป็น จะได้

$$\begin{aligned} P_{DL} &= \frac{e^{0.80}}{e^{0.80} + e^{-0.20} + e^{-0.20}} = \frac{2.226}{2.226 + 0.819 + 0.819} = 0.576 \\ P_{SR} &= \frac{e^{-0.20}}{e^{0.80} + e^{-0.20} + e^{-0.20}} = \frac{0.819}{2.226 + 0.819 + 0.819} = 0.212 \\ P_B &= \frac{e^{-0.20}}{e^{0.80} + e^{-0.20} + e^{-0.20}} = \frac{0.819}{2.226 + 0.819 + 0.819} = 0.212 \end{aligned}$$

คำนวณสัดส่วนการเลือกประเภทการเดินทาง

$$\begin{aligned} T_{DL} &= 0.576 \times 4,000 = 2,304 \text{ คน เดินทางโดย } DL \\ T_{SR} &= 0.212 \times 4,000 = 848 \text{ คน เดินทางโดย } SR \\ T_B &= 0.212 \times 4,000 = 848 \text{ คน เดินทางโดย } B \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์พบว่าถ้าดำเนินตามนโยบายในข้อที่ 1 จะมีผู้เลือกเดินทางด้วยรถโดยสารประจำทางเพิ่มขึ้นจากเดิม 98 คน

**ตรวจสอบกรณีที่ 2** จำนวนค่าอรรถประโยชน์โดยอ้างอิงจากกรณีที่ 1

$$\begin{aligned} U_{DL} &= 2.20 - 0.20(4.00) - 0.03(20) = 0.80 \text{ คงเดิม} \\ U_{SR} &= 0.80 - 0.20(2.00) - 0.03(10) = 0.10 \\ U_B &= -0.20(0.50) - 0.01(10) = -0.20 \text{ คงเดิม} \end{aligned}$$

แทนค่าอรรถประโยชน์ลงในสมการทั่วไปเพื่อหาค่าความน่าจะเป็น จะได้

$$\begin{aligned} P_{DL} &= \frac{e^{0.80}}{e^{0.80} + e^{0.10} + e^{-0.20}} = \frac{2.226}{2.226 + 1.105 + 0.819} = 0.536 \\ P_{SR} &= \frac{e^{0.10}}{e^{0.80} + e^{0.10} + e^{-0.20}} = \frac{1.105}{2.226 + 1.105 + 0.819} = 0.266 \\ P_B &= \frac{e^{-0.20}}{e^{0.80} + e^{0.10} + e^{-0.20}} = \frac{0.819}{2.226 + 1.105 + 0.819} = 0.197 \end{aligned}$$

คำนวณสัดส่วนการเลือกประเภทการเดินทาง

$$\begin{aligned} T_{DL} &= 0.536 \times 4,000 = 2,144 \text{ คน เดินทางโดย DL} \\ T_{SR} &= 0.266 \times 4,000 = 1,064 \text{ คน เดินทางโดย SR} \\ T_B &= 0.197 \times 4,000 = 788 \text{ คน เดินทางโดย B} \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์พบว่าถ้าดำเนินตามนโยบายในข้อที่ 2 จะมีผู้เลือกเดินทางด้วยรถโดยสารประจำทางลดลง 60 คน เมื่อเทียบกับกรณีที่ 1

**ตรวจสอบกรณีที่ 3** จำนวนค่าอรรถประโยชน์โดยอ้างอิงจากกรณีที่ 2

$$\begin{aligned} U_{DL} &= 2.20 - 0.20(4.00) - 0.03(20) = 0.80 \text{ คงเดิม} \\ U_{SR} &= 0.80 - 0.20(2.00) - 0.03(10) = 0.10 \text{ คงเดิม} \\ U_B &= -0.20(0.00) - 0.01(10) = -0.10 \end{aligned}$$

แทนค่าอรรถประโยชน์ลงในสมการทั่วไปเพื่อหาค่าความน่าจะเป็น จะได้

$$\begin{aligned} P_{DL} &= \frac{e^{0.80}}{e^{0.80} + e^{0.10} + e^{-0.10}} = \frac{2.226}{2.226 + 1.105 + 0.905} = 0.525 \\ P_{SR} &= \frac{e^{0.10}}{e^{0.80} + e^{0.10} + e^{-0.10}} = \frac{1.105}{2.226 + 1.105 + 0.905} = 0.261 \\ P_B &= \frac{e^{-0.10}}{e^{0.80} + e^{0.10} + e^{-0.10}} = \frac{0.905}{2.226 + 1.105 + 0.905} = 0.214 \end{aligned}$$

คำนวณสัดส่วนการเลือกประเภทการเดินทาง

$$T_{DL} = 0.525 \times 4,000 = 2,100 \text{ คน เดินทางโดย DL}$$

$$T_{SR} = 0.261 \times 4,000 = 1,044 \text{ คน เดินทางโดย SR}$$

$$T_B = 0.214 \times 4,000 = 856 \text{ คน เดินทางโดย B}$$

จากการวิเคราะห์พบว่าถ้าดำเนินตามนโยบายในข้อที่ 3 จะมีผู้เลือกเดินทางด้วยรถโดยสารประจำทางเพิ่มขึ้น 68 คน เมื่อเทียบกับกรณีที่ 2

### 3.7. แบบจำลองการแจกแจงการเดินทาง

ขั้นตอนสุดท้ายของแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนก็คือ การแจกแจงการเดินทางของแต่ละประเภทการเดินทางไปยังเส้นทางจริงที่เชื่อมโยงระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทางแต่ละคู่ในโครงข่ายระบบขนส่งของการเดินทางแต่ละประเภท การแจกแจงการเดินทางในโครงข่ายการขนส่งขนาดเล็กอาจทำได้โดยใช้บุคคลเป็นผู้ดำเนินการ อย่างไรก็ตาม ในความเป็นจริงพบว่าโครงข่ายการขนส่งของเมืองมีความซับซ้อนเกินที่มนุษย์จะสามารถวิเคราะห์ได้ในเวลาที่จำกัด ในทางปฏิบัติจึงมักทำการวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทางโดยใช้โปรแกรมประมวลผลเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ (Computer-based analysis)

การวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมประมวลผลมักอ้างอิงหลักการจุดสมดุลของผู้เดินทาง (User equilibrium) หลักการนี้ ผู้เดินทางจะไม่สามารถปรับการเดินทางโดยเลือกเส้นทางใหม่ที่มีปัจจัยต้านทานการเดินทางน้อยกว่าเส้นทางที่ได้เลือกไปแล้วได้ การเลือกเส้นทางจึงตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า ผู้เดินทางแต่ละคนได้เลือกเส้นทางที่ดีที่สุด (ตามที่รับรู้ข้อมูล) ที่มีค่าใช้จ่ายหรือเวลาในการเดินทางน้อยที่สุดหรือเหมาะสมที่สุดแล้ว หลักการจุดสมดุลนี้จะตรงข้ามกับการวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทางโดยหลักการระบบที่เหมาะสม (System optimization) ซึ่งมีสมมติฐานว่าผู้ใช้ระบบขนส่งจะถูกแจกแจงไปในเส้นทางที่มีปัจจัยต้านทานการเดินทาง อาทิ เวลา หรือค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ฯลฯ ที่น้อยที่สุดซึ่งได้จากการวิเคราะห์โครงข่ายการขนส่งทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา จากสมมติฐานการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันตามที่กล่าวมาแล้ว เส้นทางที่ถูกแจกแจงด้วยวิธีจุดสมดุลจึงอาจไม่ใช่เส้นทางเดียวกันกับเส้นทางที่ถูกแจกแจงด้วยวิธีระบบที่เหมาะสม นั่นคือ เส้นทางที่ถูกแจกแจงด้วยวิธีจุดสมดุล จึงอาจไม่ใช่เส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่ต่ำที่สุดก็ได้ การกำหนดวิธีการที่ชัดเจนในการวิเคราะห์ จึงมีความสำคัญต่อการดำเนินการในภาพรวม เนื่องจากวิธีจุดสมดุลนั้น เป็นเทคนิคที่มีความซับซ้อนและมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าวิธีระบบที่เหมาะสม

ในลำดับต่อไป จะนำเสนอเนื้อหาเกี่ยวกับเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทางโดยสังเขป โดยเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่ การแจกแจงด้วยวิธีทั้งหมดหรือไม่มี

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

### 3.7.1. การแจกแจงด้วยวิธีทั้งหมดหรือไม่มี

การแจกแจงด้วยวิธีทั้งหมดหรือไม่มี (All-or-nothing assignment) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งได้ว่า Minimum path assignment เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ไม่พิจารณาผลกระทบจากสภาพการจราจรติดขัด ไม่คำนึงว่าการเพิ่มปริมาณจราจรลงไปในโครงข่าย จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาในการเดินทางที่จะเพิ่มขึ้น ผู้ขับขี่ยังคงใช้เส้นทางเดิมที่พิจารณาแล้วว่าทำให้การเดินทางสั้นที่สุด เสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดในการเดินทางระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทางแต่ละคู่ และจะยังคงยึดหลักการนี้ตลอดการวิเคราะห์แม้จะมีปริมาณจราจรเพิ่มขึ้นก็ตาม (อ้างถึงใน วิโรจน์ ฐโฆปกรณ์, 2544) วิธีการนี้จึงอาจเหมาะสมสำหรับโครงข่ายการขนส่งที่มีสภาพการจราจรไม่ติดขัด หรือเส้นทางที่มีให้เลือกในการเดินทางมีความแตกต่างกันมาก ซึ่งสภาพการณ์เช่นนี้จะพบได้ในเส้นทางระหว่างเมืองในต่างจังหวัด

ข้อมูลที่จะเป็นสำหรับการวิเคราะห์ด้วยวิธีทั้งหมดหรือไม่มี ได้แก่

1. ปริมาณจราจรจากการสำรวจตามจุดต่างๆ บนโครงข่ายการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง บนเส้นแบ่งพื้นที่ (Cordon lines)
2. ตารางการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยและภายในพื้นที่ย่อย
3. ค่าใช้จ่ายในการเดินทางภายใต้สภาพการไหลอย่างอิสระ ( $t_{ff}$ , Free-flow travel time) บนแต่ละช่วงของเส้นทาง (Link) ระหว่างพื้นที่ย่อย และภายในพื้นที่ย่อย
4. กราฟความเร็ว-อัตราการไหลของช่วงทางแต่ละช่วง เวลา-อัตราการไหล หรือ เวลา-ปริมาณจราจร

กระบวนการปรับเทียบด้วยวิธีทั้งหมดหรือไม่มี มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. สร้างเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างพื้นที่ย่อยแต่ละคู่จากแต่ละช่วงทางบนโครงข่ายการขนส่ง โดยตรวจสอบจากค่าใช้จ่ายภายใต้สภาพการไหลอย่างอิสระของแต่ละช่วงทาง
2. แจกแจงปริมาณการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อยจากตารางการเดินทางลงบนเส้นทางที่สั้นที่สุดที่คำนวณได้
3. ปรับเวลาบนแต่ละช่วงทางใหม่ ( $t_u$ ) หน่วยเป็นนาที จากกราฟเวลา-อัตราการไหล หรือ กราฟเวลา-ปริมาณจราจร หรือจากสมการ

$$t_u = t_{ff} \times f(v) \quad (3.29)$$

โดยที่  $t_{ff}$  = ระยะเวลาหรือค่าใช้จ่ายในการเดินทางบนช่วงเส้นทางภายใต้สภาพการไหลอิสระ (นาที หรือ บาท)

$$f(v) = [1 + 0.15(V/C)^4]$$

$V$  = ปริมาณจราจร (คันต่อชั่วโมง)

$C$  = ความจุบนช่วงเส้นทาง (คันต่อชั่วโมง)

4. สร้างเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างแต่ละคู่พื้นที่ย่อยใหม่ เนื่องจากค่าใช้จ่ายบนแต่ละช่วงเส้นทางเปลี่ยนจาก  $t_{ff}$  เป็น  $t_u$
5. คำนวณค่าใช้จ่ายระหว่างคู่พื้นที่ย่อยใหม่จากข้อมูลที่ได้ในข้อ 4 เพื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างกับเส้นทางที่มีปริมาณจราจรแจกลงไปแล้ว กล่าวคือ เปรียบเทียบว่าเส้นทางที่มีปริมาณจราจรเดินทางในข้อที่ 2 กับเส้นทางในข้อที่ 4 แตกต่างกันอย่างไร ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงความสมดุลของโครงข่ายและสะท้อนความคลาดเคลื่อนในการแจกแจง
6. คำนวณผลรวมปริมาณจราจร-เวลาของทุกช่วงเส้นทาง ( $\delta_1$ ) หน่วยเป็น คัน-นาที

$$\delta_1 = \sum_l V_l t_u^l \quad (3.30)$$

โดยที่  $V_l$  = ปริมาณจราจรบนช่วงเส้นทาง  $l$  (คัน)

$t_u^l$  = เวลาหรือค่าใช้จ่ายที่ปรับแล้วบนช่วงเส้นทาง  $l$  (นาที หรือ บาท)

$V$  = ปริมาณจราจร (คันต่อชั่วโมง)

$C$  = ความจุบนช่วงเส้นทาง (คันต่อชั่วโมง)

7. คำนวณผลรวมปริมาณจราจร-เวลาของทุกคู่พื้นที่ ( $\delta_2$ ) หน่วยเป็น คัน-นาที

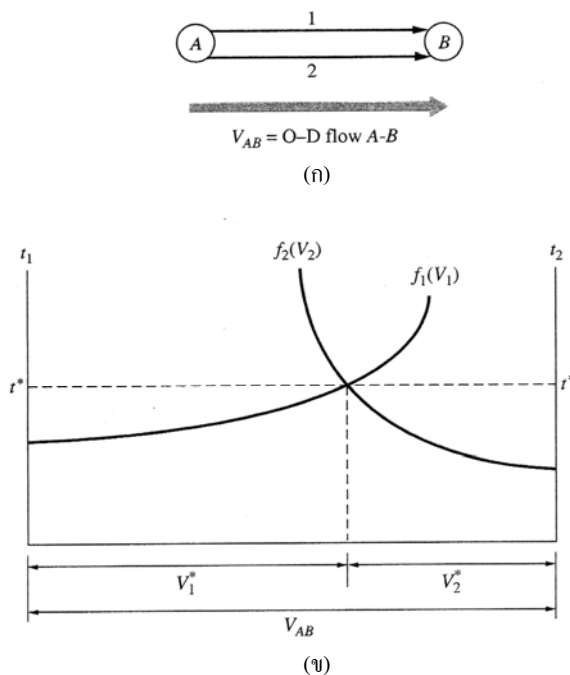
$$\delta_2 = \sum_i \sum_j T_{ij} t_{ij} \quad (3.31)$$

โดยที่  $T_{ij}$  = ปริมาณจราจรจากพื้นที่  $i$  ไปพื้นที่  $j$  (คัน)

$t_{ij}$  = ระยะเวลาหรือค่าใช้จ่ายในการเดินทางบนเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างพื้นที่  $i$  และพื้นที่  $j$  (นาที หรือ บาท)

3.7.2. การแจกแจงด้วยวิธีจุดสมดุล

การแจกแจงด้วยวิธีจุดสมดุล (Equilibrium assignment) มีสมมติฐานว่า เมื่อปัจจัยการเดินทางอื่นๆ คงที่ ค่าใช้จ่ายในการใช้เส้นทางจะขึ้นอยู่กับปริมาณจราจรที่ใช้เส้นทางนั้น ดังนั้น ยิ่งถนนเส้นดังกล่าวมีความหนาแน่นของการจราจรมากเท่าใด ค่าใช้จ่ายหรือเวลาที่ใช้ในการเดินทางบนถนนเส้นดังกล่าวก็จะยิ่งเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ซึ่งเป็นภาวะที่ไม่เอื้ออำนวยให้ผู้เดินทางเปลี่ยนมาใช้เส้นทางดังกล่าว จากสมมติฐานดังกล่าว การวิเคราะห์ตามหลักการของวิธีจุดสมดุลก็คือ การพิจารณาปริมาณการเดินทาง และค่าใช้จ่ายหรือเวลาที่ใช้ในการเดินทาง พร้อมกัน เพื่อนำไปสู่จุดสมดุลของการเลือกใช้เส้นทางที่พิจารณา



รูปที่ 3.10 การแจกแจงด้วยวิธีจุดสมดุล

ที่มา: คัดแปลงจาก Meyer and Miller (2001)

จากรูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างของหลักการการแจกแจงด้วยวิธีจุดสมดุลอย่างง่ายระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทางคู่หนึ่งที่มีทางเลือกในการเดินทางระหว่างกัน 2 แนวทาง (Paths) โดยแต่ละแนวทางประกอบด้วย 1 เส้นทาง (Link) แต่ละเส้นทางจะมีฟังก์ชันปริมาณจราจร-ความล่าช้า (Volume-delay function) อยู่ในรูปของ  $t_i = f(V_i)$  ซึ่งเป็นการประมาณเวลาเฉลี่ยในการเดินทางบนเส้นทางใดๆ  $i$  จากปริมาณจราจรหรือระดับของความแออัดของการจราจรบนเส้นทางนั้น จากรูปที่ 3.10 (ก) จะได้  $t_1 = f(V_1)$  และ  $t_2 = f(V_2)$  คือ ฟังก์ชันปริมาณจราจร-ความล่าช้าของเส้นทาง 1 และ 2 ตามลำดับ ถ้านำฟังก์ชันปริมาณจราจร-ความล่าช้าของเส้นทาง 1 และ 2 ( $t_1 = f(V_1)$  และ  $t_2 = f(V_2)$ ) มาแสดงในแผนภูมิเดียวกันดังแสดงในรูป 3.10 (ข) จะพบว่าแกนนอนของแผนภูมิที่



คือค่าที่เป็นไปได้ของการแจกแจงปริมาณจราจรทั้งหมด ( $V_{AB}$ ) ไปยังเส้นทาง 1 และ 2 นั่นเอง ถ้าให้ปริมาณจราจรบนเส้นทาง 1 และ 2 เท่ากับ  $V_1$  และ  $V_2$  ตามลำดับ จะได้  $V_{AB} = V_1 + V_2$  ดังนั้น ที่จุดสมดุลของปริมาณจราจรบนเส้นทาง 1 และ 2 จะได้ชุดของปริมาณจราจรบนเส้นทางทั้งสอง ( $V_1^*, V_2^*$ ) ที่มีค่าต่างกันไป โดยที่จุดสมดุลของปริมาณจราจรบนเส้นทางทั้งสองนี้ คือจุดที่ใช้เวลาในการเดินทางหรือมีค่าใช้จ่ายในการเดินทางบนทั้งสองเส้นทางที่เท่ากัน

### 3.7.3. การแจกแจงด้วยหลักความน่าจะเป็น

การแจกแจงการเดินทางด้วยวิธีจุดสมดุล เป็นการวิเคราะห์ในลักษณะที่เป็น Deterministic user equilibrium (DUE) โดยมีสมมติฐานว่า ผู้เดินทางเลือกเส้นทางในการเดินทางโดยมีข้อมูลพื้นฐานประกอบการตัดสินใจที่สมบูรณ์ ซึ่งจะทำให้ผู้เดินทางสามารถตัดสินใจเลือกเส้นทางได้อย่างถูกต้องทุกครั้ง ผลที่ตามมาจากการเลือกเส้นทางโดยใช้สมมติฐานนี้ก็คือ จะไม่มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นในการเลือกเส้นทาง แต่ในความเป็นจริง ผู้เดินทางไม่สามารถที่จะมีข้อมูลที่สมบูรณ์ประกอบการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางได้ จึงทำให้มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้น

จากข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นดังกล่าวข้างต้น จึงได้มีการนำหลักการของความน่าจะเป็น (Stochastic approaches) มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทางโดยมีสมมติฐานว่า ผู้เดินทางจะรับรู้ข้อมูลว่า เส้นทางการขนส่ง (โดยมากได้แก่ ถนน) ทุกเส้นทางที่เชื่อมโยงระหว่างจุดต้นทาง-ปลายทางนั้น มีเวลาในการเดินทางที่เท่ากัน หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ มีความน่าดึงดูดให้เข้ามาใช้เท่าๆ กัน ด้วยเหตุนี้ ทุกเส้นทางจึงมีโอกาสที่จะถูกเลือกโดยผู้เดินทางอย่างเท่าเทียมกัน วิธีการนี้จะคำนึงถึงการรับรู้ ประสบการณ์ และความพึงพอใจของผู้เดินทางในการพิจารณาเลือกเส้นทางที่แตกต่างกันไปของผู้เดินทางแต่ละคน ซึ่งจะต่างวิธีจุดสมดุลที่มีสมมติฐานว่าผู้เดินทางแต่ละคนนั้น พิจารณาปัจจัยในการเลือกเส้นทางเหมือนๆ กัน

อย่างไรก็ดี วิธีการนี้ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานเมื่อเทียบกับวิธีจุดสมดุล ทั้งนี้เนื่องจากยังขาดโปรแกรมประมวลผลที่สามารถใช้งานได้ ในราคาที่เหมาะสม และที่สำคัญ วิธีการดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ทฤษฎีและหลักการรองรับที่มีความซับซ้อน ด้วยเหตุนี้ในปัจจุบันจึงอาจยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติ

### 3.7.4. การแจกแจงแบบจล

ทั้งการแจกแจงการเดินทางแบบสมดุลและการแจกแจงด้วยหลักความน่าจะเป็นนั้น เป็นการวิเคราะห์แบบคงที่ (Static) โดยพิจารณาว่าปริมาณจราจรนั้นไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา หรือเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณจราจรที่แปรผันไปตามสภาพการเดินทางที่เกิดขึ้นจริง นอกจากนี้ สมมติฐานของการวิเคราะห์แบบคงที่ยังไม่สะท้อนสภาพความเป็นจริงของการเลือกเส้นทางของผู้เดินทาง เนื่องจากในความเป็นจริงนั้น ผู้เดินทางจะสามารถเลือกเส้นทางในการเดินทาง ณ เวลา

หนึ่ง ได้เพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น ขณะที่การวิเคราะห์แบบคงที่จะพิจารณาแจกแจงผู้เดินทางลงไป  
ในโครงข่ายทุกเส้นทางพร้อมๆ กัน

สมมติฐานและหลักการวิเคราะห์แบบคงที่นี้ ได้รับการยอมรับและเป็นที่ยอมรับใช้ในการวางแผนการขนส่งมายาวนาน อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันเมื่อการขนส่งของเมืองมีความซับซ้อนเพิ่มขึ้นและเทคโนโลยีด้านการประมวลผลและการให้บริการข้อมูลข่าวสารด้านการขนส่งได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงทำให้การวิเคราะห์แบบคงที่นี้เริ่มไม่เพียงพอกับความต้องการในการวางแผนการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับระบบขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent transportation systems, ITS) ด้วยเหตุนี้ จึงเริ่มมีการนำหลักการวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทางแบบจล (Dynamic assignment) มาประยุกต์ในการวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง ซึ่งเป็นการนำข้อมูลปริมาณการจราจรในลักษณะทันเวลา (Real time) มาใช้ในการวิเคราะห์การแจกแจงการเดินทาง ซึ่งการวิเคราะห์ในลักษณะนี้จะทำให้ได้ข้อมูลปริมาณจราจรในแต่ละเส้นทาง มีลักษณะที่ปรับเปลี่ยนไปตามเวลา (Adaptive) และสะท้อนความเป็นจริงของสภาพการจราจรในขณะนั้น ซึ่งจะมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับระบบบริการข้อมูลแก่ผู้เดินทางในลักษณะทันเวลา (Real time traveler information systems) ซึ่งปัจจุบัน (พ.ศ. 2551) สำหรับประเทศไทย กำลังเป็นระบบที่ได้รับความสนใจและถูกพัฒนาเพื่อให้บริการแก่ผู้เดินทางในอนาคต

### 3.8. บทสรุป

การวิเคราะห์ความต้องการเดินทางด้วยแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอน (Four-step sequential models) เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ต่อเนื่องกันมายาวนานตั้งแต่เริ่มมีการพัฒนาเทคนิคดังกล่าวขึ้นเป็นครั้งแรกในช่วงทศวรรษ 1950 และ 1960 จนถึงปัจจุบัน (ค.ศ. 2008 หรือ พ.ศ. 2551) เทคนิคดังกล่าวก็ยังคงเป็นที่นิยม ทั้งนี้เป็นเพราะความสะดวกในการสำรวจข้อมูล การสร้างเครื่องมือสำรวจข้อมูล และความสะดวกในการจัดหาเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการประมวลผล เนื่องจากในปัจจุบัน ได้มีผู้ประดิษฐ์โปรแกรมประมวลผลสำหรับวิเคราะห์แบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนขึ้นมามากมาย ซึ่งล้วนได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายและง่ายต่อการใช้งาน อาทิ TRANSIM และ TRIPS เป็นต้น เนื้อหาที่นำเสนอในบทนี้ คงจะเป็นพื้นฐานสำหรับผู้อ่านในการวางแผนการขนส่ง การวิเคราะห์ความต้องการเดินทาง และการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

#### คำถามท้ายบท

1. การวิเคราะห์ความต้องการเดินทางคืออะไร มีหลักการอย่างไร จงอธิบาย
2. จงอธิบายความหมายและหลักการของแบบจำลองต่อเนื่อง 4 ขั้นตอนโดยละเอียด
3. แบบจำลองการเกิดการเดินทางต่อไปนี้ ถูกนำมาใช้สำหรับการวางแผนของเมืองๆ หนึ่ง รูปแบบของแบบจำลองดังกล่าว คือ

$$P_i = 9.10 - 1.65(HH_i) + 0.095(AO_i) - 24.3(ADULT_i) + 0.23(CHILD_i)$$

- โดยที่  $P_i$  = จำนวนการเดินทางที่ถูกสร้างขึ้นต่อครัวเรือน  $i$   
 $HH_i$  = จำนวนสมาชิกในครัวเรือน  $i$   
 $AO_i$  = จำนวนรถยนต์ในครัวเรือน  $i$   
 $ADULT_i$  = จำนวนคนวัยทำงานในครัวเรือน  $i$   
 $CHILD_i$  = จำนวนเด็กในครัวเรือน  $i$

จงวิจารณ์แบบจำลองดังกล่าวในแง่ของความเหมาะสมของขนาดและเครื่องหมายของค่าคงที่ และสัมประสิทธิ์ของตัวแปร ว่ามีความถูกต้องตามสมมติฐานการวิเคราะห์หรือไม่ (Meyer and Miller, 2001)

4. แบบจำลองการเกิดการเดินทางดังแสดงในสมการด้านล่างนี้ ได้ถูกปรับเทียบขึ้นมาสำหรับวิเคราะห์การดึงดูดการเดินทางของพื้นที่ย่อยในการวางแผนการขนส่งเขตเมือง

$$A = 3.47EMP + 59.24RFS + 235.42$$

โดย EMP คือ จำนวนการจ้างงานในพื้นที่ย่อย และ RFS คือ พื้นที่สำหรับใช้เป็นร้านขายปลีก มีหน่วยเป็น 1,000 ตารางฟุต จงใช้แบบจำลองนี้ประมาณค่าการดึงดูดการเดินทางสำหรับพื้นที่ย่อยที่มีข้อมูลดังต่อไปนี้ (Banks, 2004)

พื้นที่ย่อย	การจ้างงาน	พื้นที่ร้านขายปลีก (1,000 ตารางฟุต)
1	3,400	210
2	5,600	75
3	3,900	35
4	2,200	80

5. ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1 ได้จากการสำรวจข้อมูลการเดินทางในเขตพื้นที่พักอาศัยของเมืองๆ หนึ่ง จงประมาณจำนวนการเดินทางที่ถูกสร้างขึ้นจากพื้นที่นี้ ถ้ากำหนดให้ค่าคาดการณ์ของจำนวนครัวเรือนเป็นไปตามตารางที่ 2 (Meyer and Miller, 2001)

ตารางที่ 1 ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ

รายได้ครัวเรือน	ขนาดครัวเรือน = 1		ขนาดครัวเรือน = 2		ขนาดครัวเรือน = 3+	
	จำนวน ครัวเรือน	จำนวนการ เดินทาง	จำนวน ครัวเรือน	จำนวนการ เดินทาง	จำนวน ครัวเรือน	จำนวนการ เดินทาง
< 20,000	500	1,220	450	1,300	500	1,950
20,001-40,000	600	1,860	700	2,950	800	3,700
> 40,000	500	2,125	800	4,500	750	3,600

ตารางที่ 2 ค่าคาดการณ์จำนวนครัวเรือน

รายได้ครัวเรือน	ขนาดครัวเรือน		
	1	2	3+
< 20,000	35	69	47
20,001-40,000	50	83	29
> 40,000	71	23	16

6. กำหนดให้ฟังก์ชันของปัจจัยด้านการเดินทางอยู่ในรูปของสมการ  $F = C^{-\alpha}$  และข้อมูลจำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นของแต่ละพื้นที่ย่อยและปัจจัยด้านการเดินทางดังแสดงในตารางด้านล่าง จงใช้แบบจำลองความโน้มถ่วงประมาณค่าจำนวนการเดินทางที่ถูกดึงดูดมายังพื้นที่ย่อย 3 จากพื้นที่ย่อยอื่นๆ กำหนดให้  $\alpha = 2.10$  (Banks, 2004)

พื้นที่ย่อย	เวลาในการเดินทางมายัง พื้นที่ย่อย 1 (นาที)	การสร้างการเดินทาง	การดึงดูดการเดินทาง
1	15	10,000	30,000
2	30	20,000	10,000
3		40,000	20,000
4	10	30,000	40,000
5	20	60,000	30,000
6	30	50,000	80,000

7. การวิเคราะห์ส่วนแบ่งทางการตลาดในการเลือกประเภทการขนส่งของพื้นที่หนึ่ง มีกลุ่มเป้าหมาย 700 คน จากการสำรวจข้อมูล จากการเปรียบเทียบแบบจำลองการเลือกรูปแบบการเดินทาง สามารถสร้างสมการอรรถประโยชน์สำหรับตลาดกลุ่มนี้ได้ดังนี้

$$U = \beta_m - 0.35C - 0.015T$$

กำหนดให้  $C$  คือ ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (บาท)  $T$  คือ เวลาในการเดินทาง (นาที) และ  $\beta_m$  สำหรับรถโดยสารประจำทาง ( $BUS$ ) ระบบขนส่งรูปแบบราง ( $RL$ ) และรถยนต์ ( $PC$ ) มีค่าเท่ากับ 0.00 0.60 และ 1.80 ตามลำดับ โดยมีค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทางของการเดินทางแต่ละประเภทดังนี้

	ค่าใช้จ่าย (บาท)	เวลาในการเดินทาง (นาที)
$BUS$	1.50	25
$RL$	2.00	15
$PC$	2.80	10

จากข้อมูลดังกล่าว จงหาจำนวนการเดินทางของแต่ละประเภทการเดินทางของตลาดกลุ่มนี้ (Banks, 2004)

8. จงอธิบายความหมายและหลักการของแบบจำลองการแจกแจงการเดินทาง