บทที่ 2

แบบจำลองการกระจายของการเดินทาง

(Trip Distribution Model)

แบบจำลองการกระจายของการเดินทาง (Trip Distribution Model) เป็นแบบจำลองหนึ่งในแบบจำลองต่อเนื่อง (Sequencial Models) ซึ่งเป็นกลุ่มของแบบจำลองที่นิยมใช้ในการวางแผนการคมนาคมขนส่งในเมือง แบบจำลองต่อเนื่องจะประกอบไปด้วยแบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Model) แบบจำลองการกระจายของการเดินทาง (Trip Distribution Model) แบบจำลองแนวเส้นทางของการเดินทาง (Traffic Assignment Model) และแบบจำลองรูปแบบการเดินทาง (Modal Split Model)

การวิเคราะห์แบบจำลองการกระจายของการเดินทางเป็นการวิเคราะห์เพื่อที่จะจำลองปริมาณการเดินทางจากพื้นที่ (zone) หนึ่งไปยังพื้นที่ (zone) อื่นๆให้อยู่ในรูปของตัวแปรต่างๆ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะมีความสัมพันธ์อย่างมากต่อการกระจายของการเดินทางผลจากการจำลองจะทำให้ทราบถึงการกระจายของการเดินทางในพื้นที่ต่างๆในปัจจุบัน และเมื่อทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการกระจายของการเดินทางในอนาคต ก็จะทำให้ทราบถึงการกระจายของการเดินทางที่จะเกิดขึ้นในอนาคตซึ่งเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่จะช่วยแสดงให้เห็นถึงพฤติกรรมและสภาพการณ์การเดินทางในอนาคตอันจะทำให้เข้าใจถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

การสร้างแบบจำลองการกระจายของการเดินทางสามารถทำได้หลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีก็มีทฤษฎีพื้นฐานที่แตกต่างกันไป แต่โดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธีใหญ่ๆ คือ

1. แบบจำลองสัดส่วนการเจริญเติบโต (Growth Factor Method)
2. แบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง (Gravity Model)
3. แบบจำลองโอกาสของการเดินทาง (Intervening Opportunity Model)

การที่จะใช้วิธีการใดๆ ก็จะขึ้นอยู่กับข้อมูลที่สามารถหาได้ ระยะเวลาในการคาดคะเนระดับความถูกต้องแม่นยำที่ต้องการและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เป็นต้น ซึ่งในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละแบบจำลอง

2.1 แบบจำลองสัดส่วนการเจริญเติบโต (Growth Factor Method)

แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่ง่ายที่สุดของแบบจำลองการกระจายของการเดินทางโดยมีสมมุติฐานหลักที่ว่า "การกระจายของการเดินทางในอนาคตจะเท่ากับผลคูณระหว่างการกระจายของการเดินทางระหว่างพื้นที่ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันกับแฟกเตอร์ตัวหนึ่ง ซึ่งแฟกเตอร์นี้จะต้องสามารถสะท้อนถึงการเจริญเติบโตของพื้นที่นั้นๆ" การสร้างแบบจำลองการกระจายของการเดินทางโดยใช้สมมุติฐานนี้ยังสามารถแบ่งออกไปได้ 4 วิธีย่อยคือ

2.1.1 Uniform Growth Factor Method

การสร้างแบบจำลองลักษณะนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของแบบจำลองสัดส่วนการเพิ่ม (Growth Factor Method) โดยอาศัยสมมุติฐานที่ว่าการกระจายของการเดินทางที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจะเท่ากับ การกระจายของการเดินทางที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคูณด้วยสัดส่วนการเพิ่มเฉลี่ย (average growth factor) ของพื้นที่การศึกษา (Study Area) ทั้งหมด ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้คือ

$$T_{ij} = t_{ij} \times F(avg) \qquad (2.1)$$

โดยที่ T_{ij} = การเดินทางในอนาคตระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j

t_{ij} = การเดินทางในปัจจุบันระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j

$F(avg)$ = สัดส่วนของการเพิ่มเฉลี่ยของพื้นที่ที่ทำการศึกษาทั้งหมด (The average areawide growth factor)

ข้อจำกัดของวิธีการนี้ก็คือ สัดส่วนการเพิ่ม (areawide growth factor) ของแต่ละพื้นที่ (zone) ควรจะใกล้เคียงกัน เพื่อให้เกิดความแม่นยำในการคาดคะเน จากข้อจำกัดดังกล่าวนี้จึงมักไม่ค่อยนิยมใช้วิธีการนี้บ่อยนัก

2.1.2 Average Factor Method

เนื่องจากว่าการเจริญเติบโตของแต่ละพื้นที่มักจะมีความแตกต่างกันบางครั้งอาจจะใกล้เคียงกันแต่บางครั้งอาจจะห่างกันมาก ดังนั้นจึงเกิดวิธี average factor method ขึ้น วิธีการนี้ก็คล้ายคลึงกับวิธี uniform factor method แต่ต่างกันที่สัดส่วนการเพิ่ม (growth factor) ที่นำมาคูณกับการเดินทางระหว่างพื้นที่ในปัจจุบัน กล่าวคือ ค่าสัดส่วนการเพิ่มนี้จะได้มาจากสัดส่วนการเพิ่มเฉลี่ยระหว่างพื้นที่ทั้งสองที่กำลังจะหาการเดินทาง ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการคือ

$$T_{ij} = t_{ij} \times \frac{F_i + F_j}{2} \qquad (2.2)$$

โดยที่ F_i และ F_j คือสัดส่วนการเพิ่มของพื้นที่ i และ j ตามลำดับ

ข้อจำกัดของวิธีนี้คือ จำเป็นที่จะต้องรู้สัดส่วนการเพิ่ม (growth factor) ของแต่ละพื้นที่

2.1.3 Detroit Growth Factor Method

วิธีนี้ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งของแบบจำลองสัดส่วนการเพิ่ม ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการทำการศึกษาที่เมือง Detroit ความแตกต่างของวิธีนี้ก็เช่นเดียวกับวิธี average factor method คือต่างกันที่สัดส่วนการเพิ่ม (โดยวิธีนี้จะใช้ทั้งค่าสัดส่วนการ เพิ่มเฉลี่ยทั้งหมด และสัดส่วนการเพิ่มของแต่ละพื้นที่) ที่จะนำไปคูณกับการเดินทางระหว่างพื้นที่ในปัจจุบันดังแสดงข้างล่าง

$$T_{ij} = t_{ij} \times \frac{F_i \times F_j}{F(avg)} \qquad (2.3)$$

ข้อจำกัดของวิธีนี้ก็คือจะต้องทราบสัดส่วนการเพิ่มของแต่ละพื้นที่

2.1.4 Fratar Method

วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการคาดคะเนโดยใช้แบบจำลองสัดส่วนการเพิ่ม (Growth Factor Model) โดยมีสมมุติฐานที่ว่า "การเปลี่ยนแปลงของการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่จะแปรผันโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของการเดินทางที่จุดเริ่มต้นของพื้นที่ (origin zone)

และจุดปลายของพื้นที่ (destination zone)" วิธีการนี้เหมาะสมที่จะใช้กับพื้นที่ที่มากการใช้ประโยชน์ของที่ดินน้อย หรือบริเวณที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ และเหมาะสมกับการเดินทางประเภท การเดินทางระหว่างในและนอกพื้นที่ทำการศึกษา (external trips) หรือ การเดินทางผ่านพื้นที่ที่ทำการศึกษา (through trips)

ข้อมูลที่จำเป็นจะต้องทราบสำหรับวิธีนี้จะแตกต่างกับ 3 วิธีข้างต้น กล่าวคือ จำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลของตารางการเดินทาง (trip table) ซึ่งมีจำนวนการเดินทาง (trip end volume) ของพื้นที่ต่างๆ แสดงอยู่ นอกจากนี้ยังต้องทราบถึงสัดส่วนการเพิ่ม (growth factor) ของแต่ละคู่พื้นที่ ดังนั้นจะเห็นได้ว่าข้อมูลที่ต้องการจะมีความละเอียดมากกว่าวิธีการข้างต้นๆ ที่กล่าวมา

ขั้นตอนในการหาการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ (trip interchange) ของวิธีนี้ก็จะแตกต่างไปจากวิธีที่กล่าวมาแล้วคือ จะมีการวิเคราะห์เป็นแบบรอบๆ (iterate) ไป ซึ่งพอสรุปวิธีการได้คือ

1. จากตารางการเดินทาง (trip table) ซึ่งมีจำนวนการเดินทางของแต่ละพื้นที่ในปีปัจจุบันหรือปีฐาน (base year) สามารถที่จะหาจำนวนการเดินทางของแต่ละพื้นที่ในอนาคตได้โดยการเอาสัดส่วนการเจริญเติบโตของแต่ละคู่พื้นที่ (origin & destination) คูณเข้าไปก็จะได้จำนวนการเดินทางที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

ในรูปที่ 2.1 จะแสดงตัวอย่างของตารางการเดินทางขนาด 3 x 3

O \ D	1	2	3	TOTAL
1	1	4	2	7
2	6	2	3	11
3	4	1	2	7
TOTAL	11	7	7	25

O = origin
D = destination
1,4,2 = trip interchange
7,11,7 = trip end volume

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างตารางการเดินทาง

2. จากนั้นก็ทำการหาการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ (trip interchange) ภายในตารางการเดินทาง โดยใช้สมการ

$$T_{ij(k+1)} = (T_{ijk}\ F_{jk})F_{ik} \qquad (2.4)$$

เมื่อ

$$F_{jk} = \frac{T_j}{\sum_{i=1}^{n} T_{ijk}} \qquad (2.5)$$

$$F_{ik} = \frac{T_i}{\sum_{j=1}^{n} (T_{ijk}\ F_{jk})} \qquad (2.6)$$

โดยที่ T_{ijk} = จำนวนการเดินระหว่างพื้นที่ iและj สำหรับรอบที่ k

F_{jk} = สัดส่วนการเจริญเติบโตของพื้นที่ปลายทาง j

F_{ik} = สัดส่วนการเจริญเติบโตของพื้นที่ต้นทาง i

T_j = จำนวนการเดินทางทั้งหมดที่คาดว่าจะมีสำหรับพื้นที่ปลายทาง j

T_i = จำนวนการเดินทางทั้งหมดที่คาดว่าจะมีสำหรับพื้นที่ต้นทาง i

i = เลขประจำตัวของพื้นที่ต้นทาง (origin zone no.)

j = เลขประจำตัวของพื้นที่ปลายทาง

k = หมายเลขรอบ

3. จะคำนวณหาการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ไปเรื่อย ๆ จนกว่าผลรวมของการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ภายในตารางการเดินทาง เท่ากับจำนวนการเดินทางทั้งหมดของแต่ละพื้นที่ทั้งในแถว (row) และ สดมภ์ (column) ดังแสดงในรูป 2.2 ก 2.2 ข และ 2.2 ค

O D	1	2	3	TOTAL
1	1	4	2	7
2	6	2	3	11
3	4	1	2	7
TOTAL	11	7	7	25

รูป 2.2 ก แสดงตารางการเดินทางของปีฐาน

Zone	1	2	3
Origin Factor (F_i)	2.0	3.0	4.0
Destination Factor (F_j)	3.0	4.0	2.0

รูป 2.2 ข แสดงสัดส่วนการเจริญเติบโต

O D	1	2	3	TOTAL
1	x	x	x	14
2	x	x	x	33
3	x	x	x	28
TOTAL	33	28	14	

รูป 2.2 ค แสดงผลที่ต้องการจะได้

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการคำนวณการกระจายการเดินทาง โดยวิธี Fratar Method

X คือ การเดินทางระหว่างพื้นที่ที่จะต้องหา เพื่อให้ได้จำนวนผลรวมการเดินทางตามที่แสดงไว้ในช่องผลรวม

ข้อเสียของวิธี Fratar Method คือ จำเป็นที่จะต้องรู้สัดส่วนการเจริญเติบโตของแต่ละคู่พื้นที่ และจำเป็นที่จะต้องทราบจำนวนการเดินทางรวมของแต่ละพื้นที่ของปีฐาน จากวิธีการนี้ จะเห็นได้ว่าค่าสัดส่วนการเจริญเติบโตมีความสำคัญมาก ถ้าสัดส่วนการเจริญเติบโตตัวใดตัวหนึ่งผิดไปก็จะทำให้การเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ที่หามาได้ผิดไปทั้งหมด

2.1.5 <u>ข้อจำกัดของแบบจำลองสัดส่วนการเจริญเติบโต</u> (Limitation of Growth Factor Model)

ถึงแม้ว่าแบบจำลองสัดส่วนการเจริญเติบโตจะสามารถใช้กับงานการวางแผนการคมนาคมขนส่งได้พอสมควร แต่แบบจำลองนี้ยังมีข้อจำกัดอยู่มากซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ข้อใหญ่ๆ คือ

1. แบบจำลองนี้ไม่สามารถที่จะคาดคะเนการเดินทางระหว่างพื้นที่ได้ถ้าไม่มีการเดินทางระหว่างพื้นที่ของปีฐาน และถ้าการเดินทางของปีฐานเป็นศูนย์การเดินทางในอนาคตก็จะเป็นศูนย์ด้วย

2. ข้อเสียที่สำคัญมากของแบบจำลองลักษณะนี้ก็คือ มี sensitivity น้อยมาก กล่าวคือ ถ้ามีการปรับปรุงสิ่งอำนวยความสะดวกในการเดินทาง (Transportation Facilities) หรือมีการสร้างเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจะไม่มีผลกระทบการเดินทางที่จะเกิดขึ้นในอนาคตเลย ถ้าทำการคาดคะเนโดยใช้แบบจำลองสัดส่วนการเจริญเติบโต ซึ่งในสภาพความเป็นจริงแล้วการเปลี่ยนแปลงทางด้านสิ่งอำนวยความสะดวกในการเดินทางจะมีผลกระทบต่อการเดินทางไม่มากก็น้อย

2.2 แบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง (Gravity Model)

แบบจำลองแรงดึงดูดเป็นแบบจำลองที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการจำลองการกระจายของการเดินทาง แบบจำลองนี้เป็นการประยุกต์เอาทฤษฎีแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน (Newton's law of Gravity) ซึ่งได้คิดขึ้นในปี ค.ศ. 1686 มาใช้ โดยทฤษฎีนี้กล่าวไว้ว่า "The gravitational force which acts between two bodies in space was in-direct proportion to the mass of the two bodies and in inverse proportion to the square of the distance between the bodies" จากทฤษฎีนี้เองทำให้เกิดแนวความคิดในการนำเอาประยุกต์มาใช้ในการหาจำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ต่างๆ

แบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง (Gravity Model) นี้จะแตกต่างกับแบบจำลองที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด เนื่องจากว่าในแบบจำลองนี้จะมีส่วนวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงให้แบบจำลองมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น ดังนั้นในแบบจำลองนี้จึงประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆคือ

1. ทฤษฎีของแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง (Gravity Model Theory)

2. การวิเคราะห์เพื่อการปรับแก้แบบจำลอง (Gravity Model Calobration)

2.2.1 ทฤษฎีของแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง (Gravity Model Theory)

สมมติฐานของแบบจำลองนี้ก็คือ "การกระจายของการเดินทางระหว่างพื้นที่จะแปรผันตรงกับ relative attraction ของแต่ละพื้นที่และจะแปรผกผันกับฟังก์ชั่นของ spatial-separation ระหว่างพื้นที่"[2] ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้คือ

$$T_{ij} = \frac{P_i A_j F_{ij} K_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} (A_j F_{ij} K_{ij})} \qquad (2.7)$$

โดยที่ T_{ij} = จำนวนการเดินทางที่เกิดในพื้นที่ i และถูกดึงดูดไปยังพื้นที่ j

P_i = จำนวนการเกิดการเดินทางที่พื้นที่ j

A_i = จำนวนการดึงดูดการเดินทางที่พื้นที่ j

F_{ij} = องค์ประกอบที่มีผลต่อการเดินทาง ซึ่งมีค่า $\approx 1/t^n$ โดยที่ t คือเวลาในการเดินทางระหว่างพื้นที่และ n เป็นเลขที่ขึ้นอยู่กับค่าของเวลาในการเดินทาง จุดประสงค์ในการเดินทางและจำนวนประชากร เป็นต้น

K_{ij} = องค์ประกอบที่ใช้ในการปรับแก้จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่อันเป็นผลมาจาก สภาพเศรษฐกิจและสังคม สภาพการใช้งานของพื้นที่ เป็นต้น

จากสมการข้างต้นจะเห็นได้ว่าจำเป็นที่จะต้องรู้ค่า พารามิเตอร์ 5 ตัวเสียก่อนจึงจะสามารถคำนวณหาการเดินทางระหว่างพื้นที่ (trip interchange) ได้ พารามิเตอร์เหล่านั้นก็คือ

- P_i และ A_j พารามิเตอร์นี้จะมีความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดินของพื้นที่ที่ทำการศึกษาและสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมของประชาชนที่เดินทาง

- พารามิเตอร์ตัวที่ 3 จะเกี่ยวข้องกับระดับของการบริการ (level of service) ที่จัดให้ในพื้นที่ซึ่งอยู่ในรูปของ Spatial separation (t_{ij}) ระหว่างพื้นที่ค่า spatial separation นี้สามารถจัดออกมาได้ในรูปของเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทางซึ่งก็คือ เวลาน้อยที่สุดที่ใช้ในการอยู่บนพาหนะระหว่างพื้นที่ (driving time) บวกกับเวลาที่สูญเสียไปที่จุดเริ่มต้นหรือจุดปลายทาง (terminal time) คือจะเป็นเวลาที่ใช้ในการหาที่จอดรถ เดินทางรถไปจุดหมายปลายทาง เป็นต้น

- พารามิเตอร์ตัวที่ 4 คือ องค์ประกอบที่มีผลต่อการเดินทาง (F_{ij}) ซึ่งใช้เป็นตัวแสดงผลของ spatial separation ที่มีต่อการเดินทางระหว่างพื้นที่ พารามิเตอร์ตัวนี้ต่างจากพารามิเตอร์ 3 ตัวแรกคือ พารามิเตอร์ตัวนี้ไม่สามารถที่จะหาได้โดยตรงจากการเก็บข้อมูล แต่จะหาโดยวิธีการลองผิดลองถูก (trial and error)

- พารามิเตอร์ตัวสุดท้ายคือองค์ประกอบที่ใช้ในการปรับแก้จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ (K_{ij}) พารามิเตอร์ตัวนี้ก็เช่นเดียวกับพารามิเตอร์ตัวที่ 4 คือไม่สามารถหาได้จากการเก็บข้อมูลโดยตรง แต่จะหาได้จากการลองผิดลองถูกเช่นเดียวกัน พารามิเตอร์ตัวนี้อาจจะไม่จำเป็นที่จะต้องหาก็ได้ (มีค่าเท่ากับ 1) ถ้าแบบจำลองที่ได้โดย $K_{ij} = 1$ สามารถใช้แสดงการกระจายของการเดินทางได้เป็นที่พอใจ

จากที่กล่าวจะเห็นได้ว่าพารามิเตอร์ที่สำคัญของ Gravity Model ก็คือ F_{ij} และ K_{ij} ถ้าสามารถหาค่า F_{ij} และ K_{ij} ได้ถูกต้องมากที่สุดเท่าไหร่ก็จะทำให้แบบจำลองมีความถูกต้องมากเท่านั้น การทดลองเปลี่ยนค่า F_{ij} และ K_{ij} นี้เป็นส่วนสำคัญที่อยู่ในส่วนของการปรับแก้แบบจำลอง

2.2.2 <u>การปรับแก้แบบจำลอง</u> (Gravity Model Calobration)

การปรับแก้แบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทางก็เพื่อที่จะให้แบบจำลองสามารถจำลองรูปแบบของการเดินทางในปีฐานให้ดีที่สุด อันจะส่งผลทำให้การคาดคะเนการกระจายของการเดินทางในอนาคตได้อย่างแม่นยำ นอกจากนี้ยังเป็นการหาค่าตัวพารามิเตอร์ที่ยังไม่สามารถหาได้จากการเก็บข้อมูลคือ F_{ij} และ K_{ij} ภายในขั้นตอนนี้ด้วย ขั้นตอนในการดำเนินการปรับแก้ของการเดินทางแต่ละจุดประสงค์ (trip purpose) สามารถแบ่งได้เป็น

2.2.2.1 หาค่าองค์ประกอบที่มีผลต่อการเดินทาง (F_{ij}) จากที่กล่าวมาแล้วว่าค่า F_{ij} ไม่สามารถหาได้จากการเก็บข้อมูล ดังนั้นในตอนแรกจึงจำเป็นจะต้องหาค่า F_{ij} เริ่มแรกเสียก่อนแล้วจึงทำการปรับแก้ไปเรื่อย การหาค่า F_{ij} เริ่มต้นโดยทั่วไปสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

1. โดยสมมุติว่า F_{ij} มีค่าเท่ากับ 1 ทั้งหมด

2. โดยใช้กลุ่มของ F_{ij} จากเมืองที่มีขนาดใกล้เคียงกัน

600600

หลังจากที่ได้สมมุติค่า F_{ij} เริ่มต้นแล้วนำค่าที่สมมุติเข้าไปใส่ในแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง (โดยสมมุติค่า $K_{ij} = 1$ เช่นกัน) แล้วคำนวณหาจำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับจำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่จริงๆที่ได้จาก home-interview survey จากนั้นก็ทำการปรับแก้ค่า F_{ij} ทำเช่นนี้ไปจนกระทั่งจำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ใกล้กัน เทคนิคหนึ่งในการปรับแก้ค่า F_{ij} สามารถทำโดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ง่ายๆคือ

$$F_{adj} = F_{used} \times \frac{OD\%}{GM\%} \qquad (2.8)$$

F_{adj} = ค่าองค์ประกอบที่มีผลต่อการเดินทางที่จะใช้ในแบบจำลองครั้งต่อไป

F_{used} = ค่าองค์ประกอบที่มีผลต่อการเดินทางที่ใช้ในแบบจำลองครั้งก่อน

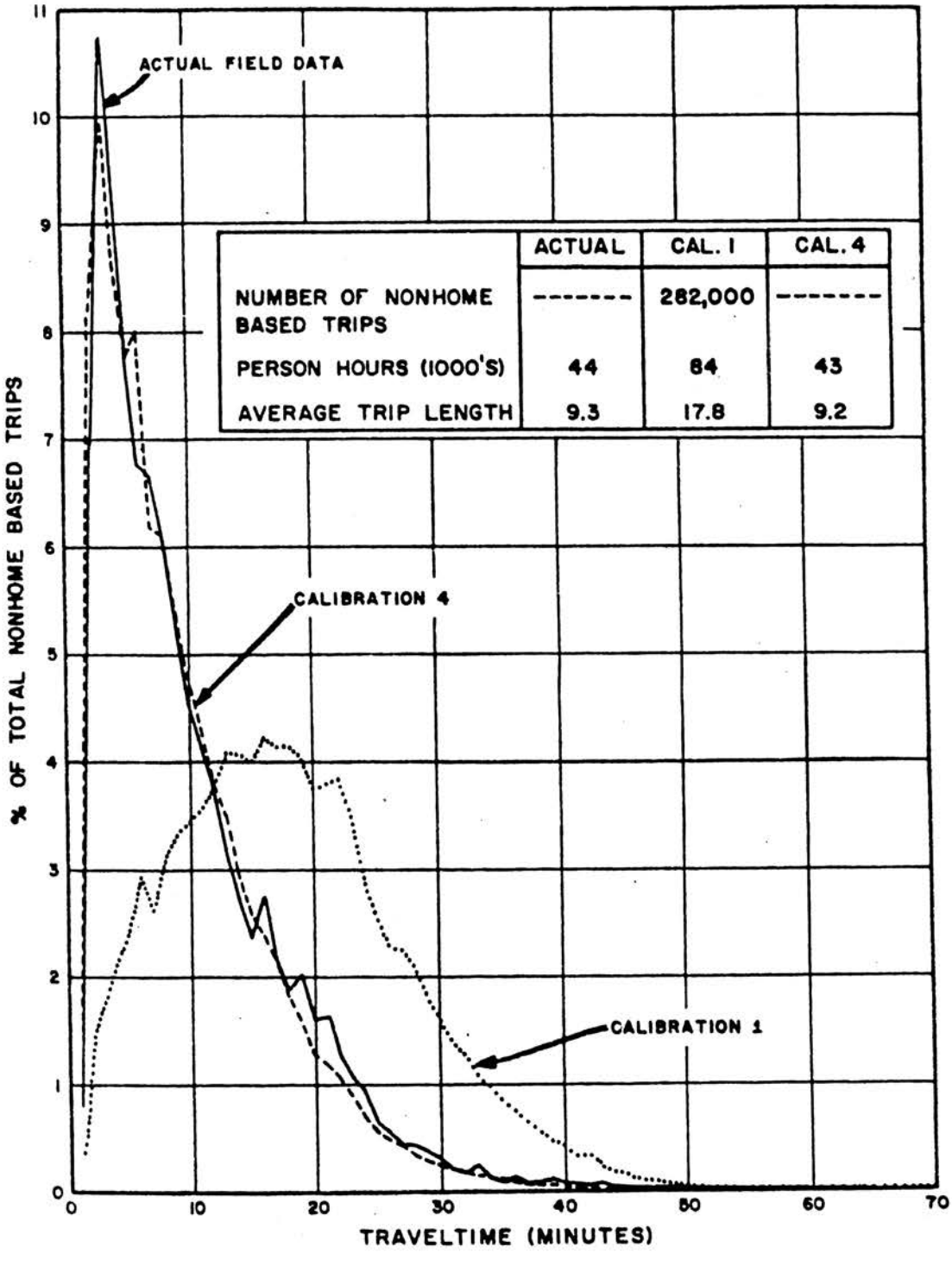
OD% = เปอร์เซ็นต์ของการเดินทางที่ได้จากการสำรวจ

GM% = เปอร์เซ็นต์ของการเดินทางที่ได้จากแบบจำลอง

ในรูปที่ 2.3 เป็นตัวอย่างที่แสดงการกระจายของความถี่ในการเดินทางจากคำนวณและจากแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง โดยใช้คอมพิวเตอร์ IBM 7090 และสมมุติค่า F_{ij} และ K_{ij} เป็น 1 หมดทุกตัว (การปรับแก้ครั้งที่ 1) จากรูปจะเห็นถึงความแตกต่างระหว่างกร๊าฟของการกระจายของความถี่ในการเดินทาง (trip length frezuency distribution) ที่ได้จากแบบจำลองและที่ได้จากการสำรวจ ซึ่งถ้าผลต่างนี้น้อยกว่า 2% ก็ถือได้ว่าใช้ได้

2.2.2.2 ปรับแก้ ค่าของจำนวนการดึงดูดการเดินทาง เพื่อให้จำนวนการเดินทางที่ถูกดึงดูดไปยังพื้นที่ต่างๆ มีค่าเท่ากับหรือใกล้เคียงมากที่สุดกับผลที่ได้จากการสำรวจเก็บข้อมูล หลังจากได้ปรับแก้ ค่า F_{ij} แล้วนำค่านี้แทนเข้าไปใน Gravity model ก็จะได้ค่าการเดินทางระหว่างพื้นที่ จากผลดังกล่าวก็นำเอาผลที่ได้ของแต่ละพื้นที่มารวมกันก็จะได้จำนวนการเดินทางที่ถูกแต่ละพื้นที่ดึงดูด จากนั้นก็นำเอาไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการสำรวจถ้าผลจากการเปรียบเทียบไม่เป็นที่น่าพอใจก็จำเป็นที่จะต้องปรับแก้ต่อไป การปรับแก้นี้สามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.9

$$A_{jk} = \frac{A_j}{C_{j(k-1)}} A_{j(k-1)} \qquad 2.9$$



	ACTUAL	CAL. 1	CAL. 4
NUMBER OF NONHOME BASED TRIPS	-------	282,000	-------
PERSON HOURS (1000'S)	44	84	43
AVERAGE TRIP LENGTH	9.3	17.8	9.2

รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบความถี่ในการเดินทาง

A_{jk} = ค่าองค์ประกอบปรับแก้จำนวนการดึงดูดการเดินทางสำหรับพื้นที่ j ในการปรับแก้ครั้งที่ k

C_{jk} = ผลรวมของจำนวนการดึงดูดการเดินทางที่เกิดขึ้นจริงของพื้นที่ j ในการปรับแก้ครั้งที่ k

A_j = ผลรวมของจำนวนการดึงดูดการเดินทางที่กำหนดไว้สำหรับพื้นที่ j

2.2.2.3 การปรับแก้อันเนื่องมาจากสิ่งกีดขวางทางด้านภูมิประเทศ สภาพภูมิประเทศเป็นอุปสรรคอันหนึ่งที่มีผลต่อการเดินทาง ตัวอย่างเช่น ในการเดินทางข้ามแม่น้ำจากฝั่งหนึ่งไปยังอีกฝั่งหนึ่งของเมือง การที่จะเดินทางข้ามไปได้ก็จำเป็นจะต้องข้ามสะพาน ซึ่งจะมีผลทำให้ตรงบริเวณสะพานมีความหนาแน่นของการจราจรมากกว่าบริเวณอื่นทำให้เวลาที่ใช้ในการเดินทางเพิ่มมากขึ้นกว่าปกติ ดังนั้นอาจจะทำให้จำนวนการเดินทางลดลงได้ เมื่อเราทำการ จำลองการกระจายของการเดินทางก็อาจจะทำให้การจำลองผิดพลาดอันเป็นผลเนื่องจากสภาพภูมิประเทศดังกล่าว เราสามารถที่จะปรับแก้แบบจำลองได้โดยการปรับแก้เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (min. travel time) ให้เหมาะสมกับสภาพความเป็นจริง แล้วนำไปหาจำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ใหม่

2.2.2.4 หาค่าองค์ประกอบที่ใช้ในการปรับแก้จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ (Developing Zone-to-Zone Adjustment Factor , K_{ij}) ในการศึกษาที่ผ่านมาการหาค่า K_{ij} นั้นไม่จำเป็นที่จะต้องกระทำในการศึกษาทุกครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพทางเศรษฐกิจของพื้นที่ สภาพการใช้ที่ดิน และขนาดของพื้นที่ที่ทำการศึกษาโดยทั่วๆไปแล้วในพื้นที่ทำการศึกษาที่ใหญ่หรือประกอบด้วย สถานที่ทำงาน ร้านค้า หรือมีชนิดของการใช้ที่ดินมาก พื้นที่ลักษณะนี้จำเป็นที่จะต้องหาค่า K_{ij} ส่วนในพื้นที่ศึกษาเล็กๆ โดยทั่วไปไม่จำเป็นที่จะต้องหา

การหาค่า K_{ij} สามารถกระทำได้โดยใช้สมการข้างล่างนี้คือ

$$K_{ij} = R_{ij} \frac{1 - X_i}{1 - X_i R_{ij}} \qquad (2.10)$$

โดยที่ K_{ij} = องค์ประกอบที่ใช้ในการปรับแก้จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j

R_{ij} = อัตราส่วนของการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และ j ที่ได้จากการสำรวจ และการเดินทางที่ได้จากแบบจำลอง

X_i = อัตราส่วนของการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และ j ที่ได้จากการสำรวจ และการเดินทางทั้งหมดที่เกิดที่พื้นที่ i

2.3 <u>แบบจำลองโอกาสของการเดินทาง</u> (Intervening Opportunities Model)

แบบจำลองโอกาสของการเดินทางได้มีการปรับปรุงสร้างขึ้นมาประมาณปี ค.ศ.1950 โดย Morton Schneidor ในการศึกษา Chicago Area Transportation Study (CATS) แบบจำลองนี้จะมีความคล้ายคลึงกับแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง (Gravity Model) บ้างเล็กน้อย กล่าวคือ ในการสร้างแบบจำลองจะมีส่วนที่สำคัญ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ทฤษฎีของแบบจำลองโอกาสของการเดินทาง (Intervening Opportunities Model theory) และการปรับแก้แบบจำลอง (Intervening Opportunities Model Calibration) แต่สมมุติฐานของแบบจำลองทั้งสอง แตกต่างกันอย่างมาก

2.3.1 <u>ทฤษฎีของแบบจำลองโอกาสของการเดินทาง</u> (Intervening Opportunities Theory)

แบบจำลองการกระจายของการเดินทางที่สร้างขึ้นโดยวิธีนี้มีสมมติฐานที่ว่า "การกระจายของการเดินทางระหว่างพื้นที่ต้นทาง (origin zone) และพื้นที่ปลายทาง (destination zone) จะเท่ากับจำนวนการเดินทางทั้งหมดที่เกิดจากพื้นที่ต้นทางคูณด้วยความน่าจะเป็นที่การเดินทางจากพื้นที่ต้นทางจะยอมรับพื้นที่ปลายทางนั้นเป็นจุดหมายปลายทางของการเดินทาง" [4] ซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$T_{ij} = O_i P(D_j) \qquad (2.11)$$

หรือ

$$T_{ij} = O_i (e^{-LB} - e^{-LA}) \qquad (2.12)$$

L = ความน่าจะเป็นของการที่จะยอมรับเป็นจุดหมายปลายทาง

A = ผลรวมของจำนวนการเป็นจุดหมายปลายทางของการเดินทางทั้งหมดระหว่างพื้นที่ i และ j และรวมจำนวนการเป็นจุดหมายปลายทางของพื้นที่ j

B = เช่นเดียวกับ A แต่ไม่รวมการเป็นจุดหมายปลายที่ของพื้นที่ j

e = 2.71828

O_i = จำนวนการเกิดการเดินทางทั้งหมดที่พื้นที่ i

จากสมการ 2.12 จำเป็นที่จะต้องได้ข้อมูลพื้นฐาน 4 ชนิด เพื่อที่จะสามารถหาจำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ได้นั่นก็คือ 1. จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นในพื้นที่ 2. จำนวนการเดินทางที่สิ้นสุด (เป็นจุดหมายปลายทาง) ของพื้นที่ 3. ค่า spatial separation ระหว่างพื้นที่ซึ่งจะอยู่ในรูปของเวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่างพื้นที่ และ 4. ค่าของ L ซึ่งหาได้จากวิธี empirical

หลังจากที่ได้ค่าทั้งหมดแล้วนำไปแทนค่าในสมการที่ 2.12 ก็จะสามารถหาค่าการเดินทางระหว่างพื้นที่ได้ แต่โดยทั่วไปแล้วเรา ไม่สามารถที่จะหาค่า L ได้ จึงจำเป็นที่จะต้องสมมุติค่า L ขึ้นมาแล้วทำการปรับแก้ จนได้ค่า L ที่ทำให้รูปแบบของการเดินทางที่ได้มาเท่ากับหรือใกล้เคียงกับที่ได้ทำการสำรวจเก็บข้อมูลไว้ในปีฐาน ขั้นตอนที่กล่าวมานี้เรียกว่า Intervening Opportunities Model Calibration ซึ่งจะกล่าวในส่วนต่อไป

2.3.2 <u>การปรับแก้แบบจำลองโอกาสของการเดินทาง</u> (Intervening Opportunities Model Calibration)

ก่อนที่จะอธิบายถึงการปรับแก้ (calibrate) แบบจำลองมีสิ่งสำคัญสิ่งหนึ่งในสมมติฐานของแบบจำลองนี้ที่แตกต่างกับแบบจำลองอื่นๆที่ผ่านมาซึ่งก็คือ การแบ่งชนิดของการเดินทาง (Trip Stratification) แบบจำลองนี้ได้แบ่งชนิดของการเดินทางออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ

1. Long residential trips คือ การเดินที่เกิดจากบ้านไปที่ทำงานและการเดินทางที่เกิดจากบ้านที่อยู่นอก CBD (central business district) ไปยังภายใน CBD โดยมีจุดประสงค์อื่นๆ

2. Long nonresidential trips คือ การเดินทางจากที่ทำงานกลับบ้านและการเดินทางที่มีจุดประสงค์อื่นที่เดินทางจาก CBD และมีจุดหมายปลายทางอยู่นอก CBD

3. Short trips คือ การเดินทางอื่นๆ ที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว

โดยทั่วไปแล้ว Intervening Opportunities Model Calibration จะทำโดยการเปลี่ยนแปลงค่า L ไปเรื่อยๆจนกระทั่งพอใจในรูปแบบของการเดินทางที่ได้ออกมา ซึ่งการปรับแก้สามารถทำโดย 2 วิธีใหญ่ๆ คือ

2.3.2.1 Single L Value Method วิธีการนี้คิดขึ้นโดย Morton Schneider เพื่อใช้ในการปรับแก้ค่า L ในการศึกษา Chicago Area Transportation Study (CATS) ในปี 1965 กระทำโดยใช้ค่า L เพียงตัวเดียวในแต่ละชนิดของการเดินทางในทุกๆพื้นที่ที่ทำการศึกษาและเปลี่ยนค่า L ไปเรื่อยๆ โดยวิธีลองผิดลองถูกจนกระทั่งได้รูปแบบของการเดินทางเป็นที่พอใจ ซึ่งรูปแบบนี้จะเป็นค่าเฉลี่ยของระยะทางในการเดิน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้คือ

$$\frac{\bar{r}_1}{\bar{r}_2} = \frac{\sqrt{L_2\rho_2}}{\sqrt{L_1\rho_1}} \qquad (2.13)$$

โดยที่ $\bar{r}$ = ค่าเฉลี่ยของความยาวในการเดินทาง (average trip lengths)

ρ = ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของ trip end

1,2 แสดงถึงครั้งที่ทำการปรับแก้

ในการใช้วิธีนี้จะต้องจำเป็นที่จะต้องทราบความสัมพันธ์ระหว่าง $\bar{r}$ กับ ρ เสียก่อน

2.3.2.2 Multiple L Value Calibration Methods เนื่องจากการใช้ค่า L เพียงตัวเดียวสำหรับการเดินทางของประชาชนทุกกลุ่มไม่สามารถใช้ได้ในบางกรณี เนื่องจากว่าในสภาพความเป็นจริงพื้นที่ที่มีความหนาแน่นมากย่อมจะมีความน่าจะเป็นในการที่จะเป็นจุดหมายปลายทางมากด้วย ดังนั้นจึงได้มีการแบ่งชั้นของความหนาแน่นออกโดยความหนาแน่นระดับหนึ่งจะมีค่า L ตัวหนึ่ง จึงได้มีการนำเอาวิธี Multiple L Value Calibration มาใช้ วิธีการนี้ยังสามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะคือ empirical method statistic method และ iterative method

1. Empirical Method วิธีการนี้หาค่า L ของแต่ละชนิดของพื้นที่ได้โดยใช้สูตร

$$L_i = \frac{c_i^2}{\hat{\rho}\bar{r}_i^2} \qquad (2.14)$$

โดยที่ $\bar{r}_i$ = ค่าเฉลี่ยความยาวในการเดินทางสำหรับระดับความหนาแน่น i

ρ_i = ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของ trip end สำหรับความหนาแน่นระดับ i

$$C_i = \hat{r}_{1i}\sqrt{L_{1i}\hat{\rho}_i} \qquad (2.15)$$

โดยที่ $\hat{r}_{1i}$ = ค่าเฉลี่ยของความยาวในการเดินทางสำหรับความหนาแน่นระดับ i ที่ได้จาก initial assignment

L_{1i} = ค่า L สำหรับความหนาแน่น i ที่ใช้ใน initial assignmest

2. Statistical Calitration Method วิธีการนี้ได้ปรับปรุงขึ้นโดย Calibration Emilio Casetti โดยใช้เทคนิคของ multiple regression statistical ซึ่งหาค่า L ได้จากสมการ 2.16 คือ

$$\log L = \log a_0 + a_1 \log \rho_1 + a_2 \log \rho_2 + \ldots a_n \log \rho_n + a_{n+1} \log \bar{r} \qquad (2.16)$$

โดยที่ ρ_i = trip end density ของ cutoff point i,

a_i = ค่าคงที่

$\bar{r}$ = ค่าเฉลี่ยของความยาวในการเดินทางสำหรับค่า L ที่จะได้

3. Iterative Calibration Method การ calibrate โดยวิธีนี้สามารถหาค่า ได้จากสมการ คือ

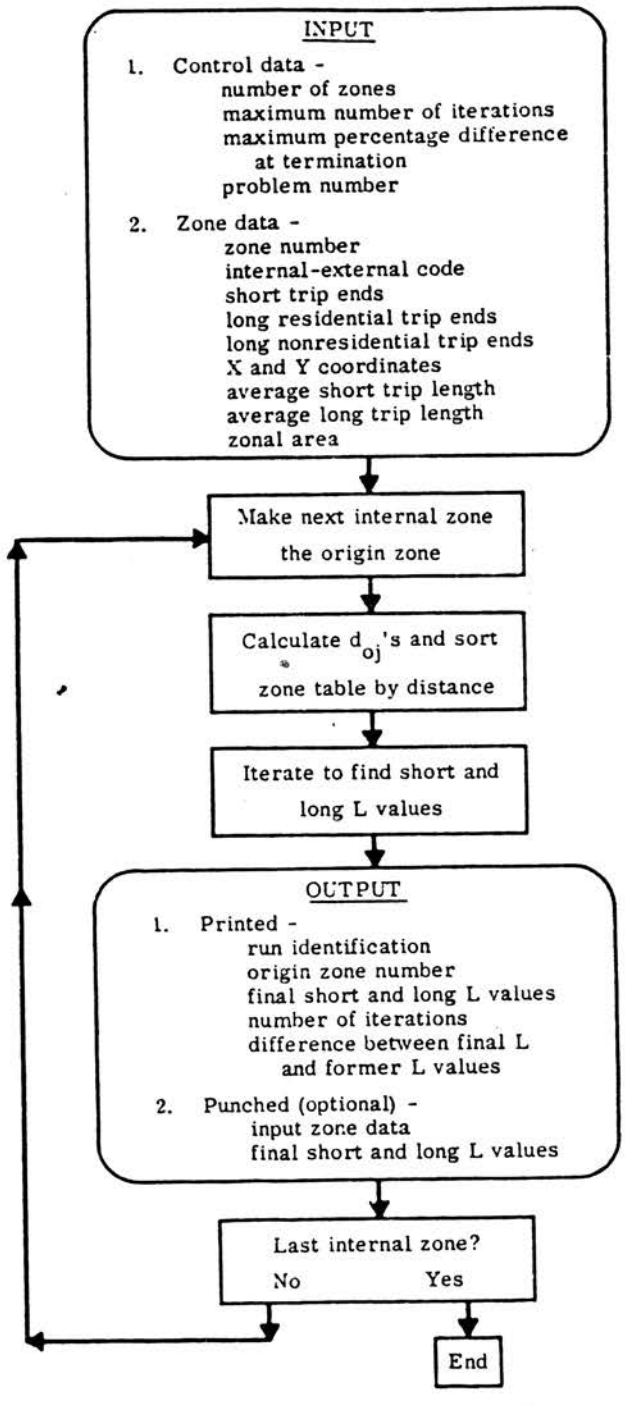
$$\bar{r}_o = \sum_{j=1}^{n} d_{oj} \frac{\left(e^{-LV_j} - e^{-LV_{j=1}} \right)}{1-e^{LV_n}} \qquad (2.17)$$

โดยที่ $\bar{r}_o$ = ค่าเฉลี่ยของความยาวในการเดินทางสำหรับพื้นที่ o

d_{oj} = ระยะทางจากพื้นที่ o ไปยังพื้นที่ j

n = จำนวนพื้นที่ทั้งหมด

แผนภูมิของการปรับแก้แสดงอยู่ในรูปที่ 2.4



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.4 แสดงแผนภูมิทั่วๆไปในการปรับแก้ค่า L

จากที่ได้กล่าวถึงการปรับแก้ค่า L ทั้ง 3 วิธีมาแล้วนั้น เป็นเพียงย่อๆ เท่านั้น เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้จะใช้แบบจำลองแรงดึงดูดการเดินทางในการวิจัย ดังนั้นผู้ที่สนใจในวิธีการปรับแก้ค่า L สามารถศึกษาได้จากหนังสืออ้างอิง (7)

2.4 <u>การสร้างแบบจำลองการกระจายของการเดินทางแบบแรงดึงดูดการเดินทางสำหรับการศึกษาในประเทศ</u>

การสร้างแบบจำลองการกระจายของการเดินทางแบบแรงดึงดูดการเดินทางนี้มีการสร้างอย่างมากมายในต่างประเทศ แต่สำหรับการศึกษาภายในประเทศไทยนั้นมีการสร้างแบบจำลองในลักษณะนี้น้อยมาก

การศึกษาวางแผนการคมนาคมขนส่งที่สำคัญอันหนึ่งในประเทศไทย ที่ได้มีการสร้างแบบจำลองลักษณะนี้ขึ้นก็คือ การศึกษาเพื่อวางแผนระบบการคมนาคมขนส่งสำหรับกรุงเทพมหานคร (Bangkok Transportation Study) ที่ได้ทำการศึกษาในปี 2515 โดยบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาชาวเยอรมัน ซึ่งการศึกษานี้ถือได้ว่าเป็นการศึกษาทางด้านการวางแผนระบบคมนาคมขนส่งที่สมบูรณ์ที่สุด

การศึกษาอีกอันหนึ่งที่มีการสร้างแบบจำลองการกระจายของการเดินทางชนิดแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทางคือ การศึกษาความเหมาะสมของระบบทางด่วนขั้นที่ 2 อันเป็นการศึกษาโดยความร่วมมือระหว่างการทางพิเศษแห่งประเทศไทยและ JICA ในปี 2525

2.4.1 <u>แบบจำลองการกระจายของการเดินทางที่สร้างขึ้นในการวางแผนการคมนาคมขนส่งสำหรับกรุงเทพมหานคร</u>

ในการศึกษาเพื่อวางแผนการคมนาคมขนส่งนี้ทำการศึกษาในพื้นที่รวม 3157 ตาราง-กิโลเมตร ซึ่งประกอบด้วย 3 จังหวัด คือ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ รวมเรียกว่า Greater Bangkok Area (GBA) ผู้ทำการศึกษาได้แบ่งพื้นที่ทำการศึกษาออกเป็น 68 traffic districts และ 235 traffic cells และแบ่งชนิดของพื้นที่ทำการศึกษาออกเป็น 4 แบบคือ

1. แบบ R : พื้นที่นอกเมือง (Rural Areas)
2. แบบ U : พื้นที่ในเมือง (Urban Areas)
3. แบบ C : พื้นที่ที่เป็นศูนย์กลางต่างๆ (City Core &Sub-Centers)
4. แบบ S : พื้นที่ลักษณะพิเศษ (Special Areas)

การสร้างแบบจำลองการกระจายของการเดินทางในการศึกษานี้ เป็นการจำลองการกระจายของการเดินทางโดยถือเอาปี 2515 เป็นปีฐาน และทำการคาดคะเนการกระจายของการเดินทางที่จะเกิดขึ้นในปี 2523 (medium term) และปี 2533 (long term) และในการสร้างแบบจำลองการกระจายของการเดินทางนี้จะแบ่งวัตถุประสงค์ของการเดินทางออกเพียง 2 ชนิด คือ การเดินทางเพื่อไปทำงาน (work trips) และการเดินทางอื่นๆ

แบบจำลองการกระจายที่สร้างขึ้นนี้จะใช้ Gravity Model ในการจำลอง ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการง่ายๆคือ

$$T_{ij} = \frac{C\, G_i A_j}{t_{ij}^{\gamma}} \qquad (2.18)$$

โดยที่ T_{ij} = จำนวนการเดินทางระหว่าง $cell_i$ และ $cell_j$

G_i = จำนวนการเดินทางที่เกิดใน $cell_i$

A_j = จำนวนการเดินทางที่ถูกดึงดูดโดย $cell_j$

t_{ij} = เวลาที่ใช้ในการเดินทางระหว่าง $cell_i$ และ $cell_j$

γ = ตัวยกกำลังของเวลาที่ใช้ในการเดินทาง

C = ค่าคงที่

จากการวิเคราะห์ต่อมาจะได้ค่า C เท่ากับ

$$C = \frac{1}{2}\left(\frac{\sum t_{ij}^{\gamma}}{A_j} + \frac{\sum t_{ij}^{\gamma}}{G_i}\right) \qquad (2.19)$$

การ Calibrate แบบจำลองการกระจายของการเดินทางนี้จะทำการปรับปรุงตัวไปเรื่อยๆ โดยวิธีการลองผิดลองถูก (trial and error) ขั้นตอน Calibrate แสดงอยู่ในรูปที่ 2.5

จากการทำการ calibrate เรื่อยมา ผลปรากฏว่าจะได้ค่า γ คือ

$$\gamma = 2.0.\ t_{ij}^{0.01}$$

ดังนั้นสามารถสรุปแบบจำลองการกระจายของการเดินทางสำหรับกรุงเทพมหานคร โดยบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาชาวเยอรมันได้คือ

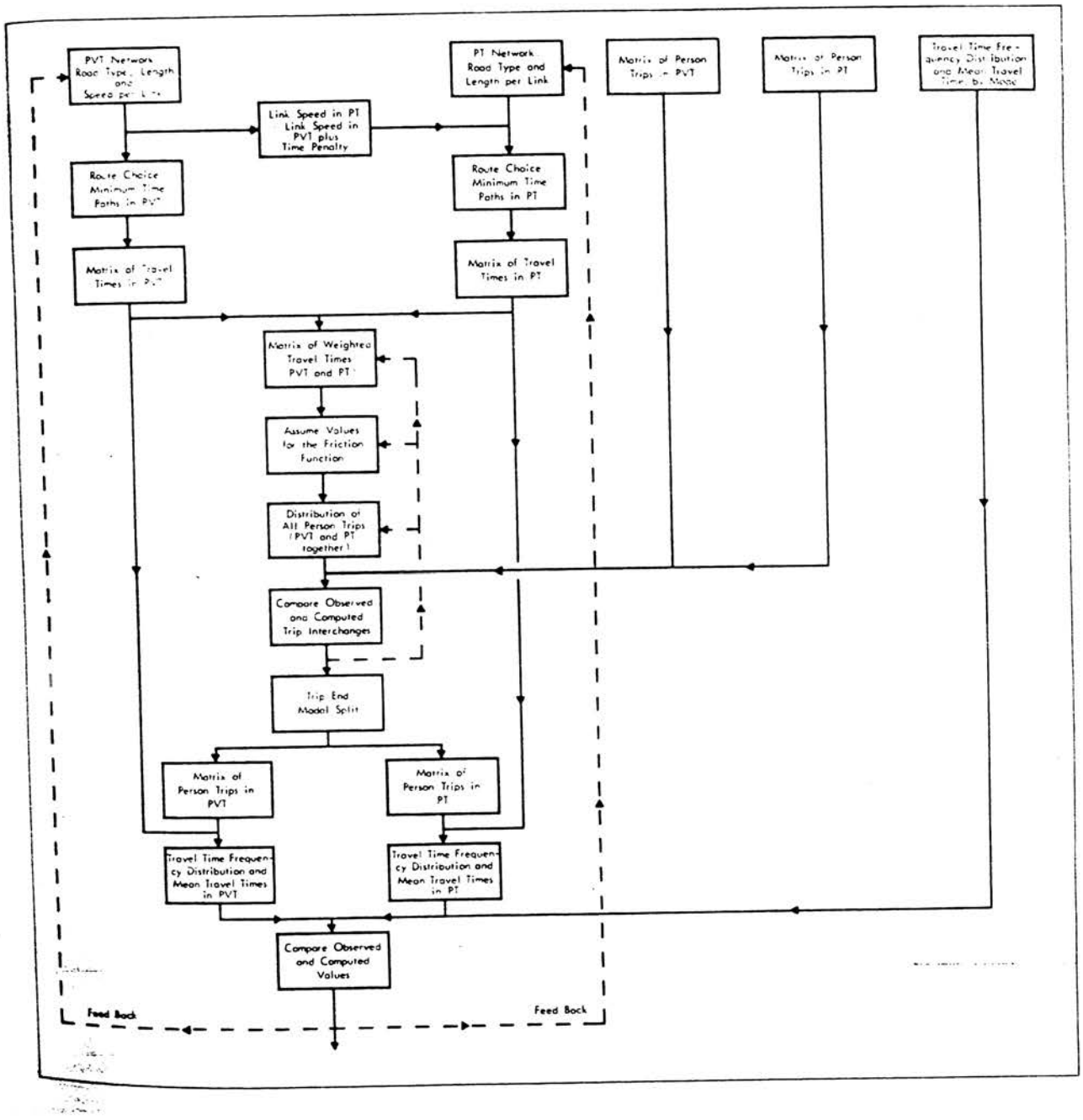
$$T_{ij} = \frac{\left(\frac{\sum t_{ij}^{2t_{ij}^{0.01}}}{A_j} + \frac{\sum t_{ij}^{2t_{ij}^{0.01}}}{G_i}\right) G_i A_j}{t_{ij}^{2.0\, t_{ij}^{0.01}}} \qquad (2.20)$$

2.4.2 <u>แบบจำลองการกระจายของการเดินทางที่สร้างในการศึกษาความเหมาะสมของระบบทางด่วนขั้นที่ 2</u>

ในการศึกษานี้ผู้ศึกษาได้ทำการแบ่งพื้นที่การศึกษาออกเป็น 72 พื้นที่ย่อย โดย 68 พื้นที่ย่อย ครอบคลุมพื้นที่ที่เรียกว่า Greater Bangkok Area ซึ่งครอบคลุม กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ ส่วนอีก 4 พื้นที่ย่อยจะเป็นพื้นที่รอบนอก การแบ่งชนิดของพื้นที่ทำการศึกษาก็เช่นเดียวกับ BTS (การศึกษานี้ในช่วงหลังได้มีการแบ่งพื้นที่ย่อยให้มากขึ้นโดยเพิ่มเป็น 85 พื้นที่ย่อย รายละเอียดสามารถดูได้จากรายงานการศึกษาความเหมาะสมของระบบทางด่วนขั้นที่ 2 (SES)

การคำนวณหาการกระจายของการเดินทางที่จะเกิดขึ้นในอนาคตของการศึกษานี้หาได้จากแบบจำลองการกระจายของการเดินทางแบบแรงดึงดูดที่สร้างขึ้นในปี 2525 ซึ่งรูปแบบของแบบจำลองมีดังนี้คือ

$$T_{ij} = (T_i \times T_j)^{\alpha} \times \frac{k}{D_{ij}^{n}} \qquad (2.21)$$



รูปที่ 2.5 แสดงขั้นตอนในการปรับแก้แบบจำลองการกระจายของการเดินทาง

โดย BTS

โดยที่ T_{ij} = จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j

T_i = จำนวนการเกิดหรือดึงดูดการเดินทางของพื้นที่

T_j = จำนวนการเกิดหรือดึงดูดการเดินทางของพื้นที่

D_{ij} = ระยะทางระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j (กิโลเมตร)

α, n, k = ตัวสัมประสิทธิ์ (แสดงอยู่ในตารางข้างล่าง)

	k	α	n	Correlation Coefficient
รถส่วนตัว (รถยนต์และรถจักรยานยนต์)	0.0100	0.6099	0.7286	0.94
รถโดยสาร	0.0051	0.6376	0.9595	0.84

ที่มา : รายงานการศึกษาความเหมาะสมของระบบทางด่วนขั้นที่ 2 (SES)