บทที่ 4

การประมาณตารางการเดินทาง

4.1 คำนำ

ในการศึกษาความต้องการเดินทางขนส่งโดยการประยุกต์ใช้แบบจำลองการคมนาคมขนส่งสมัยใหม่นั้น จะแสดงผลปริมาณความต้องการเดินทาง (Demand Trip) ระหว่างพื้นที่ย่อยหนึ่งไปยังอีกพื้นที่ย่อยหนึ่ง โดยใช้ตารางการเดินทาง (Trip Matrix) หรือตารางจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทาง(Origin-Destination Matrix)โดยมีรูปแบบดังรูปที่ 4.1

O/D	1 2 j n	$\sum$
1 2 i n	. . . . . t_{ij}	G_i
$\sum$	A_j	T

รูปที่ 4.1 รูปแบบตารางการเดินทาง

จากรูปแบบตารางการเดินทางดังรูปที่ 4.1 สรุปปริมาณการเดินทางได้ดังนี้

$$G_i = \sum_j t_{ij}$$

$$A_j = \sum_i t_{ij}$$

$$\sum_j \sum_i t_{ij} = \sum_j A_j = \sum_i G_i = T$$

โดยที่ G_i หมายถึง ปริมาณการเกิดการเดินทางในพื้นที่ย่อย i หรือเรียกอีกนัยหนึ่งว่าปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย (Trip End) ซึ่งประมาณได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Analysis) หรือได้จากการวิเคราะห์ด้าน Matrix Estimation

A_j หมายถึง ปริมาณการดึงดูดการเดินทางของพื้นที่ย่อย j หรือเรียกว่าปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย (Trip End)ได้เช่นเดียวกัน ซึ่งสามารถประมาณได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction Analysis) หรือการวิเคราะห์ด้าน Matrix Estimation เช่นกัน

t_{ij} หมายถึง ปริมาณการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยจุดต้นทาง i และพื้นที่ย่อยจุดปลายทาง j

n หมายถึง จำนวนพื้นที่ย่อย

T หมายถึง ปริมาณการเดินทางทั้งหมดภายในพื้นที่ศึกษา

การประมาณตารางการเดินทางนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี พอสรุปได้ดังนี้

1. การประมาณตารางการเดินทาง โดยใช้แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model) ซึ่งเป็นแบบจำลองขั้นตอนที่สองของแบบจำลองต่อเนื่อง (Sequential Model) หลังจากที่ทราบปริมาณการเกิดการเดินทางและดึงดูดการเดินทางในแต่ละพื้นที่ย่อยจากแบบจำลองการเกิดการเดินทางและดึงดูดการเดินทางแล้ว

2. การสำรวจจุดต้นทาง จุดปลายทางการเดินทาง เพื่อนำมาประมาณตารางการเดินทางโดยตรง

3. การใช้ตารางการเดินทางที่ได้ทำการศึกษาไว้ในอดีต โดยนำมาปรับปรุงเพื่อให้สามารถใช้ได้ในปัจจุบัน

4. การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร (Matrix Estimation from Traffic Count)

การจัดทำตารางการเดินทางของปีฐานในการศึกษาที่ผ่านมานั้น โดยทั่วไปแล้วได้พัฒนาขึ้นมาจากข้อมูลการสำรวจตัวอย่างจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทาง พร้อมทั้งทำการนับปริมาณการจราจรของยวดยานประเภทต่าง ๆ ที่จุดสำรวจจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทางนั้นพร้อมกัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ตารางการเดินทางในปีฐาน เพื่ออธิบายสภาพการเดินทางขนส่งในขณะนั้น แต่วิธีการนี้มักประสบปัญหาหลายประการ พอสรุปได้ดังนี้

- เสียค่าใช้จ่ายและเวลาในการสำรวจข้อมูลมาก
- มีความยุ่งยากและเสียเวลามากในการวิเคราะห์ข้อมูล
- ต้องทำการสุ่มตัวอย่างมาก เพื่อให้ได้ตารางการเดินทางที่ถูกต้อง
- มักเกิดความผิดพลาดจากการสุ่มตัวอย่างได้ง่าย กล่าวคือ การสุ่มตัวอย่างอาจจะไม่ครอบคลุมการเดินทางทั้งหมดได้ ตัวอย่างเช่น มักมีการเดินทางบางเที่ยวที่มีจุดต้นทางจุดปลายทางเดียวกันแต่ไม่ได้ผ่านจุดที่ทำการสำรวจจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทางนั้น เป็นต้น

จากปัญหาต่าง ๆ ดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาเพื่อพัฒนาวิธีการประมาณตารางการเดินทางโดยใช้เทคนิคการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร (Matrix Estimation from Traffic Count) ซึ่งเป็นวิธีการย้อนกลับของกระบวนการจัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment Process) เป็นเทคนิคใหม่ที่เริ่มนำมาใช้ในกระบวนการวางแผนการคมนาคมขนส่งทั้งในเมืองและในภูมิภาค และเริ่มเป็นที่ยอมรับกันในการศึกษาการเดินทางขนส่งในระยะหลัง เนื่องจากมีข้อดีคือประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายได้มาก เนื่องจากไม่จำเป็นต้องสำรวจจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทาง หรือสำรวจเพียงเล็กน้อยเพื่อเป็นตัวควบคุมและตรวจสอบความถูกต้องของตารางการเดินทาง หรือสำรวจเพื่อใช้เป็นข้อมูลตารางการเดินทางเริ่มต้น (Initial Trip Matrix) เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการประมาณตารางการเดินทางโดยวิธีนี้

งานวิจัยนี้เป็นการเริ่มต้นศึกษาปริมาณการเดินทางขนส่งในพื้นที่ระดับประเทศ ซึ่งยังไม่เคยมีการศึกษาจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยในระดับจังหวัด และพื้นที่รวมระดับประเทศ ดังนั้นแนวทางในการประมาณตารางการเดินทางในพื้นที่ระดับประเทศที่พอจะทำได้ในการศึกษานี้คือ การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรบนทางหลวง (Matrix Estimation from Traffic Count)

4.2 การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรบนทางหลวง

4.2.1 กระบวนจัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment Process)

กระบวนการจัดเส้นทางการเดินทาง เป็นกระบวนการจัดปริมาณการจราจรจากตารางความต้องการเดินทางลงบนเส้นทาง ประกอบด้วยข้อมูลหลัก 2 ส่วน ส่วนแรกคือ ตารางการเดินทาง (Trip Matrix) ซึ่งเป็นข้อมูลที่อธิบายปริมาณความต้องการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย และข้อมูลส่วนที่สองคือ ระบบโครงข่ายถนน(Highway Networks) ที่อยู่ในรูปแบบของ Node-Link ภายในพื้นที่ศึกษา ในกระบวนการจัดเส้นทางการเดินทาง

นั้นจะใช้ทฤษฎีการจัดเส้นทางการเดินทางและการจัดสรร (Assign) จำนวนการเดินทางลงบนเส้นทางด้วยวิธีต่าง ๆ ดังกล่าวรายละเอียดไว้ข้างต้นในหัวข้อ 2.3.2.4 กระบวนการจัดเส้นทางการเดินทางมีขั้นตอนในลักษณะกว้าง ๆ ดังรูปที่ 4.2

ปริมาณการจราจรบนเส้นทาง (Link Flows) และเวลาการเดินทาง (Travel Time) ที่ได้จากแบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment Model) จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจข้อมูลจราจรจริงในสนาม โดยทั่วไปแล้วค่าจากการเปรียบเทียบมักไม่ค่อยดีนัก ค่าความแตกต่างร้อยละ 20 ถือว่าเป็นกรณีปกติ ค่าความแตกต่างเหล่านี้เกิดจากสาเหตุที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. ความผิดพลาดในการประมาณตารางการเดินทาง ตั้งแต่ขั้นตอนการวิเคราะห์แบบจำลองการเกิดการเดินทางและดึงดูดการเดินทางในขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนการวิเคราะห์การกระจายการเดินทางในขั้นตอนที่ 2 ของแบบจำลองต่อเนื่อง

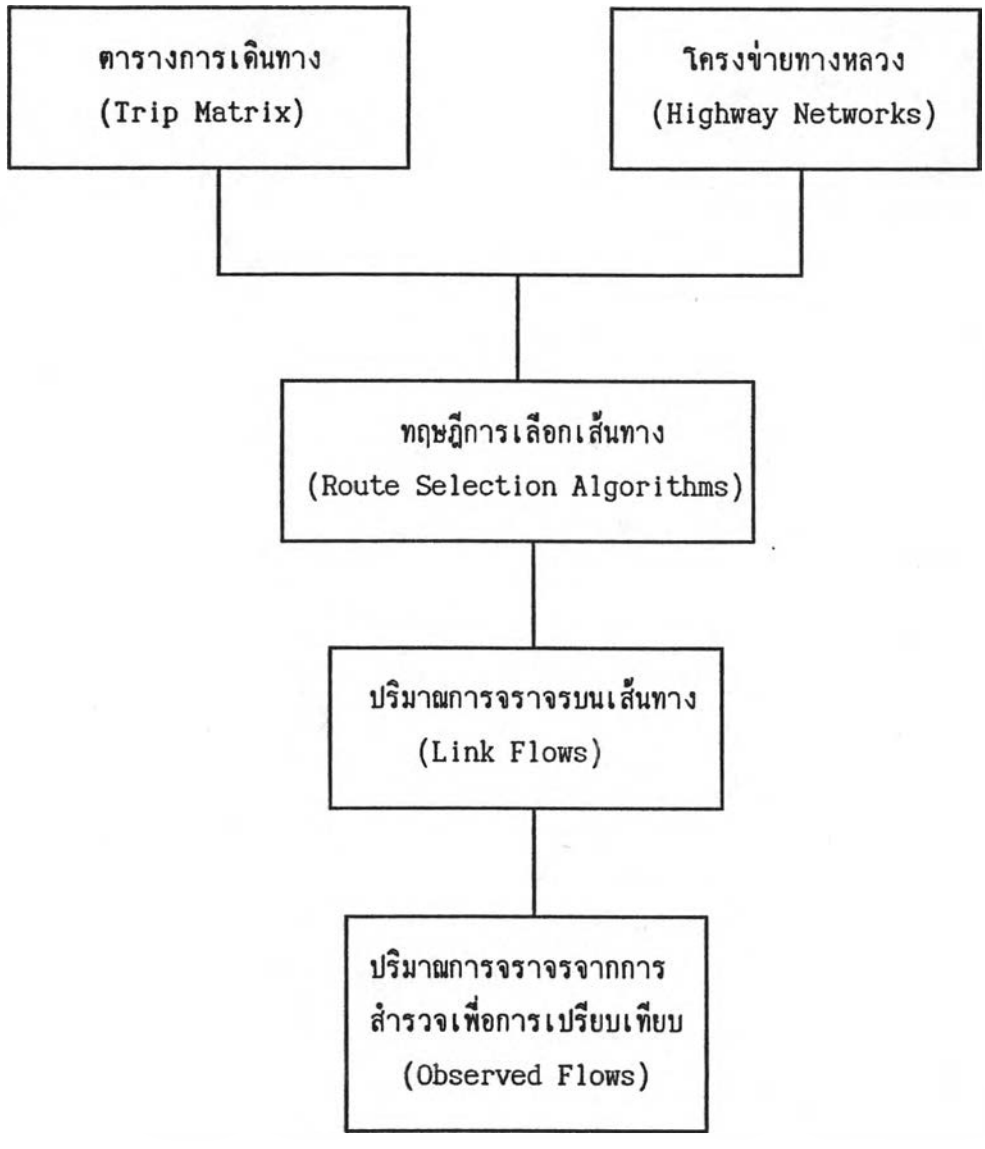
2. ระบบโครงข่ายทางหลวงมีความผิดพลาด เช่น ระยะทาง ความเร็ว เป็นต้น

3. หลักการและทฤษฎีในการจัดเส้นทางการเดินทางที่ใช้ไม่สามารถจำลองสภาพการจราจรที่แท้จริงได้

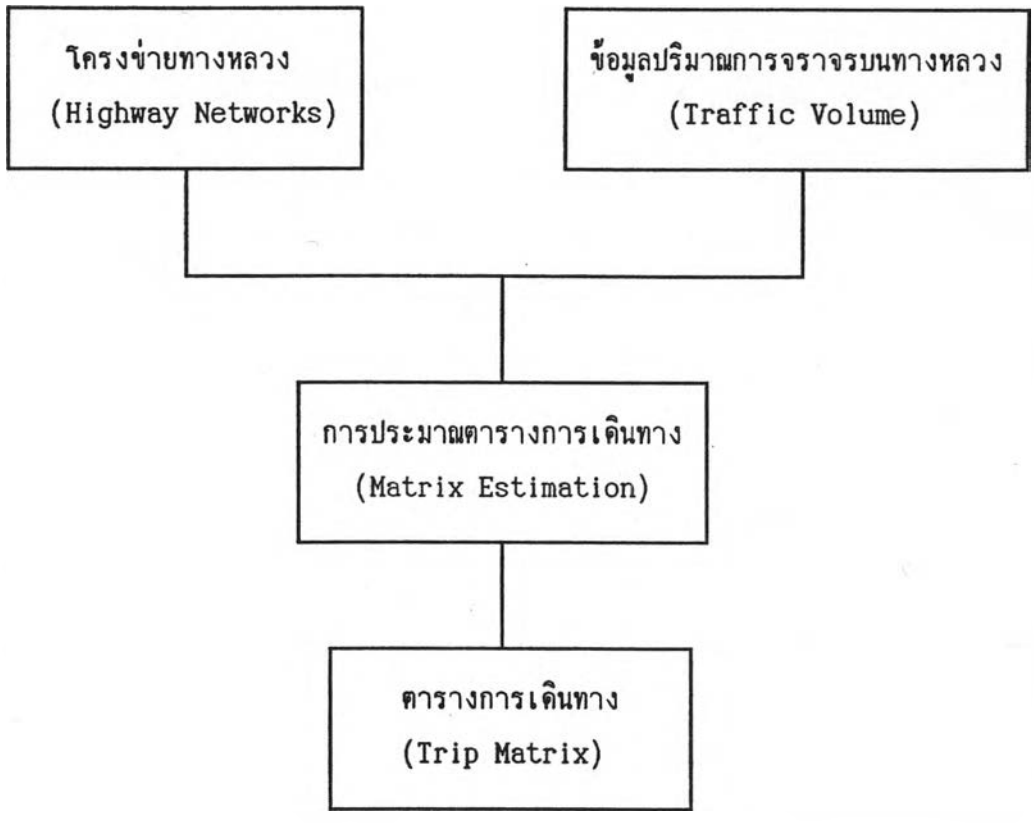
4.2.2 กระบวนการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร (Matrix Estimation from Traffic Count)

การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร เป็นกระบวนการย้อนกลับของกระบวนการจัดเส้นทางการเดินทาง กล่าวคือ การจัดเส้นทางการเดินทางเริ่มจากข้อมูลตารางการเดินทางที่มีอยู่ ได้ผลลัพธ์สุดท้ายที่ปริมาณการจราจรบนเส้นทาง ส่วนกระบวนการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรนั้น เริ่มจากข้อมูลปริมาณการจราจรบนเส้นทาง มีผลลัพธ์สุดท้ายที่ตารางการเดินทาง การประมาณตารางการเดินทางต้องใช้ข้อมูลหลัก 2 ส่วน ส่วนแรกคือ ข้อมูลปริมาณการจราจร (Traffic Volume) บนเส้นทาง และส่วนที่สองคือ ระบบโครงข่ายทางหลวง (Highway Networks) ในรูปแบบของ Node-Link ภายในพื้นที่ศึกษา จากนั้นจะใช้สมมติฐานของ Matrix Estimation เพื่อทำการประมาณตารางการเดินทาง โดยมีกระบวนการในลักษณะกว้าง ๆ ดังรูปที่ 4.3

การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร มีหลักการที่สำคัญคือ ใช้วิธีการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการจราจรจากแบบจำลอง กับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจจริงในสนามที่ตำแหน่งเดียวกัน โดยมีแบบจำลองหลักในการประมาณตารางการเดินทางดังนี้



รูปที่ 4.2 กระบวนการจัดเส้นทางการเดินทาง



รูปที่ 4.3 กระบวนการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร

$$W_a = V_a = \sum_{ij} T_{ij} P_{ija}$$

โดยที่ W_a = ปริมาณการจราจรจากการสำรวจจริงบนเส้นทาง a

V_a = ปริมาณการจราจรจากแบบจำลองการประมาณตารางการเดินทาง บนเส้นทาง a

T_{ij} = ปริมาณการเดินทางจากพื้นที่ย่อยจุดต้นทาง i ไปพื้นที่ย่อยจุดปลายทาง j

P_{ija} = ค่าสัดส่วนหรือความน่าจะเป็นของการเดินทางจากพื้นที่ย่อย i ไปพื้นที่ย่อย j บนเส้นทาง a

การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะดังนี้

1. การประมาณตารางการเดินทางกรณีไม่มีตารางการเดินทางเริ่มต้น (No Initial Trip Matrix)

2. การประมาณตารางการเดินทางกรณีมีตารางการเดินทางเริ่มต้น (With Initial Trip Matrix)

แบบจำลองการประมาณตารางการเดินทางทั้งสองลักษณะสามารถเขียนให้อยู่รูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

กรณีไม่มีตารางการเดินทางเริ่มต้น

$$T_{ij} = \prod_a X_a^{P_i j_a}$$

กรณีมีตารางการเดินทางเริ่มต้น

$$T_{ij} = t_{ij} \prod_a X_a^{P_i j_a}$$

โดยที่ X_a = ค่า Balancing Factors

t_{ij} = ตารางการเดินทางเริ่มต้น (Initial Trip Matrix)

4.2.2.1 การประมาณตารางการเดินทางกรณีไม่มีตารางการเดินทางเริ่มต้น (No Initial Trip Matrix) โดยที่ตารางการเดินทางเริ่มต้นในที่นี้ หมายถึงตารางการเดินทางที่ได้เคยพัฒนาไว้ในพื้นที่ศึกษาเดียวกันนี้ หรือได้จากการสำรวจจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทาง หรือจากแบบจำลองการกระจายการเดินทางที่พัฒนาไว้ในอดีต การประมาณตารางการเดินทางโดยวิธีนี้ได้เลือกตารางการเดินทาง ที่มีค่า Entropy มากที่สุด โดยที่ค่า Entropy ของตารางการเดินทาง T_{ij} แสดงดังสมการ

$$W(T_{ij}) = T!/(\prod_{ij} T_{ij}!)$$

โดยที่ W หมายถึง จำนวนเส้นทางที่สามารถจัดสรร (Assign) ปริมาณการเดินทางทั้งหมด (T) ลงไปได้สำหรับแต่ละคู่พื้นที่ย่อย โดยมีข้อสมมติฐานที่ใช้สำหรับแบบจำลองนี้คือ ตารางการเดินทางที่มีค่า W มากที่สุดจะเป็นตารางการเดินทางที่มีจำนวนเส้นทางมากที่สุด และเป็นตารางการเดินทางผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการประมาณโดยวิธีนี้

การวิเคราะห์แบบจำลองการประมาณตารางการเดินทางในกรณีไม่มีตารางการเดินทางเริ่มต้นมีรายละเอียด ดังนี้

กำหนดให้ $S = \log W$

$$= \log(T!/\sum_{ij} T_{ij}!)$$

$$= \log T! - \sum_{ij} \log T_{ij}!$$

$$= \log T! - \sum_{ij}(T_{ij}\log T_{ij} - T_{ij}) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4.1)$$

สมการ (4.1) เป็นค่า Stirling 's Approximation สำหรับ n!

จากสมมติฐานข้างต้นที่กำหนดให้จำนวนการเดินทางทั้งหมด (T) มีค่าเท่ากับค่า Entropy ที่มากที่สุด ดังนั้นสามารถกำหนดเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Max} \quad - \sum_{ij}(T_{ij}\log T_{ij} - T_{ij})$$

$$\text{Subject to} \quad W_a = \sum_{ij} T_{ij}P_{ija}$$

$$T_{ij} \geq 0$$

ในการแก้ปัญหานี้ได้จัดให้อยู่ในรูปของ Lagrangian Function ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นที่ได้รวม Constraint เข้าไว้ในสมการด้วย ดังนี้

$$L = - \sum_{ij}(T_{ij}\log T_{ij} - T_{ij}) + \sum_{a}\lambda_a(W_a - \sum_{ij} T_{ij}P_{ija})$$

โดยที่ λ_a หมายถึง ค่า Lagrangian Multipliers

การแก้สมการในรูปของ Lagrangian Function กระทำได้โดยการ Derivative ค่าของ L เทียบกับ T_{ij} แล้วให้เท่ากับศูนย์ ดังนี้

$$\partial L/\partial T_{ij} = -\log T_{ij} - \sum_{a}\lambda_a P_{ija} = 0$$

$$\log T_{ij} = -\sum_{a}\lambda_a P_{ija}$$

จัดให้อยู่ในรูป Exponential ได้

$$T_{ij} = \exp(-\sum_a \lambda_a P_{ija})$$

$$= \prod_a \exp(-\lambda_a P_{ija})$$

$$T_{ij} = \prod_a X_a^{P_{ija}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.2)$$

โดยที่ $X_a = \exp(-\lambda_a)$ ซึ่งเป็นค่า Balancing Factors ดังกล่าวข้างต้น

4.2.2.2 การประมาณตารางการเดินทางกรณีมีตารางการเดินทางเริ่มต้น (With Initial Trip Matrix) ในกรณีที่มีตารางการเดินทางเริ่มต้นที่เคยทำการวิเคราะห์หรือสำรวจไว้ครั้งก่อน แม้ว่าจะไม่ละเอียดถูกต้องมากนัก แต่โดยวิธีนี้สามารถใช้เทคนิคการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรในปีปัจจุบัน มาทำการปรับปรุงตารางการเดินทางให้ดีขึ้น โดยมีสมมติฐานคือ กำหนดให้ค่าความแตกต่างของตารางการเดินทางที่ประมาณขึ้นใหม่ (T_{ij}) กับตารางการเดินทางที่ทำการพัฒนาไว้ในอดีต (t_{ij}) มีค่าความแตกต่างกันน้อยที่สุด โดยมีปริมาณการจราจรในปีปัจจุบันเป็นข้อจำกัด (Constraint) นั่นคือการ Minimize ค่าความแตกต่างของ T_{ij} และ t_{ij} แสดงดังสมการต่อไปนี้

$$|T_{ij}-t_{ij}| = \sum_{ij} (T_{ij}\log T_{ij}/t_{ij} - T_{ij} + t_{ij})$$

$$\text{Min} \quad \sum_{ij} (T_{ij}\log T_{ij}/t_{ij} - T_{ij} + t_{ij})$$

$$\text{Subject to} \quad W_a = \sum_{ij} T_{ij} P_{ija}$$

จัดให้อยู่ในรูปของ Lagrangian Function ได้

$$L = \sum_{ij} (T_{ij}\log T_{ij}/t_{ij} - 1) + \sum_a \lambda_a (W_a - \sum_{ij} T_{ij} P_{ija})$$

Derivative L เทียบกับ T_{ij} ให้เท่ากับศูนย์

$$\partial L / \partial T_{ij} = \log T_{ij}/t_{ij} - \sum_a \lambda_a P_{ija} = 0$$

$$T_{ij}/t_{ij} = \exp(-\sum_a \lambda_a P_{ija})$$

$$= \prod_a \exp(-\lambda_a P_{ija})$$

$$= \prod_a X_a^{P_{ija}}$$

$$T_{ij} = t_{ij} \prod_a X_a^{P_{ija}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4.3)$$

จากสมการ (4.2) และ (4.3) เป็นแบบจำลองในการประมาณตารางการเดินทางในกรณีที่ไม่มีตารางการเดินทางเริ่มต้น และกรณีมีตารางการเดินทางเริ่มต้นตามลำดับ จะสังเกตได้ว่าสมการในการวิเคราะห์ตารางการเดินทางในกรณีไม่มีตารางการเดินทางเริ่มต้นมีรูปแบบเหมือนกับในกรณีที่มีตารางการเดินทางเริ่มต้น แต่กำหนดค่า t_{ij} ให้เท่ากับ 1 ทุกคู่พื้นที่ย่อย ซึ่งหมายความว่าการเดินทางของทุก ๆ คู่พื้นที่ย่อยมีความสำคัญเท่ากับทุกคู่พื้นที่

หลักการพื้นฐานในการวิเคราะห์ค่า T_{ij} ในกรณีที่มีตารางการเดินทางเริ่มต้นมีขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนแรก กำหนดให้ค่า Balancing Factor ทุกตัวมีค่าเท่ากับ 1 และค่า T_{ij} กำหนดให้เท่ากับ t_{ij}

2. สำหรับทุก ๆ สถานีนับรถบน Link

ก. คำนวณปริมาณการจราจรจากแบบจำลอง (V_a) โดยใช้ข้อมูลตารางการเดินทาง (T_{ij}) ขณะนั้น

ข. คำนวณค่า Balancing Factor ใหม่จากสมการ

$$X_a = X_a \cdot \frac{W_a}{V_a}$$

ค. คำนวณค่า T_{ij} ทุกค่าอีกครั้ง

3. เมื่อค่า X_e มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าที่กำหนดไว้ให้หยุดการคำนวณได้ และจะได้ค่า T_{ij} ที่เป็นตารางการเดินทางผลลัพธ์ที่ได้จากการประมาณโดยวิธีนี้

งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีประมาณตารางการเดินทาง โดยกำหนดให้มีตารางการเดินทางเริ่มต้น ซึ่งได้พัฒนาตารางการเดินทางเริ่มต้นขึ้นเอง โดยกำหนดให้มีความสัมพันธ์กับจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ย่อย รายละเอียดในส่วนนี้จะขอกล่าวในหัวข้อ 4.2.3 ในขั้นตอนการวิเคราะห์ตารางการเดินทาง

4.2.3 การประมาณตารางการเดินทางในงานวิจัยนี้

การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรบนทางหลวงในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองที่ได้ใช้ในการศึกษาเพื่อปรับปรุงแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 6 ซึ่งเป็น Software แบบจำลองการวางแผนการคมนาคมขนส่งในเมือง (Urban Transportation Modelling) โดยที่ในงานวิจัยที่ได้นำมาประยุกต์ใช้กับการวางแผนการคมนาคมในระดับภูมิภาคและระดับประเทศ การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรบนทางหลวง (Matrix Estimation from Traffic Count) ในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยขั้นตอนการวิเคราะห์ 4 ขั้นตอนหลัก แสดงดังรูปที่ 4.4 และแต่ละขั้นตอนประกอบด้วย

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทางกายภาพของโครงข่ายทางหลวง
2. การจัดเตรียมข้อมูลปริมาณการจราจร
3. การวิเคราะห์ Matrix ความน่าจะเป็น
4. การวิเคราะห์ตารางการเดินทาง

4.2.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายทางหลวง ประกอบด้วยข้อมูล 7 ส่วน ดังนี้

1. Link หมายถึง ข้อมูลช่วงสายทางที่กำกับไว้ด้วยหมายเลขประจำ Node ข้อมูล Node และ Link นี้ได้กล่าวรายละเอียดในการพัฒนาไว้ในหัวข้อ 3.4.3

2. ความยาวของ Link หมายถึง ความยาวระหว่าง Node 2 Node ที่ประกอบขึ้นเป็น Link นั้น ข้อมูลในส่วนนี้ได้จากบัญชีระยะทางควบคุมทางหลวงจากกองวางแผนกรมทางหลวง

3. ความเร็ว (S) เป็นความเร็วที่กำหนดไว้สำหรับ Link นั้น ๆ ข้อมูลความเร็วบน Link ได้ใช้ข้อมูลความเร็วตามมาตรฐานในการออกแบบทางหลวงแต่ละประเภท ซึ่งเป็นความเร็วในลักษณะความเร็วอิสระ (Free Flow Speed) โดยกำหนดความเร็วไว้ดังตารางที่ 4.1

4. ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและปริมาณการจราจร (Speed Flow Curve Relationship Data) ข้อมูลในส่วนนี้กำหนดไว้เป็น Classified 1 ของข้อมูลทางกายภาพของโครงข่ายทางหลวง เป็นข้อมูลสำคัญที่จะนำไปใช้ในขั้นตอนการจัดเส้นทางการเดินทาง ข้อมูลในส่วนนี้จะขอกล่าวในรายละเอียดไว้ในบทที่ 5

5. ประเภททางหลวง กำหนดไว้เป็น Classified 2 โดยแบ่งประเภททางหลวงออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

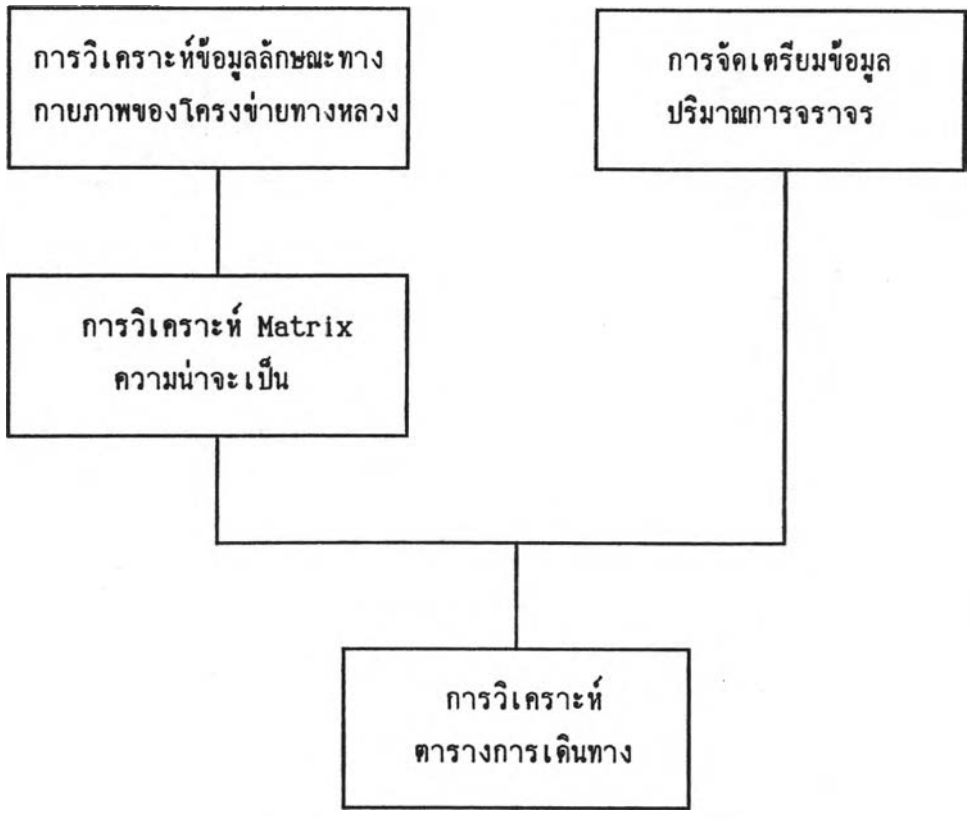
- หมายเลข 1 แทน ทางหลวงแผ่นดินสายประธาน ที่มีหมายเลข 1 ตัว
- หมายเลข 2 แทน ทางหลวงแผ่นดินสายประธาน ที่มีหมายเลข 2 ตัว
- หมายเลข 3 แทน ทางหลวงแผ่นดินสายรองประธาน ที่มีหมายเลข 3 ตัว
- หมายเลข 4 แทน ทางหลวงจังหวัด
- หมายเลข 5 แทน ทางหลวงสมมติ

รายละเอียดของทางหลวงแต่ละประเภทได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.4.2

6. หมายเลขสถานีสำรวจปริมาณการจราจร (Number of Traffic Count Station) กำหนดไว้เป็น Classified 3 โดยแยกกำหนดสถานีสำรวจปริมาณการจราจรไว้เป็นรายภาค

7. ทิศทางการจราจร หมายถึง การกำหนดทิศทางการจราจรบนโครงข่ายทางหลวง โดยที่ หมายเลข 1 หมายถึง ทิศทางการจราจรแบบทางเดียวจาก ANODE ไปยัง BNODE หรือจาก BNODE ไป ANODE และหมายเลข 2 หมายถึง ทิศทางการจราจรแบบสองทาง

ตัวอย่างข้อมูลลักษณะทางภายภาพของโครงข่ายทางหลวงในระบบ Node-Link แสดงดังตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.4 ขั้นตอนหลักในการประมาณตารางการเดินทาง

ตารางที่ 4.1 ความเร็วเดินทางบน Link ของทางหลวงแต่ละประเภท

ลักษณะพื้นที่	ความเร็วเดินทางบน Link (กม./ชม.)				
	ประเภททางหลวง				
	1	2	3	4	5
ต้วเมือง	70	70	65	65	65
นอกเมือง	90	85	80	65	70

ตารางที่ 4.2 ตัวอย่างข้อมูลลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายทางหลวงในระบบ Node-Link

ANODE-BNODE	ระยะทาง (Km) (xx.x)	SPEED OR TIME	SPEED (Km/Hr)	Classified			One Way or Two Way
				1	2	3	
455-456	222	S	90	5	1		2
456-457	5	S	90	5	1		2
456-1366	500	S	65	29	4		2
457-458	38	S	70	1	1		2
458-459	331	S	90	5	1		2
459-460	119	S	90	5	1		2
459-1140	2	S	65	17	3		2
460-461	259	S	90	5	1	41	1
461-460	259	S	90	5	1	42	1
461-462	78	S	70	2	1		2
462-576	284	S	80	21	3		2
462-464	50	S	70	1	1		2
464-465	200	S	90	5	1		2
465-466	241	S	90	5	1		2
466-467	115	S	90	5	1		2
467-468	244	S	90	5	1		2
467-1206	364	S	80	21	3		2
468-469	4	S	90	5	1		2
468-1206	189	S	80	21	3		2
469-470	285	S	90	5	1	39	1
470-469	285	S	90	5	1	40	1
470-471	13	S	90	5	1		2
471-472	273	S	90	5	1		2

การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายทางหลวงในขั้นตอนนี้ เป็นการวิเคราะห์เพื่อจำลองสภาพโครงข่ายทางหลวงที่อยู่รูปของ Node-Link ที่ได้พัฒนาไว้แล้วในหัวข้อ 3.4.3 ลงในคอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรม BHNET ซึ่งโปรแกรมนี้จะทำการตรวจสอบความถูกต้องของโครงข่ายทางหลวง เช่น Node-Link ต่าง ๆ เชื่อมต่อกันถูกต้องหรือไม่ ลักษณะต่าง ๆ ถูกต้องตามข้อกำหนดของโปรแกรมหรือไม่ เป็นต้น ถ้ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นโปรแกรมจะรายงานผลเพื่อให้ทำการแก้ไขให้ถูกต้องก่อนนำข้อมูลโครงข่ายทางหลวงนี้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

เมื่อได้ทำการจำลองสภาพโครงข่ายทางหลวงลงในคอมพิวเตอร์ ซึ่งเก็บในรูปของ Network File โดยโปรแกรม BHNET เรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนต่อไปจะทำการจำลองแนวเส้นทางการเดินทาง (Trees) สำหรับแต่ละคู่พื้นที่ย่อย (OD Pairs) โดยโปรแกรม BHTREE โดยใช้ค่าการเดินทาง (Travel Cost) เป็นตัวแปรในการกำหนดแนวเส้นทางการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อย โดยที่ค่า Travel Cost ที่ใช้คำนวณ Link Cost สำหรับแต่ละแนวเส้นทางมีสมการ ดังนี้

$$\text{Link Cost} = a.T + b.D + c.D.V^2 + k.\text{CLASS_3}$$

โดยที่ Link Cost = ค่าการเดินทางบนเส้นทาง (Link)

T = เวลาการเดินทางบน Link หน่วย นาที

D = ระยะทางของ Link หน่วย กิโลเมตร

V^2 = ความเร็วการเดินทางบน Link ยกกำลังสอง

CLASS_3 = ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ บน Link เช่น ค่าธรรมเนียมผ่านทาง เป็นต้น

a,b,c,k = ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ

ค่าเวลาการเดินทางและระยะทาง เป็นค่าที่ได้จากข้อมูลโครงข่ายทางหลวงจริงที่ได้พัฒนาขึ้น สำหรับค่า CLASS_3 นั้น ได้กำหนดให้เท่ากับศูนย์ เนื่องจากไม่สะท้อนสภาพการเดินทางที่แท้จริงในระดับภูมิภาคมากนัก โปรแกรม BHTREE นี้มีวิธีในการจำลองแนวเส้นทางการเดินทาง 2 วิธี คือ

ก. All or Nothing Trees เป็นวิธีจำลองแนวเส้นทางการเดินทางระหว่างแต่ละพื้นที่ย่อยที่ใช้เส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างแต่ละคู่พื้นที่ย่อย โดยที่แนวเส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่มีค่า Link Cost ต่ำที่สุด

ข. Multi-Route Trees เป็นวิธีจำลองแนวเส้นทางการเดินทางในกรณีที่ผู้ขับขี่ยวดยานไม่ทราบว่าเส้นทางใดมีค่า Link Cost ต่ำที่สุด ดังนั้นจึงใช้หลักการกำหนดค่า Link Cost แบบสุ่มเพื่อกำหนดแนวเส้นทางการเดินทางระหว่างแต่ละคู่พื้นที่ย่อยนั้น ๆ โดยวิธีนี้ได้กำหนดค่า Standard Link Cost ดังตารางที่ 4.3

แนวเส้นทางการเดินทางแบบ Multi-Route Trees นี้ได้สร้างจาก Link Cost แบบสุ่ม ซึ่งคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Randomised Cost} = \text{Kost}(1 + \text{Dist}_i.\text{Dev}_j) + k.\text{CLASS_3}$$

โดยที่ $\text{Kost} = a.T + b.D + c.D.V^2$

Dist_i = ค่า Distribution จากตารางที่ 4.3 สอดคล้องกับจำนวนแนวเส้นทางที่เลือกใช้ โดยกำหนดไว้ 1 ถึง 8 แนวเส้นทาง

ตารางที่ 4.3 ค่าการเดินทางมาตรฐาน ของวิธี Multi-Route Trees

No. of Route Trees	Upper Limit of Link Cost Ranges	Deviation (Dev)	Distribution (Dist)
1	0.23	0.40	-1.50
2	0.47	0.28	-1.16
3	0.94	0.20	-0.87
4	1.87	0.14	-0.46
5	3.75	0.10	0.02
6	7.50	0.07	0.50
7	15.00	0.05	1.28
8	30.00	0.04	2.10

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีจำลองแนวเส้นทางการเดินทาง (Trees) ระหว่างแต่ละคู่พื้นที่ย่อยโดยวิธี Multi-Route Trees เนื่องจากในการเดินทางระหว่างแต่ละคู่พื้นที่ย่อยนั้นมักมีแนวเส้นทางการเดินทางได้หลายเส้นทาง และแต่ละแนวเส้นทางนั้นจะมีค่า Link Cost ใกล้เคียงกัน จึงเป็นการยากที่จะกำหนดให้แน่ชัดลงไปได้ว่าผู้ขับขี่จะเลือกเส้นทางใดในการ

เดินทางระหว่างแต่ละคู่พื้นที่ย่อย ดังนั้นวิธีที่พอจะจำลองสภาพการเดินทางของผู้ขับขี่ยวดยานที่เป็นไปได้คือวิธี Multi-Route Trees โดยกำหนดให้มีค่า Link Cost 4 ค่า กล่าวคือ กำหนดให้มีแนวเส้นทางระหว่างแต่ละคู่พื้นที่ย่อยไว้ 4 แนวเส้นทาง

การกำหนดแนวเส้นทางการเดินทาง (Trees) ระหว่างแต่ละคู่พื้นที่ย่อยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดใช้ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการค่าการเดินทาง (Link Cost) ดังนี้คือ กำหนดให้ค่าสัมประสิทธิ์ a เท่ากับ 1.00 ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ b,c และ k กำหนดให้เท่ากับศูนย์ ซึ่งหมายความว่า ไม่ได้นำค่าเหล่านี้มาพิจารณาในการคำนวณค่า Link Cost ด้วย เนื่องจากผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานให้การเดินทางบนทางหลวงระหว่างแต่ละคู่พื้นที่ย่อยขึ้นอยู่กับค่าเวลาหรือความเร็วการเดินทางบนเส้นทางเพียงอย่างเดียว โดยใช้ค่าเวลาหรือความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางเป็นตัวแปรในการเปรียบเทียบค่าการเดินทางกับเส้นทางอื่น ๆ ดังนั้นค่าการเดินทาง (Link Cost) ที่ได้จากสมการข้างต้นจึงไม่ใช่ค่า Link Cost ที่แท้จริง แต่เป็นค่า Link Cost ที่ใช้เพื่อการเปรียบเทียบค่าการเดินทางของแต่ละเส้นทางการเดินทางที่มีจุดต้นทางจุดปลายทางเดียวกัน เนื่องจากการศึกษาปริมาณการเดินทางระหว่างเมืองในภูมิภาคในลักษณะกว้าง ๆ การใช้ข้อสมมติฐานนี้เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ได้

4.2.3.2 การจัดเตรียมข้อมูลปริมาณการจราจร ข้อมูลปริมาณการจราจรที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากข้อมูลปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT) ปี พ.ศ. 2531 ที่ได้ทำการเก็บรวบรวมไว้โดยกองวิศวกรรมการจราจร กรมทางหลวง เนื่องจากข้อมูลปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปีนี้เป็นปริมาณการจราจรรวมในทั้งสองทิศทาง ดังนั้นในการคิดปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางนั้น ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานให้การเดินทางบนทางหลวงในภูมิภาคมีปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางเท่ากัน ฉะนั้นปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางจึงเท่ากับครึ่งหนึ่งของปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปีบนสายทางนั้น จากนั้นได้นำข้อมูลปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางของทุกสถานีสำรวจปริมาณการจราจร ที่ใช้เป็นสถานีทดลองและสถานีควบคุมมาเปลี่ยนเป็นปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ชั่วโมงเร่งด่วนเท่ากับร้อยละ 6.59 ซึ่งรายละเอียดในการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ชั่วโมงเร่งด่วนนี้ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.5.3 ข้อมูลปริมาณการจราจรในงานวิจัยนี้ได้แบ่งประเภทยวดยานออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. รถยนต์ส่วนบุคคล (Passenger Car)
2. รถโดยสาร (Bus)
3. รถบรรทุก (Truck)

รายละเอียดข้อมูลปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน ที่ใช้ในการประมาณตารางการเดินทางสำหรับแต่ละสถานีนับรถทดลองในแต่ละภาค และสถานีนับรถควบคุมทั่วประเทศแสดงในภาคผนวก ง

จากข้อมูลปริมาณการจราจรในแต่ละภาค ได้นำมาสร้างเป็นแฟ้มข้อมูลปริมาณการจราจร สำหรับยวดยานแต่ละประเภทโดยโปรแกรม VMAT2 เพื่อจัดรูปแบบข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการประมาณตารางการเดินทางด้วยโปรแกรม VMAT3 ต่อไป

4.2.3.3 การวิเคราะห์ Matrix ความน่าจะเป็นของการเดินทาง การวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความน่าจะเป็น (Probability) ของการเดินทางระหว่างแต่ละคู่จุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทาง ที่ผ่านสถานีนับรถที่กำหนดไว้ โดยใช้โปรแกรม VMAT1 โดยใช้ข้อมูลแนวเส้นทางการเดินทางที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้โดยโปรแกรม BHTREE ในตอนต้น ข้อมูล Matrix ความน่าจะเป็นที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรม VMAT1 นี้จะเก็บไว้ในแฟ้มข้อมูล Probability 1 และ Probability 2 โดยที่แฟ้มข้อมูล Probability 1 เป็นข้อมูลความน่าจะเป็นของแต่ละคู่จุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทางที่ผ่านสถานีนับรถที่กำหนด และแฟ้มข้อมูล Probability 2 เก็บข้อมูลรายละเอียดของแต่ละสถานีนับรถ ประกอบด้วยข้อมูล 3 ส่วน ได้แก่

1. พื้นที่ย่อยที่เป็นจุดต้นทางการเดินทาง
2. พื้นที่ย่อยที่เป็นจุดปลายทางการเดินทาง
3. ความน่าจะเป็นของการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อยนี้

แฟ้มข้อมูลปริมาณการจราจรที่ประมวลผลโดยโปรแกรม VMAT2 และแฟ้มข้อมูลความน่าจะเป็นของการเดินทาง Probability 1 และ Probability 2 ที่ประมวลผลโดยโปรแกรม VMAT1 จะนำไปใช้เป็นข้อมูลหลักในการประมาณตารางการเดินทางด้วยโปรแกรม VMAT3 ในขั้นตอนต่อไป

4.2.3.4 การวิเคราะห์ตารางการเดินทาง ข้อมูลหลักที่ใช้ในการประมาณตารางการเดินทางด้วยโปรแกรม VMAT3 นี้ประกอบด้วย

1. แฟ้มข้อมูลความน่าจะเป็นของการเดินทาง ได้แก่ Probability 1 และ Probability 2
2. แฟ้มข้อมูลปริมาณการจราจร
3. ตารางการเดินทางเริ่มต้น (Initial Trip Matrix) หมายถึง ตารางการเดินทาง ที่ได้ทำการสำรวจตัวอย่างจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทางไว้แล้วในพื้นที่ศึกษา

จริง หรือตารางการเดินทางในพื้นที่ศึกษาเดียวกันนี้ที่ได้เคยมีการพัฒนาไว้ในอดีต ถ้ามีข้อมูลตารางการเดินทางเริ่มต้นในส่วนนี้แล้ว จะมีผลให้การประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรโดยโปรแกรม VMAT3 มีความถูกต้องมากขึ้น สำหรับในงานวิจัยนี้เนื่องจากในผลงานที่ผ่านมายังไม่เคยมีการศึกษาจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทางในพื้นที่ย่อยระดับจังหวัดและในพื้นที่ศึกษาระดับประเทศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมติฐานสำหรับตารางการเดินทางเริ่มต้น โดยกำหนดให้การเกิดการเดินทางและดึงดูดการเดินทางระหว่างแต่ละคู่พื้นที่ย่อยทั้ง 73 พื้นที่ย่อยมีสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนประชากรในพื้นที่ย่อยนั้น โดยไม่คำนึงถึงระยะทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อยนั้น ค่าสัดส่วนการเดินทางเพื่อกำหนดให้เป็นตารางการเดินทางเริ่มต้นคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$F_{ij} = P_i.P_j/\sum_j\sum_i(P_i.P_j)$$

โดยที่ F_{ij} = สัดส่วนการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย i ไปยังพื้นที่ย่อย j

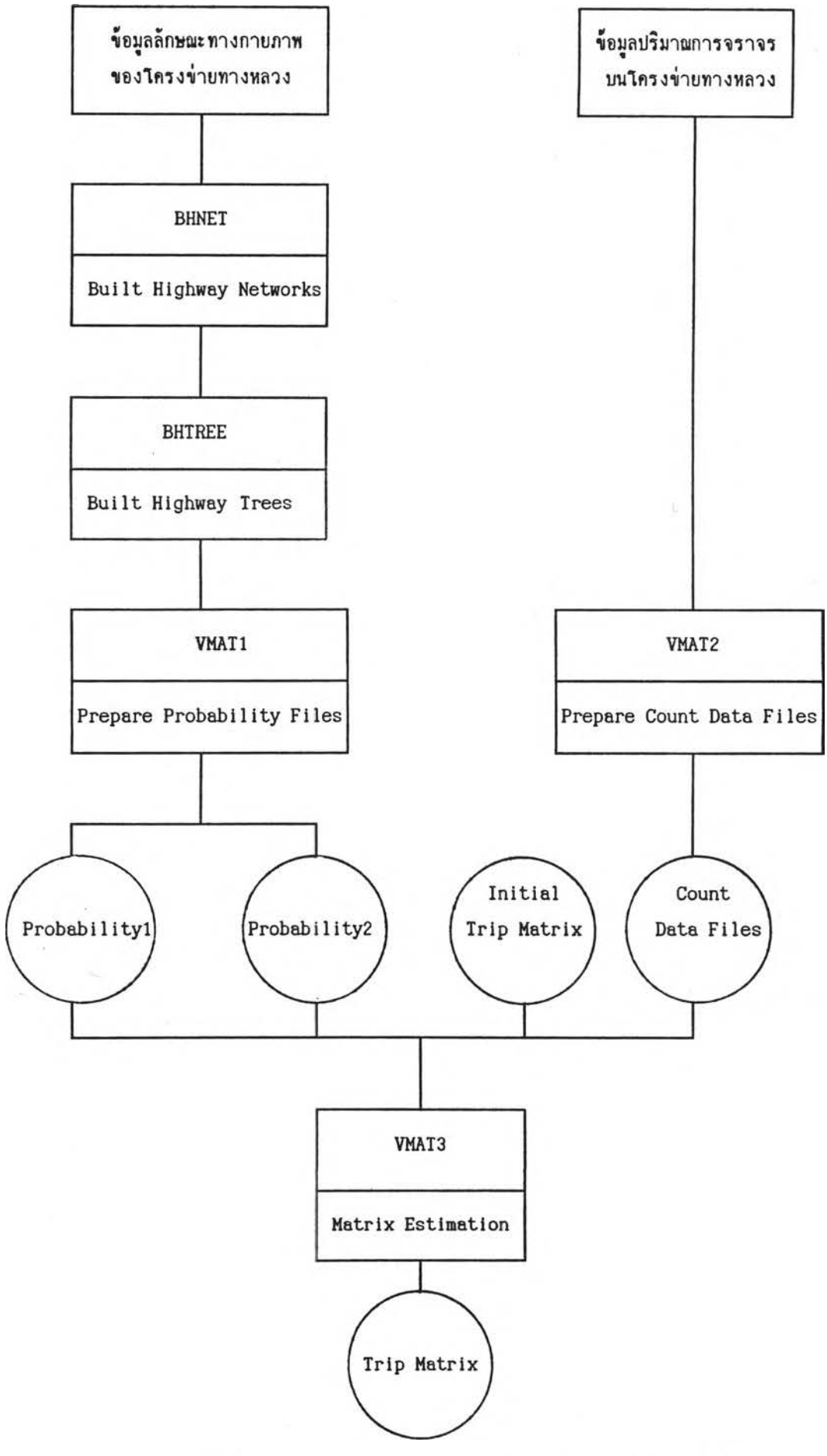
P_i = จำนวนประชากรในพื้นที่ย่อย i

P_j = จำนวนประชากรในพื้นที่ย่อย j

การประมาณตารางการเดินทางในงานวิจัยนี้ ได้แบ่งออกเป็น 5 รอบ (Iterations) โดยในแต่ละรอบมีขั้นตอนดังรูปที่ 4.5 และมีรายละเอียดในการวิเคราะห์ดังนี้

<u>รอบที่ 1</u> กำหนดสถานีนับรถทดลองไว้ในภาคเหนือ วิเคราะห์แนวเส้นทางการเดินทางแบบ Multi-Route Trees 4 แนวเส้นทางด้วยโปรแกรม BHNET และ BHTREE จากนั้นทำการวิเคราะห์ Matrix ความน่าจะเป็นของการเดินทางที่ผ่านสถานีนับรถทดลองด้วยโปรแกรม VMAT1 ได้ Matrix ความน่าจะเป็น Probability 1 และ Probability 2 และทำการสร้างแฟ้มข้อมูลปริมาณการจราจรของยวดยานทั้งสามประเภท ได้แก่ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car) รถโดยสาร (Bus) และรถบรรทุก (Truck) ด้วยโปรแกรม VMAT2 จากนั้นทำการประมาณตารางการเดินทางของยวดยานแต่ละประเภทด้วยโปรแกรม VMAT3 โดยในรอบที่ 1 นี้ใช้ตารางการเดินทางเริ่มต้นที่ได้ประมาณไว้จากค่าสัดส่วนของประชากรในพื้นที่ย่อยดังกล่าวข้างต้น ได้ผลลัพธ์ตารางการเดินทางดังนี้ คือ

- ตารางการเดินทางของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Trip Matrix, P_1)
- ตารางการเดินทางของรถโดยสาร (Bus Trip Matrix, B_1)
- ตารางการเดินทางของรถบรรทุก (Truck Trip Matrix, T_1)



รูปที่ 4.5 ขั้นตอนการวิเคราะห์ตารางการเดินทางในงานวิจัยครั้งนี้

รอบที่ 2 กำหนดสถานีนับรถทดลองไว้บนโครงข่ายทางหลวงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำการวิเคราะห์แนวเส้นทางการเดินทาง Matrix ความน่าจะเป็นของการเดินทางและข้อมูลปริมาณการจราจรของสถานีนับรถที่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีขั้นตอนและวิธีการเช่นเดียวกับในรอบที่ 1 แต่ในขั้นตอนการประมาณตารางการเดินทางของยวดยานแต่ละประเภทด้วยโปรแกรม VMAT3 นั้นได้นำตารางการเดินทางของยวดยานประเภทนั้น ๆ ที่เป็นผลลัพธ์จากการประมาณตารางการเดินทางในรอบที่ 1 ได้แก่ P_1, B_1 และ T_1 เป็นตารางการเดินทางเริ่มต้น ได้ผลลัพธ์ตารางการเดินทางของยวดยานแต่ละประเภทในรอบที่ 2 ดังนี้ คือ P_2, B_2 และ T_2 ได้แก่ตารางการเดินทางของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถโดยสาร และรถบรรทุก ตามลำดับ

รอบที่ 3 กำหนดสถานีนับรถทดลองไว้บนโครงข่ายทางหลวงในภาคกลาง ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับในรอบที่ 2 แต่ในขั้นตอนการประมาณตารางการเดินทาง ได้นำตารางการเดินทาง P_2, B_2 และ T_2 เป็นตารางการเดินทางเริ่มต้น ได้ผลลัพธ์ตารางการเดินทาง P_3, B_3 และ T_3 สำหรับรถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถโดยสาร และรถบรรทุก ตามลำดับ

รอบที่ 4 กำหนดสถานีนับรถทดลองไว้บนโครงข่ายถนนทางหลวงในภาคใต้ ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับในรอบที่ 3 และเช่นเดียวกัน ได้ทำตารางการเดินทางที่เป็นผลลัพธ์จากรอบที่ 3 เป็นตารางการเดินทางเริ่มต้นในการประมาณตารางการเดินทางได้ผลลัพธ์ตารางการเดินทาง P_4, B_4 และ T_4

รอบที่ 5 กำหนดสถานีนับรถซึ่งใช้เป็นสถานีควบคุมกระจายอยู่บนโครงข่ายทางหลวงตามภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศรวม 40 สถานี ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับในรอบที่ 4 โดยใช้ตารางการเดินทางเริ่มต้นที่เป็นผลลัพธ์จากรอบที่ 4 ได้ตารางการเดินทางสุดท้าย (Final Trip Matrix) คือ P_5, B_5 และ T_5 สำหรับตารางการเดินทางของรถยนต์ส่วนบุคคล รถโดยสาร และรถบรรทุก ตามลำดับ ตารางการเดินทางเหล่านี้ถือเป็นผลลัพธ์สุดท้ายที่จะนำไปใช้เป็นตารางการเดินทางในปีฐาน เพื่อพัฒนาแบบจำลองเพื่อสร้างตารางการเดินทางในอนาคต

การประมาณตารางการเดินทางในงานวิจัยนี้ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.4 และผลลัพธ์จากการประมาณตารางการเดินทางจากประมาณการจราจรบนทางหลวงโดยวิธีนี้สรุปได้ดังนี้ สำหรับตารางการเดินทางของรถยนต์ส่วนบุคคลมีจำนวนการเดินทางทั้งหมดในชั่วโมงเร่งด่วนเท่ากับ 7,630 Trips สำหรับรถโดยสารมีจำนวนการเดินทางทั้งหมดในชั่วโมงเร่งด่วนเท่ากับ 4,299 Trips และสำหรับรถบรรทุกมีจำนวนการเดินทางทั้งหมดในชั่วโมงเร่ง

ตารางที่ 4.4 รายละเอียดการวิเคราะห์ตารางการเดินทางในแต่ละขั้นตอน

รอบที่ (i)	ตำแหน่งสถานีนับรถ	ตารางการเดินทางเริ่มต้น	ตารางการเดินทางผลลัพธ์
1	ภาคเหนือ	P_0 P_0 P_0	P_1 B_1 T_1
2	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	P_1 B_1 T_1	P_2 B_2 T_2
3	ภาคกลาง	P_2 B_2 T_2	P_3 B_3 T_3
4	ภาคใต้	P_3 B_3 T_3	P_4 B_4 T_4
5	ทั่วประเทศ	P_4 B_4 T_4	P_5 B_5 T_5

โดยที่ P_0 = ตารางการเดินทางเริ่มต้นที่พัฒนาจากสัดส่วนของประชากรในพื้นที่ย่อย

P_i, B_i, T_i = ตารางการเดินทางของรถยนต์ส่วนบุคคล รถโดยสาร และรถบรรทุกตามลำดับของการประมาณตารางการเดินทางรอบที่ i

ด่วนเท่ากับ 9,822 Trips รวมจำนวนการเดินทางของยวดยานทั้ง 3 ประเภทในชั่วโมงเร่งด่วนเท่ากับ 21,751 Trips

4.3 <u>การทดสอบความถูกต้องของตารางการเดินทาง</u>

เนื่องจากในผลงานที่ผ่านมายังไม่มีการศึกษาความต้องการเดินทางในพื้นที่ย่อยระดับจังหวัดและในพื้นที่ศึกษารวมระดับประเทศ อีกทั้งผู้วิจัยไม่สามารถทำการเก็บข้อมูลจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทางเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของตารางการเดินทางที่ได้ประมาณขึ้นจากปริมาณการจราจรได้ ดังนั้นแนวทางที่พอจะนำมาใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตารางการเดินทางที่ได้ประมาณขึ้นคือ การทดลองจัดเส้นทางการเดินทาง(Traffic Assignment) โดยใช้ตารางการเดินทางที่ได้ประมาณขึ้นในหัวข้อ 4.2 และโครงข่ายทางหลวงปัจจุบันในปีฐาน (พ.ศ.2531) โดยใช้สถานีนับรถทดลองที่กระจายอยู่ตามภาคต่าง ๆ และสถานีนับรถควบคุมที่กระจายอยู่บนโครงข่ายทางหลวงทั่วประเทศ รวมทั้งสิ้น 135 สถานี เป็นจุดที่ใช้เพื่อการทดสอบ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณการจราจรที่ได้จากการทำ Traffic Assignment กับปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปีที่ได้จากการสำรวจของกองวิศวกรรมการจราจร กรมทางหลวง รายละเอียดในการจัดทำ Traffic Assignment ผู้วิจัยจะกล่าวโดยละเอียดในบทที่ 5

จากผล Traffic Assignment ได้ปริมาณการจราจรรวมยวดยานทั้งสามประเภทเปรียบเทียบกับปริมาณการจราจรที่ได้จากการสำรวจจริงสำหรับสถานีนับรถทดลองในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ และสถานีนับรถควบคุมทั่วประเทศ ดังแสดงในภาคผนวก จ

จากผลการเปรียบเทียบปริมาณการจราจรจาก Traffic Assignment กับปริมาณการจราจรที่สำรวจจริงพบว่า มีค่าความแตกต่างโดยเฉลี่ย (Error Rate) ดังตารางที่ 4.5

และจากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างปริมาณการจราจรจาก Traffic Assignment กับปริมาณการจราจรจากการสำรวจสำหรับสถานีนับรถในแต่ละภาค สรุปผลได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 ค่าความแตกต่างโดยเฉลี่ยระหว่างปริมาณการจราจรจาก Traffic Assignment กับปริมาณการจราจรจากการสำรวจ

ตำแหน่งสถานีนับรถ	ค่าความแตกต่างโดยเฉลี่ย (%)
ภาคเหนือ	-6.88
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	5.33
ภาคกลาง	-24.39
ภาคใต้	-7.04
ทั่วประเทศ	1.54

ตารางที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างปริมาณการจราจรจาก Traffic Assignment กับปริมาณการจราจรจากการสำรวจ

ตำแหน่งสถานีนับรถ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
ภาคเหนือ	0.6786
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	0.9365
ภาคกลาง	0.7717
ภาคใต้	0.7088
ทั่วประเทศ	0.9147

จากผลการวิเคราะห์ค่าความแตกต่าง(Error Rate) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการจราจรจาก Traffic Assignment กับปริมาณการจราจรที่สำรวจจริง พบว่ามีค่าความแตกต่างโดยเฉลี่ยไม่มากนักอยู่ในช่วงร้อยละ -24.39 ถึงร้อยละ 5.33 และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) อยู่ในเกณฑ์ที่ดีคือ อยู่ระหว่าง 0.70 ถึง 0.90 ดังนั้นจึงพอสรุปได้ว่า การประมาณตารางการเดินทางโดยใช้พื้นที่ศึกษาและโครงข่ายทางหลวงในส่วนภูมิภาค สามารถนำเทคนิคการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรมาประยุกต์ใช้ได้