หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ทบทวนทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษาและขั้นตอนในการศึกษา

2.1 แบบจำลองการเดินทางและการขนส่ง

การศึกษาลักษณะ และพฤติกรรมของการเดินทางในเมืองโดยทั่วไปนิยมใช้ แบบจำลองต่อเนื่อง (Sequential Models) อันประกอบด้วยแบบจำลองย่อย 4 แบบจำลองด้วยกัน คือ

- แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Models)
- แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Models)
- แบบจำลองรูปแบบประเภทการเดินทาง (Modal Split Models)
- แบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment Models)

2.1.1 แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Models)

แบบจำลองการเกิดการเดินทาง เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับหาปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นจากความสัมพันธ์ระหว่างการเดินทาง (Trip) กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเดินทาง เช่น จำนวนประชากร (Population) จำนวนการจ้างงาน (Employment) ของพื้นที่หนึ่ง ๆ การเกิดการเดินทางแบ่งเป็น trip production และ trip attraction

trip production หมายถึง การเดินทางที่เกิดจากพื้นที่ ที่เป็นที่พักอาศัย (Residential area) ซึ่งอาจจะเป็นจุดเริ่มต้น (Origin) หรือจุดปลายทาง (Destination) ของการเดินทางก็ได้ เช่น การเดินทางออกจากบ้านหรือกลับบ้าน(Home-base trip)

trip attraction หมายถึง การเดินทางที่ถูกดึงดูดเนื่องจากจุดมุ่งหมายอื่นที่มิใช่จุดมุ่งหมายเพื่อการกลับที่พักอาศัย (Non Home-base trip) อันได้แก่ การเดินทางไปทำงาน ไปจ่ายตลาด ไปโรงเรียน เป็นต้น

เป็นต้น

ในการสร้างแบบจำลองการเกิดการเดินทางสามารถจำแนกได้ 2 วิธีใหญ่ๆ ได้แก่

1. Aggregate Analysis
2. Disaggregate Analysis

Aggregate Analysis เป็นการวิเคราะห์การเกิดการเดินทางของทั้งระบบ ส่วน Dissggregate Analysis จะวิเคราะห์ถึงพื้นที่ย่อยของระบบ

ในการศึกษาการเกิดการเดินทาง ส่วนใหญ่ อาศัยวิธีการวิเคราะห์แบบถดถอย (Regression Analysis) เพื่อจะสร้างความสัมพันธ์ระหว่างการเดินทางที่เกิดขึ้น กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการเดินทางซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ เช่น

$$T = aP + bE + C \quad \text{.....(2.1)}$$

โดยที่ T = จำนวนการเดินทาง (Trips)
P = จำนวนประชากรในพื้นที่ (Population)
E = จำนวนการจ้างงานในพื้นที่ (Employment)
a,b = ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ (Coefficient)
C = ค่าคงที่ (Constant)

2.1.2 <u>แบบจำลองการกระจายการเดินทาง</u> (Trip Distribution Model)

หลังจากที่ทราบปริมาณความต้องการ ในการเดินทางจากแบบจำลองการเกิดการเดินทางแล้ว การที่จะวิเคราะห์ว่าการเดินทางที่เกิดขึ้นจะเดินทางไปยังพื้นที่ใดบ้างจะต้องอาศัยแบบจำลองการกระจายการเดินทางในการวิเคราะห์ แบบจำลองการกระจายการเดินทางแบ่งเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ ได้แก่

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

ในการที่จะเลือกใช้แบบจำลองใดนั้น ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมการเดินทางและข้อมูลที่ได้มา .

2.1.2.1 แบบจำลองสัดส่วนการเจริญเติบโต (Growth Factor Method)

แบบจำลองชนิดนี้เป็นแบบจำลองที่ค่อนข้างง่ายและไม่ยุ่งยาก โดยมีสมมุติฐานที่ว่า "การกระจายการเดินทางในอนาคต จะเท่ากับ ผลคูณระหว่างการกระจายการเดินทางระหว่างพื้นที่ที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน กับปัจจัยอันหนึ่ง ซึ่งปัจจัยนี้ ต้องสามารถสะท้อนถึงการเจริญเติบโตของพื้นที่นั้น ๆ" การสร้างแบบจำลองการกระจายการเดินทาง โดยใช้สมมุติฐานนี้ ยังแบ่งออกได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมมากที่สุดคือ Fratar Method

วิธี Fratar นี้ใช้สมมุติฐานที่ว่าการเปลี่ยนแปลงของการเดินทางระหว่างพื้นที่จะแปรผันโดยตรง กับการเปลี่ยนแปลงของการเดินทางที่จุดเริ่มต้นของพื้นที่ และจุดปลายทางของพื้นที่ วิธีการนี้เหมาะสมที่จะใช้กับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงไม่มาก เช่น พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ของที่ดินน้อย หรือบริเวณ ที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ

ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ประกอบด้วย ตารางการเดินทาง (Trip table) หรือที่เรียกว่า ตารางแสดงจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทาง(Origin & Destination table) ในปีปัจจุบันหรือปีฐาน (Base year) และจำนวนการเดินทางรวม (Trip end) ของแต่ละพื้นที่ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์หา การกระจายการเดินทางนี้ จะวิเคราะห์เป็นรอบ ๆ (iterate) ซึ่งแสดงเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$T_{ij}(K+1) = [T_{ij}(k)\ F_j(k)\ F_i(k)] \quad \ldots\ldots\ldots (2.2)$$

เมื่อ $$F_j(k) = T_j / [\sum_{i=1} T_{ij}(k)] \quad \text{.....(2.3)}$$

$$F_i(k) = T_i / [\sum_{i=1}^{n} T_{ij}(k)\ F_j(k)] \quad \text{.....(2.4)}$$

โดยที่ $T_{ij}(k)$ = จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และ j สำหรับรอบที่ k

$F_j(k)$ = สัดส่วนการเจริญเติบโตของพื้นที่ปลายทาง j

$F_i(k)$ = สัดส่วนการเจริญเติบโตของพื้นที่ต้นทาง i

T_j = จำนวนการเดินทางที่คาดว่าจะเกิดขึ้นสำหรับพื้นที่ j

T_i = จำนวนการเดินทางรวมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นสำหรับพื้นที่ i

i = เลขรหัสของพื้นที่ต้นทาง

j = เลขรหัสของพื้นที่ปลายทาง

k = จำนวนรอบของการวิเคราะห์เริ่มต้นจากศูนย์

และเมื่อเริ่มต้นที่ k มีค่าเท่ากับศูนย์ ค่าต่าง ๆ ของรอบ k จะเป็นค่าที่ได้มาจากตารางการเดินทางในปีฐาน การคำนวณจะดำเนินไปเรื่อย ๆจนกระทั่งค่า $F_j(k)$ และ $F_j(k)$ มีค่าเข้าใกล้ 1

Dj/Oi	1	2	3	รวม
1	10	20	30	60
2	20	30	10	60
3	30	10	20	60
รวม	60	60	60	180

Di = จุดเริ่มต้นการเดินทาง (Origin)

Dj = จุดปลายทางการเดินทาง (Destination)

1,2,3 = รหัสของพื้นที่ต้นทางหรือปลายทาง (Zone code)

10,20,30 = จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ (Trips)

60 = ผลรวมการทางระหว่างพื้นที่ (Trips end)

180 = ผลรวมของการเดินทางทั้งหมด (Total Trips end)

ตารางที่ 2-1 แสดงตัวอย่างตารางจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทาง

2.1.2.2 แบบจำลองแรงดึงดูดการเดินทาง (Gravity Model)

แบบจำลองชนิดนี้ เป็นแบบจำลองที่นิยมกันมากที่สุด ในการหาการกระจายการเดินทางโดยอาศัยสมมุติฐานที่ว่า "การกระจายของการเดินทางระหว่างพื้นที่ จะแปรผันโดยตรงกับความสามารถในการดึงดูดการเดินทาง ของพื้นที่ปลายทาง (relative attraction) และแปรผันกับความห่างระหว่างพื้นที่ (spatial seperation)" ซึ่งความห่างระหว่างพื้นที่นั้นอาจอยู่ในรูปของ ระยะทาง เวลา หรือแม้กระทั่งค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินทาง ระหว่างจุดต้นทางและจุดปลายทาง สำหรับพื้นที่ในเมือง ความห่างระหว่างพื้นที่นิยมใช้ เวลาในการเดินทางเป็น spatial seperation ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$T_{ij} = P_i A_j F_{ij} K_{ij} / \sum_{i=1}^{n} (A_j F_{ij} K_{ij}) \quad \text{.....(2.5)}$$

โดยที่ T_{ij} = จำนวนการเดินทางที่เกิดในพื้นที่ i และถูกดึงดูดในยังพื้นที่ j

P_i = จำนวนการเกิดการเดินทางในพื้นที่ i

A_j = จำนวนการดึงดูดการเดินทางในพื้นที่ j

F_{ij} = องค์ประกอบที่มีผลต่อการเดินทาง ซึ่งมีค่า ~ $1/t^n$ โดยที่ t คือเวลาในการเดินทาง ระหว่างพื้นที่ และ n เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับเวลาในการเดินทาง จุดประสงค์ในการเดินทางและจำนวนประชากร เป็นต้น

K_{ij} = องค์ประกอบที่ใช้ในการปรับแก้จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่อันเป็นผลมาจากสภาพเศรษฐกิจสังคม ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น

ในการใช้งานจะต้องมีการปรับแก้แบบจำลอง เพื่อให้สามารถจำลองพฤติกรรมการกระจายการเดินทางในปัจจุบันให้ดีที่สุด อันจะส่งผลให้ การทำนายการเดินทางในอนาคตเป็นไปอย่างแม่นยำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2.3 แบบจำลองโอกาสของการเดินทาง

(Intervening Opportunities Model)

แบบจำลองนี้ มีลักษณะคล้ายคลึงกับแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง โดยมีสมมุติฐานที่ว่า "การกระจายการเดินทางระหว่างพื้นที่ต้นทางและพื้นที่ปลายทางจะเท่ากับจำนวนการเดินทางทั้งหมดที่เกิดจากพื้นที่ต้นทาง คูณด้วย ความน่าจะเป็นที่การเดินทางจากพื้นที่ต้นทางจะยอมรับพื้นที่ปลายทางนั้นเป็นจุดหมายปลายทางของการเดินทาง" ซึ่งสามารถแสดงสมการได้ดังนี้

$$T_{ij} = O_i P(D_j) \quad \text{.....(2.6)}$$

โดยที่ $$P(D_j) = (e^{-LB} - e^{-LA}) \quad \text{.....(2.7)}$$

เมื่อ L = ความน่าจะเป็นของการจะยอมรับเป็นจุดหมายปลายทาง

A = ผลรวมของการเป็นจุดหมายปลายทางของการเดินทางทั้งหมดระหว่างพื้นที่ i และ j และรวมจำนวนการเป็นจุดหมายปลายทาง ของพื้นที่ j

B = เช่นเดียวกับ A แต่ไม่รวมการเป็นจุดหมายปลายทางของพื้นที่ j

e = natural log = 2.71828

O_i = จำนวนการเกิดการเดินทางทั้งหมดที่พื้นที่ i

T_{ij} = จำนวนการเดินทางที่เกิดขึ้นในพื้นที่ i และถูกดึงดูดไปยังพื้นที่ j

2.1.3 <u>แบบจำลองรูปแบบประเภทการเดินทาง</u> (Modal Split Model)

แบบจำลองดังกล่าว เป็นแบบจำลองสำหรับแสดงประเภทหรือชนิดของการเดินทาง เช่น เดินทางโดยรถยนต์ หรือรถโดยสาร เป็นต้น แบบจำลองรูปแบบประเภทของการเดินทางจำแนกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

1. Trip End Modal Split Model
2. Trip Interchange Modal Split Model

Trip End Modal Split Model หมายถึง แบบจำลองรูปแบบประเภทของการเดินทางที่แสดงก่อนการกระจายการเดินทาง ส่วน Trip Interchange Modal Split Model หมายถึง แบบจำลองรูปแบบประเภทของการเดินทาง ที่ใช้แสดงภายหลังจากมีการกระจายการเดินทางแล้ว

แบบจำลองรูปแบบประเภทของการเดินทาง มักอาศัยข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจสังคม เช่น รายได้ การศึกษา ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ฯลฯ เป็นพื้นฐาน และต้องอาศัยการคาดคะเนในการตัดสินใจของผู้เดินทาง (trip maker) ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองรูปแบบประเภทของการเดินทางมัก จำเป็นจะต้องอาศัยข้อมูลจากการสัมภาษณ์ (interview) ด้วย

2.1.4) <u>แบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินทาง</u> (Traffic Assignment Model)

แบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินทางนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อกระจายความต้องการในการเดินทางระหว่างพื้นที่ ที่ได้จากแบบจำลองการกระจายการเดินทาง ลงไปบนโครงข่ายถนน (road network)

ในการกำหนดความต้องการในการเดินทาง ระหว่างพื้นที่ต่างๆลงบนโครงข่ายถนน จะพิจารณาเฉพาะถนน และซอยสายหลักๆ เท่านั้น สำหรับข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ ก็มีอยู่ 3 อย่าง คือ ตารางการเดินทาง โครงข่ายถนน และความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว หรือเวลาที่ใช้ในการเดินทาง กับปริมาณการจราจรโดยต้องทำการจำลองโครงข่ายถนน ให้อยู่ในรูปแบบของรหัสตัวเลข (coding) เพื่อง่ายแก่การคำนวณและเรียกชื่อ ซึ่งจะแทนถนนหรือซอยหลักด้วย Links และแทนทางแยกด้วย Nodes แล้วนำไปพิจารณาร่วมกับตารางการเดินทาง ที่ได้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็นพื้นที่ย่อย หรือ โซนจราจร โดยแต่ละพื้นที่ย่อยจะมีจุดศูนย์กลางที่เรียกว่า Centroid เป็นจุดที่ใช้เป็นทางเข้าและออก ของพื้นที่ย่อยนั้น ผ่านทาง Dummy Link ซึ่งจะต่อไปยัง Node ของโครงข่ายถนนอีกที รายละเอียดของแบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินทางมีดังนี้คือ

2.1.4.1 วิธีการจัดเส้นทางการเดินทาง หลักสำคัญในการจัดเส้นทางการเดินทางมีอยู่ 3 ประการคือ

ก) การพิจารณาข้อกำหนดในการเลือกเส้นทาง ของผู้ขับขี่ยวดยาน (Route Selection Criteria) โดยข้อกำหนดที่ว่านั้น จะเป็นการจำลองพฤติกรรมของผู้ขับขี่ยวดยาน ในการเลือกเส้นทางการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย ซึ่งมีสมมุติฐานที่จะใช้ในการทำนายเส้นทางการเดินทาง ของผู้ขับขี่อยู่ 2 ข้อคือ

ก.1) ผู้ขับขี่แต่ละคนจะพิจารณาเลือกเส้นทางที่เขาคิดว่าควรจะเป็นเส้นทางที่ให้ผลดีที่สุดต่อเขาเองทั้งนั้น (User Equilibrium) โดยจะมีระยะทาง หรือเวลาในการเดินทางของเขาเองน้อยที่สุด มิได้คำนึงถึงผลกระทบต่อทั้งระบบ

ก.2) ผู้ขับขี่แต่ละคนจะพิจารณาเลือกเส้นทางที่จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายในการเดินทางทั้งระบบมีค่าน้อยที่สุด (System Optimization)

เส้นทางที่ถูกเลือก ในกรณีของสมมุติฐานข้อแรก (User Equilibrium) อาจจะไม่ใช่เส้นทางที่ถูกเลือก ในกรณี ถ้าใช้สมมุติฐานข้อที่สอง (System Optimization) กล่าวคือ ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายในการเดินทางของทั้งระบบ ในแบบแรกอาจจะไม่ใช่ค่าต่ำสุดที่ควรจะเป็นไปได้

อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปนิยมใช้สมมุติฐานข้อแรก เป็นพื้นฐานในการเลือกเส้นทางสำหรับแบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินทางนี้

ข) การสร้างเส้นทางสำหรับการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย (Tree-Building) ซึ่งจะเป็นการเลือกเส้นทาง บนโครงข่ายถนน หลังจากได้กำหนดในการเลือกเส้นทางของผู้ขับขี่แล้ว ตามปกติการเลือกเส้นทางการเดินทาง (route selection) จะมีตัวแปร ที่มีผลต่อการตัดสินใจ ในการเลือกอยู่ 4 ตัว คือ เวลาที่ใช้ในการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ความสะดวกสบาย และระยะทางในการเดินทาง ของเส้นทางนั้น อาจใช้ตัวแปรตัวใดตัวหนึ่ง หรือหลายตัวประกอบกัน ปรับปรุงขึ้นเป็นค่าตัวแปรประกอบตัวใหญ่ แต่โดยมากนิยมใช้เวลาในการเดินทาง ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางและเป็นค่า

ที่สามารถวัดได้ง่าย โดยเลือกเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด หรืออาจจะพิจารณา เฉพาะระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แต่อย่างไรก็ตาม จะเรียกเส้นทางที่เลือกนี้ว่า n-best paths

ค) การกำหนดปริมาณการเดินทางลงบนเส้นทางการเดินทาง (Allocating Vehicle Trip) โดยหลังจากการสร้างเส้นทางการเดินทางแล้ว ก็จะนำปริมาณการเดินทาง จากตารางการเดินทาง มากำหนดลงบนเส้นทางเหล่านั้น โดยมีวิธีการในการกำหนด (assignment techiniques) ที่นิยมใช้กัน 3 วิธีหลัก ๆ คือ

ค.1) Minimum Path (All-or-Nothing) Assignment Technique เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุด เนื่องจากง่าย และสะดวกในการใช้ เพราะเพียงแต่กำหนดปริมาณการเดินทางทั้งหมด ระหว่างแต่ละพื้นที่ย่อย ลงบนเส้นทางที่เลือกไว้เท่านั้น

ค.2) Equilibrium Assignment Technique เป็นการกำหนดปริมาณการจราจรลงบน link โดยพิจารณา ถึงผลกระทบของระดับปริมาณการจราจรบน link ในขณะนั้น ที่จะมีต่อค่าของตัวแปรที่ใช้ในการเลือกเส้นทางด้วย โดยวิธีการหนึ่งก็คือ Capacity Restraint ซึ่งจะกำหนดปริมาณการจราจรทีละส่วนลงบนถนน อันจะทำให้ความหนาแน่นของการจราจร เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และเวลาที่ใช้ในการเดินทางก็จะถูกปรับแก้ เพื่อให้มีค่าเหมาะสมตามสภาพการจราจรในขนาดนั้น และการเดินทางระหว่างโซนคู่ใด จะถูกกระจายไปบนหลายเส้นทางที่เชื่อมระหว่างโซนคู่นั้น วิธีนี้จะใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากกว่าวิธีแรก และในการศึกษานี้ จะใช้วิธีนี้ในการกำหนดปริมาณการจราจรลงบนโครงข่ายถนน

ค.3) Stochastic Assignment Technique จะเป็นวิธีการกำหนดปริมาณการเดินทางลงบนโครงข่ายถนน ตามเส้นทางที่เป็นไปได้ ในปริมาณต่าง ๆ กัน โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น (probability) เข้าช่วย เนื่องจากในทางปฏิบัตินั้น การเลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดระหว่างพื้นที่ย่อย จะแตกต่างกันไปในระหว่างผู้ขับขี่แต่ละคน ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายอย่าง และการพิจารณาตัดสินใจของแต่ละบุคคล

2.1.4.2) ลักษณะการเคลื่อนตัวของการจราจร (Traffic Flow Characteristic) ในการจัดเส้นทางนี้ จำเป็นต้องทราบถึงคุณลักษณะการเคลื่อนที่ของการ

จราจรบนโครงข่ายถนนซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยตัวแปร 3 ชนิด คือ

ก) ปริมาณการจราจร (volume หรือ flows, V) ซึ่งเป็นจำนวนยวดยานที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งที่กำหนด ในหนึ่งหน่วยเวลา โดยทั่วไปนิยมใช้หน่วยคันต่อชั่วโมง

ข) ความหนาแน่นของการจราจร (density หรือ concentration, d) ซึ่งเป็นจำนวนยวดยานต่อหนึ่งหน่วยความยาวของถนน นิยมแสดงหน่วยเป็นจำนวนคันต่อกิโลเมตร

ค) ความเร็ว (speed, U) หมายถึง ระยะทางที่ยวดยานสามารถเคลื่อนที่ไปได้ ในหนึ่งหน่วยเวลา มักมีหน่วยเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งมี 2 รูปแบบ คือ

ค.1) space mean speed ($\bar{u}_s$) เป็นค่าเฉลี่ยของความเร็วของยวดยาน ที่เคลื่อนที่ไปบนเส้นทางที่กำหนด

ค.2) time mean speed ($\bar{u}_t$) เป็นค่าเฉลี่ยเลขคณิตของ ความเร็วของยวดยานที่ผ่านจุดกำหนดในหนึ่งหน่วยเวลา

โดยทั่วไป การจำลองแบบการเดินทางมักแสดงในรูปของ space mean speed, ($\bar{u}_s$) ซึ่งจะได้ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสาม เป็นดังนี้

$$V = \bar{u}_s * d \quad \text{.....(2.8)}$$

$$\bar{u}_s = V/d \quad \text{.....(2.9)}$$

2.1.4.3 รูปแบบพื้นฐานของการเคลื่อนตัวของการจราจร(Fundamental Diagram of Traffic Flow) รูปที่ 2-1 เป็นการแสดงรูปแบบพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณกับความหนาแน่นของการจราจร โดยสามารถอธิบายคร่าวๆ ดังนี้ ที่จุดเริ่มต้นเมื่อปริมาณการจราจร มีค่าเป็นศูนย์ ความหนาแน่นของการจราจร ก็จะมีค่าเป็นศูนย์ด้วย และที่จุดที่มีความหนาแน่นของการจราจรมากที่สุด ซึ่งทำให้เกิดสภาพการจราจรติดขัด (jam)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

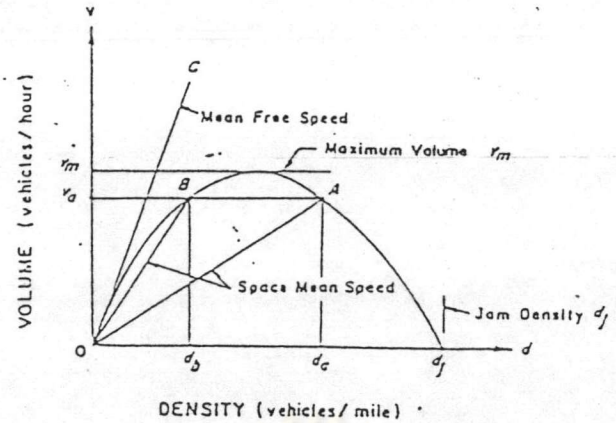
ปริมาณการจราจรในขณะนั้น จะเป็นศูนย์ส่วนจุดที่มีปริมาณการจราจรสูงสุดจะอยู่ระหว่าง 2 จุด ข้างต้น เรียกว่าความจุของถนน (capacity)

จากความสัมพันธ์ในสมการที่ 2.9 จะได้ว่า ค่าความชันของเส้น OA ในรูปที่ 2-1 ก็คือ $\bar{u}_s$ ที่ปริมาณการจราจรมีค่าเท่ากับ V_a และมีความหนาแน่นของการจราจรเท่ากับ d_a ในทำนองเดียวกัน ค่าความชันของเส้นตรง OB ก็หมายถึง $\bar{u}_s$ ที่ปริมาณการจราจร และความหนาแน่นของการจราจรเท่ากับ V_b และ d_b ตามลำดับ ส่วนที่ตำแหน่งความหนาแน่นเท่ากับ d_j ค่า $\bar{u}_s$ จะเท่ากับศูนย์ และ ณ ตำแหน่งความหนาแน่นของการจราจร มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ $\bar{u}_s$ จะมีค่าเท่ากับ ความเร็วที่เคลื่อนผ่านโดยสะดวก (mean free speed, U_f) ดังแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\bar{u}_s$ กับปริมาณการจราจรในรูปที่ 2-2 และแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\bar{u}_s$ กับ ความหนาแน่นของการจราจรใน รูปที่ 2-3

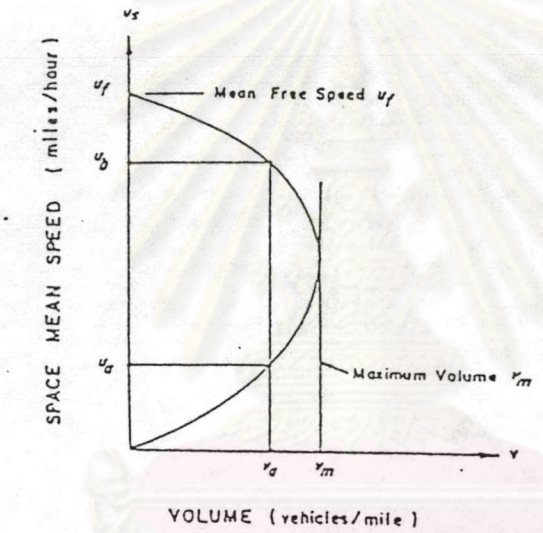
2.1.4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเดินทาง กับปริมาณการจราจร ในการจัดเส้นทางการเดินทาง สิ่งจำเป็นที่สำคัญที่สุด ก็คือความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเดินทาง กับปริมาณการจราจร ซึ่งจะนำไปใช้ในการเลือกเส้นทางการเดินทาง โดยปกติจะพิจารณาเวลาที่ใช้ในการเดินทางและความล่าช้า ที่เกิดขึ้นบนช่วงถนนเท่านั้น แต่การศึกษานี้ ได้คำนึงถึงความล่าช้า (delay) เนื่องจากการหยุดรอสัญญาณไฟ ที่ทางแยกด้วย ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการเดินทาง กับปริมาณการจราจร จะมีด้วยกัน 2 แบบ คือ Intersection Delay และ Link Delay

ก) Intersection Delay หมายถึง ความล่าช้าที่เกิดจากทางแยกสัญญาณไฟ เนื่องจากถนนในเมืองส่วนใหญ่ จะมีสัญญาณไฟจราจรควบคุมอยู่ที่ทางแยก ดังนั้น เวลาในการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง จะประกอบด้วย เวลาที่รถวิ่งบนถนนรวมกับความล่าช้า เนื่องจากการหยุดรอสัญญาณไฟที่ทางแยก ซึ่งได้นำเอาสมการของ Webster มาดัดแปลง ให้เป็นสมการอย่างง่าย และได้ปรับแก้ให้สอดคล้องกับสภาพการจราจรของกรุงเทพมหานคร โดยมี รูปแบบของความสัมพันธ์ดังแสดงในรูปที่ 2-4 และสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

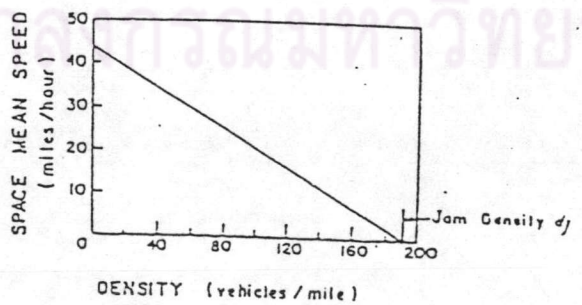
019128



รูปที่ 2-1 รูปแบบพื้นฐานของความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ กับ ความหนาแน่นของจราจร



รูปที่ 2-2 ความสัมพันธ์ระหว่าง U_s กับ ปริมาณจราจร



รูปที่ 2-3 ความสัมพันธ์ระหว่าง U_s กับ ความหนาแน่นของจราจร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$T_a = T_{o1} + T_{o2} + (KV/C)/\{1-(V/CQ)\} \quad \text{.....(2.10)}$$

โดยที่ T_a = เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (นาที) ในขณะที่ปริมาณการจราจรบน Link เท่ากับ V

T_{o1} = เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (นาที) ในลักษณะเคลื่อนตัวผ่านได้อย่างสะดวก

T_{o2} = ความล่าช้าเฉลี่ยที่ทางแยก เมื่อไม่มีคิว (นาที)

C = ความจุของ link ที่บริเวณทางแยก (pcu/hr)

V = ปริมาณการจราจรบน link (pcu/hr)

Q = Coefficient for curve fitting = 1.05

K = ค่าคงที่ = 0.1

และ $T_{o2} = (1/2) * yr^2$ .....(2.11)

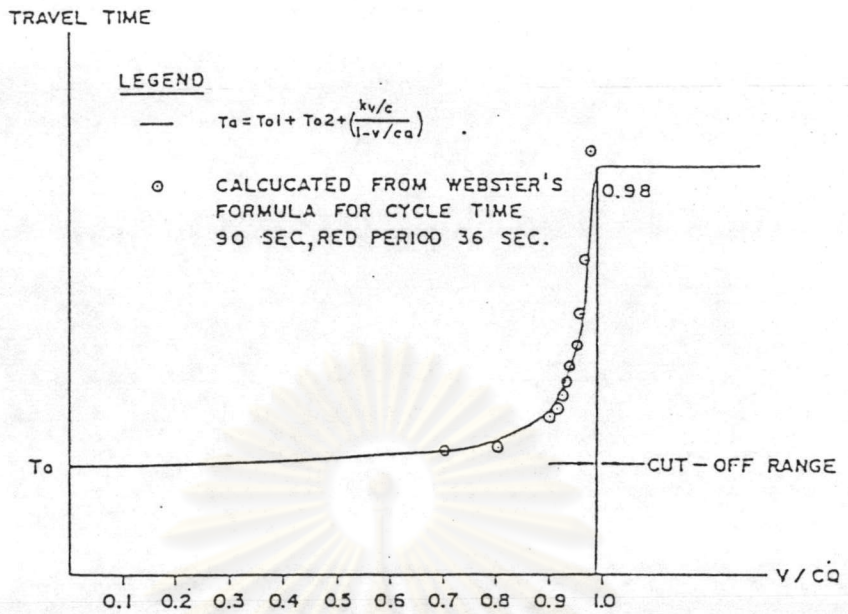
โดยที่ y = รอบเวลาสัญญาณไฟ (นาที)

r = Red ratio

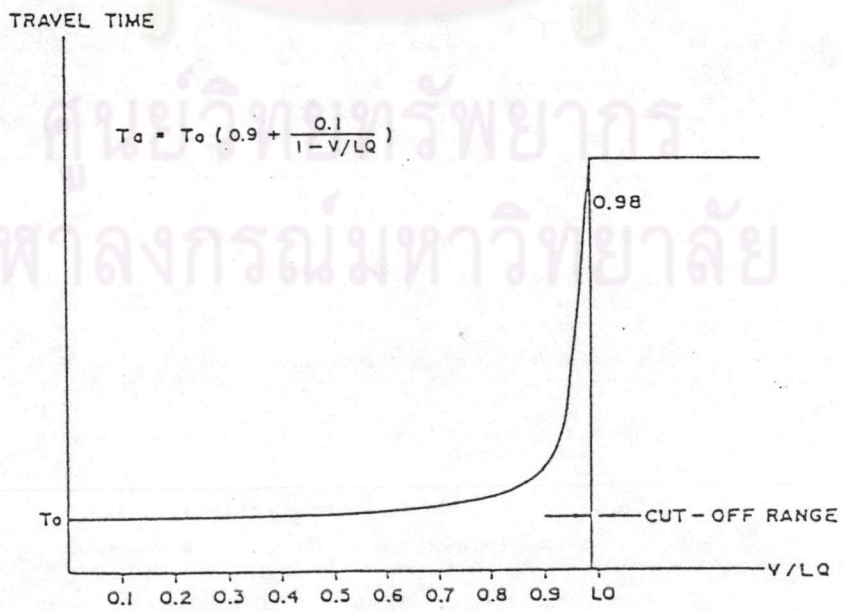
ข) Link Delay หมายถึง ความล่าช้าที่เกิดขึ้นบนช่วงถนน เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของถนน และปริมาณการจราจรที่มีอยู่บนถนนในขณะนั้น โดยในกรณีของถนนที่อยู่ชานเมืองหรือทางหลวง มักจะไม่มีสัญญาณไฟที่ทางแยก ดังนั้นเวลาในการเดินทางจะขึ้นอยู่กับ ลักษณะทางกายภาพของถนนเพียงอย่างเดียว โดยมีรูปแบบของความสัมพันธ์ ดังแสดงในรูปที่ 2-5 และ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$T_a = T_o*[0.9 + 0.1/(1-V/LQ)] \quad \text{.....(2.12)}$$

โดยที่ตัวแปรต่างๆ จะยังคงมีความหมาย เหมือนกับสมการของ Intersection Delay ยกเว้น L ที่จะหมายถึง ความจุของถนน มีหน่วยเป็น PCU ต่อชั่วโมง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายภาพของถนน เช่น จำนวนช่องจราจร หรือความกว้างของช่องจราจร เป็นต้น ตารางที่ 2-2 แสดงประเภท และลักษณะของถนนเพื่อใช้ในสมการทั้ง 2 ข้างต้น



รูปที่ 2-4 แสดงการเพิ่มขึ้นของความล่าช้าที่ทางแยก เมื่ออัตราส่วนของปริมาณจราจรต่อความจุของถนนเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2-5 แสดงการเพิ่มขึ้นของความล่าช้าบนช่วงถนน เมื่ออัตราส่วนของปริมาณจราจรต่อความจุของถนนเพิ่มขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2) การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์นั้น ปัจจัยสำคัญในการพิจารณา เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริง ได้แก่ ค่าใช้จ่ายหรือเงินลงทุน(costs) และ ผลประโยชน์ตอบแทน (benefits)

โครงการด้านการจราจร และการขนส่งในประเทศไทยเกือบทั้งหมด จะอยู่ในอำนาจหน้าที่ความรับผิดชอบและการดำเนินงานของรัฐ ซึ่งโครงการเหล่านี้ ผลตอบแทนไม่สามารถคิดกำไรเป็นตัวเงินได้โดยตรง เหมือนผลกำไรที่ได้จากการค้าขาย หรือการลงทุนในกิจการต่างๆของเอกชน เพราะผู้ที่ได้รับผลประโยชน์ไม่ใช่รัฐบาลผู้ลงทุนแต่เป็นประชาชน ดังนั้นในการคิดผลประโยชน์ของโครงการประเภทนี้ จึงคิดในลักษณะของมูลค่าประหยัด (Saving) ที่เกิดขึ้นกับประชาชนผู้ใช้โครงการ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างกรณีที่ "มี" และ "ไม่มี" โครงการ ส่วนทางด้านค่าใช้จ่ายหรือเงินลงทุนนั้น มักจะไม่มีปัญหาในการคิด เพราะสามารถมองเห็นได้ชัดเจนอยู่แล้ว

2.2.1) ค่าใช้จ่ายหรือเงินลงทุน (Costs)

ในการศึกษาความเหมาะสมของโครงการก่อสร้างนั้น ค่าใช้จ่ายโดยทั่วไปแล้วจะหมายถึง ค่าก่อสร้าง(รวมค่าเวนคืนที่ดิน) ค่าดำเนินการ และค่าบำรุงรักษา ซึ่งจะเป็นมูลค่าทางพานิชย์ (Financial) ในการวิเคราะห์นั้นต้องนำมาแปลงให้เป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ (Economic) ก่อน โดยการหักภาษีอากรทุกชนิดออกไป สิ่งที่ควรคำนึงถึงก็คือ ราคาตลาด (Market Price) ของสินค้าต้องเลือกให้เหมาะสม และสามารถใช้เป็นตัวแทนมูลค่าทางเศรษฐกิจได้ ถ้าหากว่า ราคาตลาดไม่สามารถใช้เป็นตัวแทน มูลค่าทางเศรษฐกิจได้อัตราราคาเงา (Shadow Rate) จะถูกนำมาใช้กับราคาตลาด เพื่อที่จะหาราคาเงา (Shadow price) ของสินค้า การกำหนดราคาเงาจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทุนตามมูลค่าที่แจริงทางเศรษฐกิจแทนราคาตลาด ซึ่งราคาเงาสามารถหาได้โดย การลดภาษีหรือบวกเงินชดเชยกับราคาตลาด ซึ่งมูลค่าของภาษีและเงินชดเชยจะเป็นเพียงมูลค่าที่ หมุนเวียนในทางเศรษฐกิจ มิใช่มูลค่าที่แท้จริงของสินค้า

ตารางที่ 2-2 ลักษณะและค่าองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องของถนนแต่ละประเภท

ROAD TYPES AND CHARACTERISTICS

No.	Category	Location	No. of one way lanes: Link	Appr.	Saturation Capflane: Link	Appr.	Free Flow Spd.	Intersect. with Major or Minor Flow	Link Capacity	Cycle Time	Red Ratio	Appr. Cap.	Base Delay
1	Ordinary Two way	Urban	1	1	1000	2090 L 20 C 60 R 20	45	Major	1000	2.7	80	418	0.86
								Same		1.7	50	1045	0.21
								Minor		1.7	40	1236	0.14
2			1	2	1000	2068 L 20 C 80 R 100	45	Major	2000	2.9	79	869	0.90
								Same		2.4	53	1944	0.34
								Minor		1.9	38	2564	0.14
3			2	2	1300	2156 L 20 C 160 R 20	50	Major	2600	3.0	78	949	0.91
								Same		2.6	56	1897	0.41
								Minor		2.1	36	2760	0.14
								T-junction		2.1	52	2070	0.24
4			2	3	1300	2090 L 50 C 150 R 100	50	Major	2600	3.2	77	1202	0.95
								Same		2.7	58	2194	0.45
								Minor		2.3	34	3448	0.13
								T-junction		2.3	52	2508	0.26
5			3	3	1600	2127 L 50 C 200 R 50	55	Major	4800	3.3	76	1531	0.95
								Same		2.9	61	2489	0.54
								Minor		2.5	32	4339	0.13
								T-junction		2.5	52	3063	0.34
6			3	4	1600	2090 L 100 C 200 R 100	55	Major	4300	3.5	75	1829	0.98
								Same		3.1	64	2624	0.63
								Minor		2.7	32	4974	0.14
								T-junction		2.7	52	3511	0.37
7			4	4	1600	2118 L 100 C 250 R 50	55	Major	6400	3.8	74	2203	1.04
								Same		3.4	65	2965	0.72
								Minor		3.0	40	5083	0.24
								T-junction		3.0	52	4067	0.35
8			4	5	1600	2112 L 100 C 300 R 100	55	Major		4.0	73	2566	1.07
								Same		3.7	66	3231	0.31
								Minor		3.3	46	5132	0.35
9			5	5	1600	2134 L 100 C 350 R 50	55	Major		4.3	72	2988	1.11
								Same		4.0	67	3521	0.90
								Minor		3.7	51	5228	0.50
10			5	6	1600	2090 L 100 C 300 R 200	55	Major		4.5	71	3334	1.13
								Same		4.3	68	3579	0.99
								Minor		4.0	54	5768	0.58
11			6	6	1600	2118 L 100 C 300 R 200	55	Major		4.8	71	3685	1.21
								Same		4.6	69	3939	1.10
								Minor		4.3	55	5719	0.65
12	Oneway	Urban	3	3	1600	2090 L 50 C 150 R 100	55	Major		2.8	57	2696	0.45
								Same		2.5	48	3260	0.29
								Minor		2.1	45	3449	0.21

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ROAD TYPES AND CHARACTERISTICS

No.	Category	Location	No. of one way lanes: Link	Appr.	Saturation Cap./lane: Link	Appr.	Free Flow Spd.	Intersect. with Major or Minor Flow	Link Capacity	Cycle Time	Ped Phase	Appr. Cap.	Base Delay
13			4	4	1600	2090 L 100 C 200 R 100	55	Major	–	2.8	57	3595	0.45
								Same		2.5	48	4347	0.29
								Minor		2.1	45	4598	0.21
14			5	5	1600	2068 L 100 C 200 R 200	55	Major	–	2.8	57	4446	0.45
								Same		2.5	48	5377	0.29
								Minor		2.1	45	5687	0.21
15			6	6	1600	2090 L 100 C 300 R 100	55	Major	–	2.8	57	5392	0.45
								Same		2.5	48	6521	0.29
								Minor		2.0	45	6897	0.20
16			7	7	1600	2074 L 200 C 300 R 200	55	Major	–	2.8	57	6243	0.45
								Same		2.5	48	7549	0.29
								Minor		2.0	47	7695	0.24
17			8	8	1600	2090 L 200 C 400 R 200	55	Major	–	2.8	57	7189	0.45
								Same		2.5	48	8694	0.29
								Minor		1.9	47	8862	0.27
18	Ordinary	Sub-urban	1	–	1600		50		1600	–	–	–	–
19			2	–	1800		60		3600	–	–	–	–
20			3	–	1800		65		5400	–	–	–	–
21	Expressway	Ramp	1	–	1800		50		1800	–	–	–	–
22		Thruway	2	–	2200		90		4400	–	–	–	–
23		Thruway	3	–	2200		90		6600	–	–	–	–
24	Ferry boat	–	–	–	–		5		∞	–	–	–	–

Note: Capital letters and figures in box indicate assumed percentages of lane utilization by direction

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2.2) ผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ (Benefits)

ผลประโยชน์จะหมายถึงผลประโยชน์ทั้งหมดที่เกิดจากการก่อสร้างถนน อันได้แก่ ผลประโยชน์ที่เกิดกับผู้ใช้ทาง (Road user Benefits) ผลประโยชน์จากการพัฒนา (Development Benefits) ผลประโยชน์ในด้านสังคม (Social Benefits) ซึ่งจะคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่นเดียวกับการคิดค่าใช้จ่าย

2.2.2.1) ผลประโยชน์ที่เกิดกับผู้ใช้ทาง (Road user Benefits)

จะเป็นผลประโยชน์ ซึ่งสามารถจะเห็นได้ชัดเจน จะเกิดในรูปของการประหยัด ค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ถนน ในการวิเคราะห์โครงการนั้นค่าใช้จ่ายของผู้ใช้ถนนจะมี 3 ประเภท คือ ค่าใช้จ่ายในการใช้รถ (Vehicle Operating Costs) มูลค่าของเวลา (Time Value) และค่าใช้จ่ายเนื่องจากอุบัติเหตุ (Accident Costs)

ค่าใช้จ่ายในการใช้รถ คือ ค่าใช้จ่ายที่ผู้เดินทางจะต้องเสียในการเดินทาง อันได้แก่ ค่าน้ำมันต่างๆ ค่าสึกหรอยาง ค่าอะไหล่ และ ค่าจ้างคนขับเป็นต้น ค่าใช้จ่ายในการใช้รถนี้จะอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง ได้แก่

- ชนิดของผิวถนน
- สภาพผิวถนน
- ลักษณะทางเรขาคณิตของถนน เช่น โค้ง ไหล่ทาง ความลาดชันของถนน และทางแยกเป็นต้น
- คุณลักษณะของการจราจร เช่น อัตราส่วนของปริมาณรถต่อความจุของถนน ความเร็ว และการเปลี่ยนแปลงความเร็ว เป็นต้น

ค่าใช้จ่ายของเวลา เวลาที่ใช้ไปในการเดินทางต้องนำมาคิดเป็นค่าใช้จ่ายของการเดินทางด้วย เนื่องจากเวลาดังกล่าวสามารถที่จะใช้ไปเพื่อดำเนินกิจการอย่างอื่น อันจะเกิดผลประโยชน์ได้ ปัจจัยที่มีผลต่อค่าของเวลา ได้แก่ วัตถุประสงค์ต่างๆของการเดินทาง (Trip purpose) เนื่องจากค่าเวลาของการเดินทางด้วยวัตถุประสงค์ที่ต่างกันย่อมต่างกันด้วย

2.2.2.2) ผลประโยชน์ด้านสังคม (Social Benefits)

การดำเนินการก่อสร้างทางนั้น นอกจากจะทำให้เกิดผลประโยชน์ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังก่อให้เกิดประโยชน์ด้านสังคมอีกด้วย กล่าวคือ เมื่อมีความสะดวกสบายในการเดินทางติดต่อกัน ก็จะทำให้การบริการด้านปัจจัยพื้นฐานของสังคม ชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชนในเขตอิทธิพลของถนนสายนั้นดีตามไปด้วย ซึ่งผลประโยชน์เหล่านี้ไม่สามารถนำมาคิดเป็นตัวเงินได้ แต่อาจจะใช้พิจารณาประกอบในการเลือกโครงการได้

2.2.3) ค่าเสื่อมราคาและมูลค่าซาก (Depreciation and Salvage Valve)

ค่าเสื่อมราคา หมายถึง มูลค่าของทรัพย์สินที่ลดลงไปตามกาลเวลาที่ผ่านไปหรือเป็นเพราะผ่านการใช้งานมาแล้ว ส่วนมูลค่าซากนั้น หมายถึง มูลค่าของทรัพย์สินที่คงเหลือหลังจากผ่านการใช้งานไปแล้ว หรือหลังจากหักค่าเสื่อมราคาไปแล้ว ในการวิเคราะห์โครงการก่อสร้างทางนั้นปีสุดท้ายของการวิเคราะห์ จะต้องคิดมูลค่าซากที่คงเหลืออยู่ด้วย และสามารถนำมาคิดเป็นผลตอบแทนในปีสุดท้ายได้

ในการหามูลค่าซากนั้น จำเป็นต้องคำนึงถึงความเป็นจริง ในการเสื่อมสภาพของวัตถุในแต่ละประเภทด้วย เช่น โครงสร้างสะพานคอนกรีตย่อมมีอายุการใช้งานนานกว่าโครงสร้างทางเป็นต้น และค่าเสื่อมราคาของเขตทางนี้จะนำมาคิดไม่ได้ เพราะในความเป็นจริงแล้วราคาที่ดินจะไม่ลดลง มีแต่จะเพิ่มขึ้น ในการคิดค่าเสื่อมราคานั้นมีอยู่ 4 วิธีด้วยกันคือ

1. การคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight-Line Depreciation)
2. การคิดค่าเสื่อมราคาแบบลดส่วน (Declining-Balance Depreciation)
3. การคิดค่าเสื่อมราคาแบบผลบวกตัวเลข (Sum of Digits Depreciation)
4. การคิดค่าเสื่อมราคาแบบทุนจม (Sinking-Fund Depreciation)

การหาค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง (Straight-Line Depreciation)

การคิดค่าเสื่อมราคาแบบนี้เป็นแบบธรรมดาที่สุด โดยคิดให้ค่าเสื่อมราคามีค่าเท่าๆ กันในแต่ละปีตลอดอายุการใช้งาน เป็นวิธีที่นิยมใช้กันโดยทั่วไป เพราะง่ายต่อการคิดคำนวน มีสมการดังนี้คือ

ค่าเสื่อมราคาต่อปี = $(P-L)/N$ .....(2.13)

มูลค่าคงเหลือเมื่อปีที่ X = $P-[(P-L)/N]*X$ .....(2.14)

เมื่อ P = มูลค่าเริ่มต้นของทรัพย์สิน

L = มูลค่าของทรัพย์สินเมื่อหมดอายุการใช้งาน

N = จำนวนปีของอายุการใช้งาน

การหหค่าเสื่อมราคาแบบส่วนลด (Declining-Balance Depreciation)

การคิดค่าเสื่อมราคาแบบนี้ เป็นระบบจัดสรรค่าเสื่อมราคาไว้มากในระยะแรกของการใช้งาน โดยการใช้ค่าอัตราคงที่คูณเข้ากับราคาทรัพย์สินที่เหลืออยู่ในแต่ละปี ในการคิดค่าเสื่อมราคา โดยวิธีนี้ราคาทรัพย์สินเมื่อเวลาหมดอายุโครงการต้องไม่เป็นศูนย์ สมการที่ใช้ในการคำนวนคือ

มูลค่าคงเหลือในปีที่ X = $P(1-f)^{x}$ .....(2.15)

และค่าเสื่อมราคาในปีที่ X = $P(1-f)^{x-1}f$ .....(2.16)

โดยที่ P = มูลค่าเริ่มต้นของทรัพย์สิน

f = อัตราคงที่ของการเสื่อมราคา

การหาค่าเสื่อมราคาแบบผลบวกตัวเลข (Sum of Digits Depreciation)

การคิดค่าเสื่อมราคาแบบนี้ จัดสรรค่าเสื่อมราคาไว้มากในระยะแรกของการใช้งาน เช่นเดียวกับแบบส่วนลด แต่ไม่มีข้อจำกัดสำหรับมูลค่าทรัพย์สินเมื่อหมดอายุการใช้งาน ว่าจะต้องไม่เท่ากับศูนย์เหมือนแบบส่วนลด การคำนวนอัตราการเสื่อมราคา จะใช้ตัวเลขของอายุการใช้งานเป็นตัวเลขของอัตราการคิดค่าเสื่อมราคา สมการที่ใช้เป็นดังนี้คือ

$$\text{ค่าเสื่อมราคาในปีที่ } X = (P-L)(N-X+1)/[N(N+1)/2] \quad \ldots\ldots\ldots (2.17)$$

$$\text{และมูลค่าคงเหลือในปีที่ } X = P-(P-L)\{\sum_{i=1}^{n} (N-n+1)/[N(n+1)/2]\} \quad \ldots (2.18)$$

โดยที่ P = มูลค่าเริ่มต้นของทรัพย์สิน

L = มูลค่าคงเหลือของทรัพย์สินเมื่อหมดอายุการใช้งาน

N = จำนวนปีของอายุการใช้งาน

การคิดค่าเสื่อมราคาแบบทุนจม (Sinking Fund Depreciation)

การคิดค่าเสื่อมราคาแบบนี้ เป็นระบบจัดสรรค่าเสื่อมราคาไว้มากในระยะหลังของการใช้งาน เป็นวิธีที่ไม่นิยมกัน เพราะไม่ตรงกับสภาพแท้จริงของการเสื่อมของทรัพย์สิน วิธีนี้จะคิดค่าเสื่อมราคาในอัตราที่เพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งาน หลักการคิดคือ หักค่าเสื่อมราคาไว้เป็นทุนส่วนหนึ่ง ซึ่งสามารถงอกเงยได้ด้วยอัตราดอกเบี้ยคงที่ ค่าเสื่อมราคาในแต่ละปีจะคำนวนได้จากส่วนที่หักไว้เป็นทุนบวกดอกเบี้ยของทุกส่วนที่หักไว้แล้ว ค่าเสื่อมราคาที่หักไว้ รวมดอกเบี้ยตลอดอายุการใช้งาน จะเท่ากับค่าเสื่อมราคาของทรัพย์สินทั้งสิ้น สมการที่ใช้ในการคำนวนคือ

$$\text{ค่าเสื่อมราคาในปีที่ } X = (P-L)[i/(1-i)^{n-1}](1-i)^{x-1} \quad \ldots\ldots\ldots (2.19)$$

$$\text{และมูลค่าคงเหลือในปีที่ } X = P-(P-L)[i/(1-i)^{n-1}][(1+i)^{x-1}/i] \quad \ldots\ldots (2.20)$$

โดยที่ค่าตัวแปรต่างๆมีค่าเช่นเดียวกับสมการที่ 2.17 และสมการที่ 2.18

2.2.4) <u>การวิเคราะห์ดัชนีด้านเศรษฐศาสตร์</u> (Economic Index)

ค่าดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์ที่นิยมใช้กันมากในการวิเคราะห์โครงการได้แก่

Benefits-Costs Ratio หรือ B/C Ratio หมายถึงอัตราส่วนระหว่างผลตอบแทน และค่าใช้จ่ายในการลงทุน

Net Present Value หรือ NPV หมายถึง ผลต่างระหว่างผลตอบแทน และเงินลงทุน

Internal Rate of Return หรือ IRR หมายถึง ค่าอัตราส่วนลด (อัตราดอกเบี้ย) ที่ทำให้ค่า B/C ratio เท่ากับ 1 หรือ ค่า NPV เท่ากับ ศูนย์

โดยที่ในการหาค่าดัชนีดังกล่าวข้างต้นนั้นมักจะใช้สมมุติฐานดังนี้

1. ค่าเงินลงทุน และผลตอบแทนนั้นจะต้องถูกแปลงค่าไป ที่ปีฐานซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะใช้ปีที่ดำเนินการศึกษา

2. อัตราส่วนลด (Discount Rate)หรืออัตราดอกเบี้ยจะต้องเลือกให้สอดคล้องกับอัตราการเสียโอกาสในการลงทุน โดยทั่วไปในปัจจุบันจะใช้อัตราส่วนลด 12% ต่อปี สำหรับการวิเคราะห์โครงการและการทดสอบความอ่อนไหว (sensitivity Test) ของโครงการ

3. ต้องกำหนดระยะเวลาในการวิเคราะห์ให้แน่นอน

4. ปีสุดท้ายของการวิเคราะห์ต้องคิดมูลค่าซาก (Salvage Value) ด้วย โดยจะถือเป็นผลประโยชน์ตอบแทนของโครงการ

5. ในการคิดผลตอบแทน และเงินลงทุนนั้น จะต้องคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ (Economic Values) ซึ่งหาได้จากมูลค่าทางพานิชย์ (Financial Values) หักภาษีอากรทุกชนิด

2.2.5 การทดสอบความอ่อนไหว (Sensitivity Testing)

การทดสอบความอ่อนไหวของโครงการเพื่อ ทำให้เกิดความมั่นใจในการลงทุน ซึ่งในการคำนวนหาค่า IRR, NPV และ B/C ratio นั้น ขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง ซึ่งแท้ที่จริงแล้วปัจจัยดังกล่าวเป็นค่าโดยประมาณ และอาจขึ้นกับความไม่แน่นอนหลายประการ ซึ่งความไม่แน่นอนเหล่านี้จะเป็นเหตุให้ผลสรุปการวิเคราะห์โครงการผิดพลาดได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาว่า ผลสรุปของการวิเคราะห์จะมีผลกระทบกระเทือน จากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยใดมากหรือน้อยเท่าใด การทดสอบความอ่อนไหวของโครงการทำได้โดยการเปลี่ยนค่าปัจจัยที่เกี่ยวกับค่าใช้จ่ายและผลประโยชน์ ตัวใดตัวหนึ่งหรือหลายตัวพร้อมกัน หลังจากนั้นก็คำนวนหาค่าดัชนีเศรษฐศาสตร์ใหม่อีกครั้ง โดยวิธีการนี้จะทำให้ทราบว่า การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยใดสำคัญ และมีผลต่อการวิเคราะห์อย่างไร

2.3 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอยนี้ เป็นวิธีการทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร หรือ ข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป โดยชุดหนึ่งกำหนดให้เป็นตัวแปรตาม (dependent variable) ชุดที่เหลือเป็นตัวแปรอิสระ (independent variable) เพื่อจะนำเอาลักษณะความสัมพันธ์ที่ได้ ไปใช้ประโยชน์ในการคาดคะเนค่าตัวแปรหนึ่ง เมื่อทราบค่าของตัวแปรที่เหลือ การถดถอยจำแนกออกเป็น 2 แบบ คือ แบบเชิงเดียว และ เชิงซ้อน ขึ้นอยู่กับจำนวนของตัวแปรที่จะนำมาหาความสัมพันธ์ดังนี้

2.3.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเดียว (Simple Regression Analysis) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ชุด คือ ชุดหนึ่งเป็นตัวแปรตาม อีกชุดหนึ่งเป็นตัวแปรอิสระ

2.3.2 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงซ้อน (Multiple Regression Analysis) เป็นการหาความสัมพันธ์ที่มีตัวแปรอิสระมากกว่า 2 ชุดขึ้นไป

ส่วนความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งเชิงเดียวและ เชิงซ้อนที่กล่าวมานั้น มีความสัมพันธ์ได้ 2 แบบ คือแบบเส้นตรง (liner) และเส้นโค้ง (non liner หรือ curvilinear) ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์แบบเส้นตรงโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปแบบ

$$y = a + bx + e \quad \text{.....(2.21)}$$

โดยที่ a = ค่าของตัวแปรตามเมื่อตัวแปรอิสระเป็นศูนย์ หรือ ค่าของจุดตัดแกน y

b = ค่าความลาดของเส้นการถดถอย หรือ สัมประสิทธิของการถดถอย

e = ค่าความคลาดเคลื่อน (error term)

ทั้งค่า a และ b จะเป็นตัวคาดคะเน (estimator) ส่วนที่มีค่าความคลาดเคลื่อนด้วยนั้น ก็เนื่องจากว่า ความสัมพันธ์ดังกล่าว วิเคราะห์มาจากข้อมูลตัวอย่างที่สุ่มเก็บมา ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลทั้งหมด เพราะฉะนั้นความสัมพันธ์นี้จึงไม่ใช่ความสัมพันธ์ที่ถูกต้องแท้จริง ดังนั้น ค่า y ที่ได้จากความสัมพันธ์ดังกล่าว จึงต้องมีค่าความคลาดเคลื่อนรวมอยู่ด้วย ซึ่งถ้าให้ $\hat{y} = y - e$ แล้ว จะได้ความสัมพันธ์ใหม่เป็น

$$\hat{y} = a + bx \quad \text{.....(2.22)}$$

การหาค่าตัวคาดคะเนของสมการ นิยมใช้วิธีกำลังน้อยที่สุด เพราะจะได้ตัวคาดคะเนที่ไม่โน้มเอียงหรือคลาดเคลื่อน (unbiased estimator) และความแปรปรวนจะมีค่าน้อยที่สุด โดยเส้นการถดถอยจะมีค่า $\Sigma e = 0$ และ Σei^2 มีค่าน้อยที่สุด และเส้นจะผ่านจุดตัดของ $\bar{x}$ และ $\bar{y}$ เมื่อ $\bar{x} = \Sigma x/n$, $\bar{y} = \Sigma y/n$ โดยที่ n คือจำนวนข้อมูล x หรือ y เขียนเป็นสูตรได้ ดังนี้คือ

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \text{.....(2.23)}$$

$$b = [\Sigma x_i y_i - \{(\Sigma x_i * y_i)/n\}]/[\Sigma x_i^2 - \{(\Sigma x_i)^2/n\}] \quad \text{....(2.24)}$$

ส่วนการพิจารณาว่าเส้นการถดถอยที่ได้มีความเหมาะสมหรือแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลได้มากน้อยเพียงใดนั้น สามารถดูได้จากค่า R^2 ซึ่งเรียกว่า สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (coefficient of determination) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างผลรวมกำลังสองของการกระจายที่อธิบายได้ กับ ผลรวมกำลังสองของการกระจายทั้งหมด เขียนเป็นสูตรได้ คือ

$$R^2 = \{(\Sigma x_i y_i)^2\}/\{\Sigma x_i^2 * \Sigma y_i^2\} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2.25)$$

ซึ่งจะมีคุณสมบัติดังนี้

1. R^2 จะมีค่าเป็น + เสมอ
2. R^2 จะมีค่าเป็น 0 ถึง 1 หรือ 0% ถึง 100%

โดยประโยชน์ของค่า R^2 นี้ ก็คือ ใช้เป็นดัชนีแสดงถึงความใกล้ชิดระหว่างเส้นถดถอยกับค่า y ดังนี้

1. ค่า R^2 = 1 แสดงว่า y อยู่บนเส้นถดถอยทุกจุด
2. ค่า R^2 มีค่ามาก 1 แสดงว่าค่า y อยู่ใกล้กับเส้นถดถอย
3. ค่า R^2 มีค่าน้อย 1 แสดงว่าค่า y อยู่ห่างเส้นถดถอย
4. ค่า R^2 = 0 แสดงว่าค่า y จะกระจายห่างจากเส้นถดถอยมากและหาแนวโน้มไม่ได้

จะเห็นว่าค่า R^2 เป็นดัชนีชี้ถึงความเหมาะสมของเส้นว่า จะแสดงแนวโน้มของข้อมูลบนแผนภาพได้มากน้อยเพียงใด เช่น กรณีศึกษาการถดถอยของข้อมูลบนเส้นตรงจะเห็นได้ว่า ถ้าค่า R^2 เข้าใกล้ 1 หรือใกล้เคียง 1 แสดงว่า แนวโน้มของข้อมูล จะเป็นลักษณะแนวเส้นตรงมากที่สุด แต่ถ้า R^2 มีค่าใกล้เคียง 0 แสดงว่า แนวโน้มมีลักษณะไม่เป็นเส้นตรงโดยอาจจะเป็นเส้นโค้งก็ได้ นอกจากนั้นยังอาจใช้ค่า R^2 เป็นดัชนีแสดงถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระ (x) ที่มีต่อตัวแปรตาม (y) เพราะค่า R^2 จะบอกให้ทราบว่าการกระจายทั้งหมดของค่า y นั้น สามารถอธิบายได้จากสมการการถดถอยนี้ร้อยละเท่าใด หรือกล่าวได้ว่า

ข้อมูลตัวแปรอิสระ (x) มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (y) ร้อยละเท่าใด ส่วนตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจาก x โดยรวมแล้ว จะมีอิทธิพลอยู่ร้อยละ $(1-R^2)*100$ หรือการคาดคะเนจากสมการถดถอยนั้นมีความคลาดเคลื่อนร้อยละ $(1-R^2)*100$ นั่นเอง

ส่วนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient of correlation) แบบเส้นตรงเชิงเดียว หรือค่า r นั้น จะเป็นการศึกษาถึง

1. การวัด หรือตรวจสอบหาความมากน้อยของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ชุด โดยไม่ต้องการทราบว่าอะไรควรเป็นเหตุ และอะไรควรเป็นผล

2. การวัด หรือตรวจสอบว่า สมการการถดถอยที่ศึกษานั้น เป็นสมการที่เหมาะสมกับข้อมูลหรือไม่

ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ (coefficient of correlation) หรือ ค่า r นั้น สามารถหาได้จากสูตร

$$r = [\Sigma\{(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})\}]/\{\Sigma(x_i-\bar{x})^2\ \Sigma(y_i-\bar{y})^2\}^{1/2}$$

$$= \{\Sigma x_i y_i\}/\{\Sigma x_i^2\ \Sigma y_i^2\}^{1/2}$$

$$= \{\Sigma x_i y_i\}/\{\Sigma x_i y_i\} \quad \text{.....(2.26)}$$

โดยคุณสมบัติของ r มีค่าได้ตั้งแต่ -1 ถึง +1 ในกรณีที่มีค่าเป็น + แสดงว่าตัวแปร 2 ตัวนั้น มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน แต่ถ้ามีค่าเป็น - ก็แสดงว่าตัวแปร 2 ตัวนั้นมีความสัมพันธ์ไปในด้านตรงกันข้าม

2.4 ขั้นตอนในการศึกษา

ขั้นตอนในการศึกษาของการศึกษาครั้งนี้ มีดังนี้

1. กำหนดพื้นที่ศึกษา พื้นที่ในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมลฑล ซึ่งแบ่งออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ 84 พื้นที่ด้วยกัน โดยแบ่งตามแนว เขตฯ แขวงฯ แม่น้ำ และถนนสายหลัก

2. กำหนดปีฐานและปีเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษา โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ปีที่ทำการศึกษา คือ ปี พ.ศ. 2533 เป็นปีฐาน (Base Year) เพื่อความสะดวกในการมูลค่าของผลประโยชน์ และค่าใช้จ่ายต่างๆ และกำหนดปี พ.ศ. 2541 พ.ศ. 2544 พ.ศ. 2549 และ พ.ศ. 2559 เป็นปีเป้าหมาย

3. สำรวจ และเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งข้อมูลนั้นแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม (ข้อมูลปฐมภูมิ) ได้แก่ ข้อมูลปริมาณการจราจร ข้อมูลจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางการเดินทาง และข้อมูลที่ได้รวบรวมจากหน่วยงานและการศึกษาต่างๆ (ข้อมูลทุติยภูมิ) ได้แก่ ข้อมูลตารางการเดินทาง ข้อมูลแบบจำลองโครงข่ายถนน ข้อมูลเศรษฐศาสตร์และสังคม

4. ปรับแก้ข้อมูลตารางการเดินทางรายวันของรถประเภทต่างๆ (Vehicular Daily O-D Table) จากการศึกษาของ SIMR เมื่อปี พ.ศ. 2532 (ค.ศ.1989) ให้เป็นตารางการเดินทางของรถแต่ละประเภท ในช่วงเวลาต่างๆ (Vehicular Hourly O-D Table) เพื่อใช้สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ใน ปีพ.ศ.2533 (ค.ศ.1990) โดยใช้ ค่า Traffic Growth Rate ค่า Zoning Factors ค่า Peak Hour Factors

5. ปรับแก้ตารางการเดินทางที่ได้กับ ข้อมูลปริมาณจราจร และข้อมูลการเดินทางในภาคสนาม โดยใช้การประมาณค่าทางเมตริก (Matrix Estimation) ซึ่งจะใช้วิธี Maximum Likelihood ที่มีอยู่ในโปรแกรม MOTORS

6. ตรวจสอบตารางการเดินทางที่ปรับแก้แล้ว กับข้อมูลที่สำรวจในภาคสนาม โดยใช้แบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินทาง

7. ทำนายการเดินทาง (Trip end) ในปีเป้าหมาย (พ.ศ.2541 พ.ศ.2544 พ.ศ.2549 และ พ.ศ. 2559) โดยใช้อัตราการเพิ่มขึ้นของการเดินทาง (Trip Rate) ซึ่งจะขึ้นกับปัจจัย 2 อย่าง คือ จำนวนประชากร (Population) และ การจ้างงาน (Employment)

8. กระจาย Trip end ที่ได้จากข้อ 7 ลงไปในแต่ละโซนของตารางการเดินทาง โดยใช้แบบจำลองสัดส่วนการเจริญเติบโต (Growth Factor Model) ซึ่งจะใช้วิธี Fratar ในการกระจายการเดินทาง ก็จะได้ตารางการเดินทางในปีเป้าหมาย

9. กำหนดแนวทางเลือกโดยพิจารณาจาก สภาพภูมิประเทศ โครงข่ายถนน ความเป็นไปได้ในการก่อสร้าง ค่าก่อสร้าง สภาวะแวดล้อม และผลกระทบในด้านต่างๆ

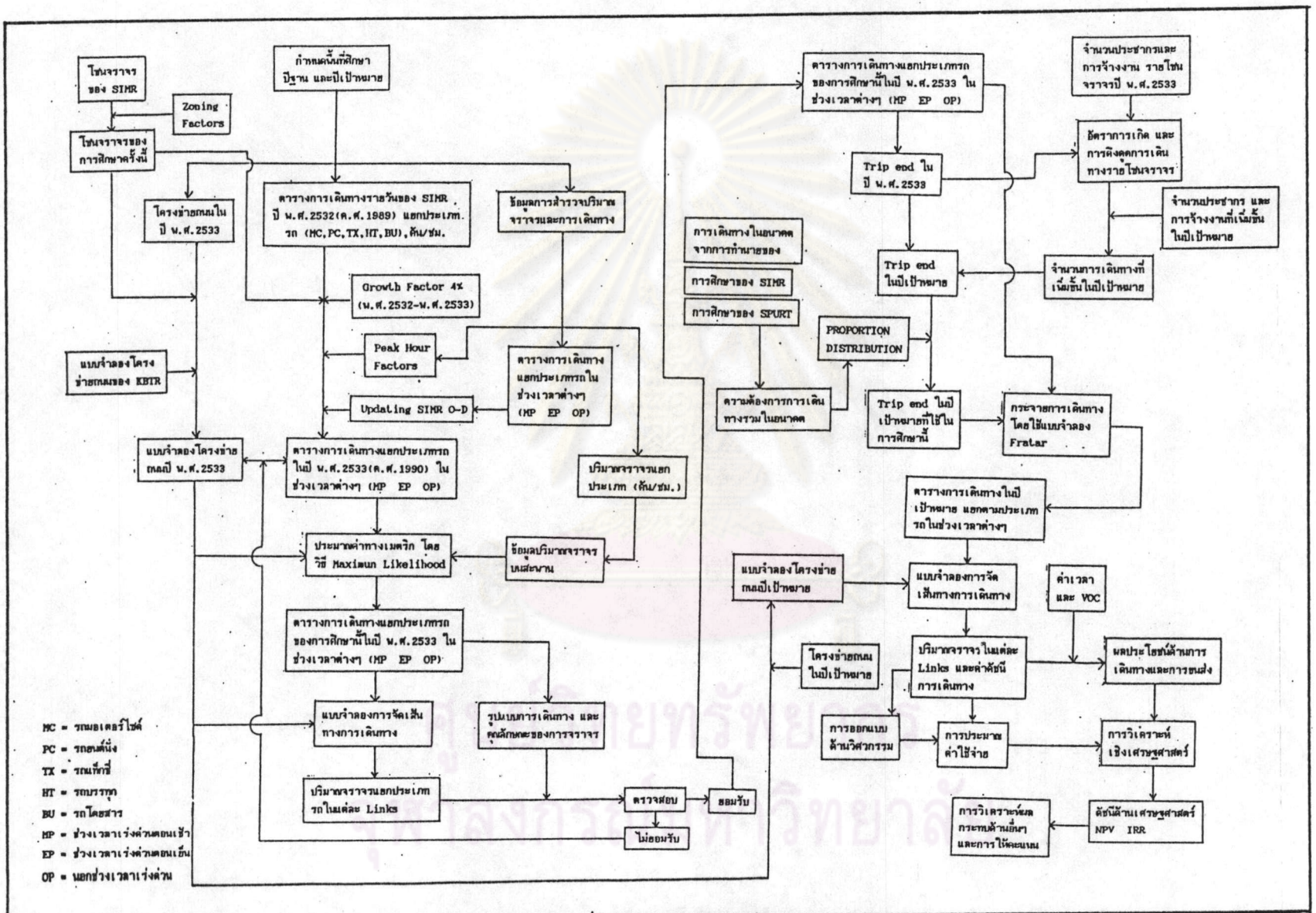
10. จัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment) ในปีเป้าหมาย ในกรณีของทางเลือกต่างๆ ซึ่งผลจากการจัดเส้นทางการเดินทางนี้ จะทำให้ทราบปริมาณจราจร และความเร็ว ในแต่ละ Links เพื่อใช้ในการหาค่า ดัชนีด้านการขนส่ง (Transportation Index) ในรูปของ ระยะทางรวมของการเดินทาง คัน-กิโลเมตร (pcu.-km.) และระยะเวลารวมของการเดินทาง คัน-ชั่วโมง (pcu.-hr.)

11. เปรียบเทียบค่าดัชนีการเดินทางที่ได้ในข้อ 10 ระหว่างกรณี " มี " และ " ไม่มี " โครงการ จะทำให้ทราบค่าผลประโยชน์ที่เกิดจากการประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง อันได้แก่ ผลประโยชน์จากการประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้รถ (VOC benefits) และจากการประหยัดเวลาในการเดินทาง (Time benefits) ซึ่งก็คือ ผลประโยชน์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ด้านการขนส่ง

12. ประมาณค่าใช้จ่ายในเชิงเศรษฐศาสตร์ (อันได้แก่ ค่าก่อสร้าง ค่าเวรคืนที่ดิน เป็นต้น) ในแต่ละทางเลือก เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบ กับ ผลประโยชน์ที่ได้รับในแต่ละทางเลือกจาก ข้อที่ 11 ซึ่งผลการวิเคราะห์ จะอยู่ในรูปของค่าดัชนีทางด้านเศรษฐศาสตร์ (Economic Index) คือ B/C Ratio Net Present Value,NPV และ ค่า Internal Rate of Return,IRR ซึ่งค่าดัชนีที่ได้นี้ ต้องมีการทดสอบความอ่อนไหว (Sensitivity Test) ของโครงการด้วย เพื่อให้เกิดความมั่นใจ

รูปที่ 2.6 แสดงแผนภูมิขั้นตอนต่างๆ ของการศึกษาครั้งนี้ สำหรับรายละเอียดและวิธีการหาค่าต่างๆที่กล่าวมาแล้ว ในแต่ละขั้นตอนนั้น จะกล่าวต่อไปภายหลัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-6 แสดงแผนภูมิขั้นตอนในการศึกษา