บทที่ 2

การทบทวนผลงานที่ผ่านมา

วิธีการคาดคะเนปริมาณการจราจร (Traffic Forecasting Techniques) ปัจจุบันมีหลายวิธี สำหรับประเทศต่างๆในทวีปอเมริกาและทวีปยุโรปได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองต่างๆ สำหรับการคาดคะเน ปริมาณการจราจรในอนาคตที่ใช้ในการวางแผนการขนส่งภายในเมืองและระหว่างเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวางแผนการขนส่งภายในเมืองได้ศึกษาค้นคว้าหาแบบจำลองที่เหมาะสมในการคาดคะเนปริมาณการจราจรใช้เฉพาะเมืองนั้นๆ กันมากมาย โดยรวมการจราจรทุกชนิดมาศึกษาร่วมกัน และมีขั้นตอนในการคาดคะเนปริมาณการจราจรหลายขั้นตอน ขณะนี้ยังทำการค้นคว้าและวิจัยหาแบบจำลองอื่นๆ ไปเรื่อยๆ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเดินทาง (trips) กับตัวแปรต่างๆ ที่ทำให้เกิดการเดินทางนั้นๆ ตัวแปรที่ทำให้เกิดการเดินทางนั้นได้แก่ ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) สภาพทางเศรษฐกิจและสังคม (Social and Economic Characteristics) และการประกอบกิจกรรมทางเศรษฐกิจอื่นๆ โดย

ในปี ค.ศ.1948 เริ่มมีการนำเอาความสัมพันธ์ของการเดินทางกับประชากรหรือลักษณะของที่ดินที่ก่อให้เกิดการเดินทางที่จุดปลายมาทำการศึกษา โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้มีการศึกษาที่ซานจวน (San Juan) และเปอร์โตริโก (Puerto Rico)

ก่อนปี ค.ศ.1950 ในสหรัฐอเมริกาได้ทำการสำรวจจุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง (Origin and Destination Survey) เพื่อใช้ในการอธิบายรูปแบบของการเดินทางที่เป็นอยู่ (Existing Travel Pattern) โดยจัดทำเป็นตารางขึ้น จากนั้นก็ใช้อธิบายความต้องการเส้นทางคมนาคม (Desire Line) ซึ่งเป็นตัวบอกปริมาณระยะการกระจาย (Spatial Distribution) ของการเดินทาง สำหรับการเดินทางในอนาคตก็ได้ใช้การคาดการณ์จากข้อมูลในอดีตและปัจจุบัน และใช้อัตราการเติบโต (Growth Rate) เป็น สัมประสิทธิ์(2)

ต่อมาในปี ค.ศ.1953 ได้มีการปรับปรุงแบบจำลองและตั้งสมมุติฐานได้ว่า เมื่อเราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางเศรษฐกิจและสังคมกับการเดินทางได้ เราก็สามารถคาดการณ์การเดินทางในอนาคตได้ดังเช่นที่เมืองดีทรอยท์ (Detroit)

มลรัฐมิชิแกน (Michigan)(3)

ปัจจุบันการคาดคะเนปริมาณการจราจรในอนาคตสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆดังนี้

2.1 Graphical Point Forecasting Techniques

เป็นการคาดคะเนปริมาณการจราจรในอนาคต โดยไม่คำนึงถึง การเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และการปรับปรุงสภาพทางหลวงสายนั้นหรือทางหลวงสายอื่น ๆ ในบริเวณโครงข่ายทางหลวงเดียวกันดังนั้นเราจึงใช้ แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการคาดคะเนปริมาณการจราจรในอนาคต โดยใช้แบบจำลองที่เหมาะสมกับข้อมูลสถิติของปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (ADT) ของทุกๆ ปีบนทางหลวงสายเดียวกันหรือหลายสาย ซึ่งข้อมูลนี้จะมีลักษณะเป็นแบบ Time - Series Data และทางหลวงที่จะนำมาศึกษาร่วมกันต้องเป็นทางหลวงชนิดเดียวกันอยู่บริเวณใกล้เคียงกัน มีผิวการจราจรชนิดเดียวกัน และปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (ADT) ใกล้เคียงกัน โดยแบ่งแบบจำลองออกเป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ

2.1.1 Autoregressive Model เป็นรูปสมการเส้นตรง ซึ่งจะพิจารณาถึงความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณการจราจรในปีต่อไปกับปริมาณการจราจรในปัจจุบัน ตัวอย่างเช่นปริมาณการจราจรในปี (t) กับปริมาณการจราจรในปี (t-1) ใน time - series จึงเรียก model นี้ว่า Autoregressive Model เราสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Y_t = B_o + B_1 \cdot Y_{t-1}$$

เมื่อ Y_t = ปริมาณการจราจร หรือ ADT ในปี (t)

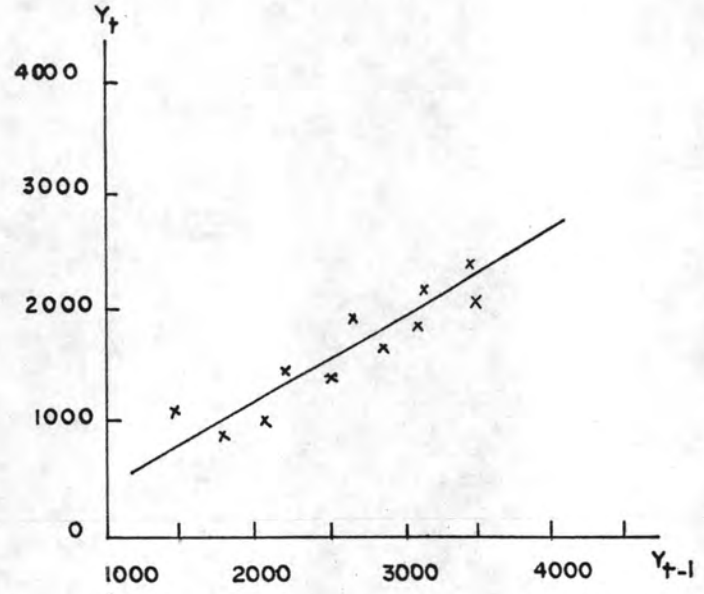
Y_{t-1} = ปริมาณการจราจร หรือ ADT ในปี (t-1)

B_o = จุดตัดแกน Y

B_1 = ความชันของเส้นตรง

ดังนั้นเราจะใช้ปริมาณการจราจรในปี (t-1) ทำการคาดคะเนปริมาณการจราจรในปี (t) เราจึงเรียก model นี้ว่า First - order autoregressive model ซึ่งอยู่ในรูป simple linear regression

First - order autoregressive model นี้จะใช้ fit กับกลุ่มของจุด (yt-1 , yt) ที่จะกระจายเป็นแนวเส้นตรงเท่านั้นดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1

จากสมการข้างบน B_0 และ B_1 จะต้องมีค่าเป็นบวกเสมอ ถ้า B_1 มีค่ามากกว่า 1.0 จำนวนการเพิ่มของปริมาณการจราจรในแต่ละปีจะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ถ้า B_1 มีค่าน้อยกว่า 1.0 จำนวนการเพิ่มของปริมาณการจราจรในแต่ละปีจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ อย่างไรก็ตาม B_1 ไม่ควรมีค่าน้อยกว่า 1.0 แต่ถ้ามีค่าน้อยกว่า 1.0 มากๆ แล้วจะทำให้การเพิ่มของปริมาณการจราจรในทุกๆ ปี ในอนาคตจะลดลงเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงปีหนึ่งจะทำให้ปริมาณการจราจรคงที่ไปตลอดจะเกิดเหตุการณ์นี้ได้ในปีไหน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับค่าของ B_0 ว่าจะเท่ากับ $(1 - B_1)\ Y_t$ เมื่อใด

ในกรณี B_1 มีค่าน้อยกว่า 1.0 นี้จะเป็นผลเสียข้อหนึ่งของ model นี้ เพราะว่าปริมาณการจราจรจะคาดคะเนได้มีจำนวนไม่เกิน $B_0 / (1 - B_1)$ คัน ซึ่งเป็นการกำหนดว่าปริมาณการจราจรมีได้ไม่เกินจำนวนนี้ในอนาคต หรือพอถึงปีใดปีหนึ่งการจราจรจะคงที่ไปตลอดในอนาคต ซึ่งเป็นไปไม่ได้

2.1.2 Linear Growth Model ถ้าการเพิ่มของปริมาณการจราจรในแต่ละปีมีค่าคงที่ หรือใกล้เคียงกันไปตลอด model นี้จะมีความเหมาะสมที่จะใช้ fit กลุ่มของจุด (t , Y_t) นั่นคือ model นี้จะพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง y กับ t โดยตรงในเมื่อ Y_t คือปริมาณการจราจรในปี t model นี้จะเป็นสมการเส้นตรงซึ่งอยู่ในรูปของ Simple linear regression เราสามารถเขียนได้ดังนี้

$$Y_t = B_o + B_1 t$$

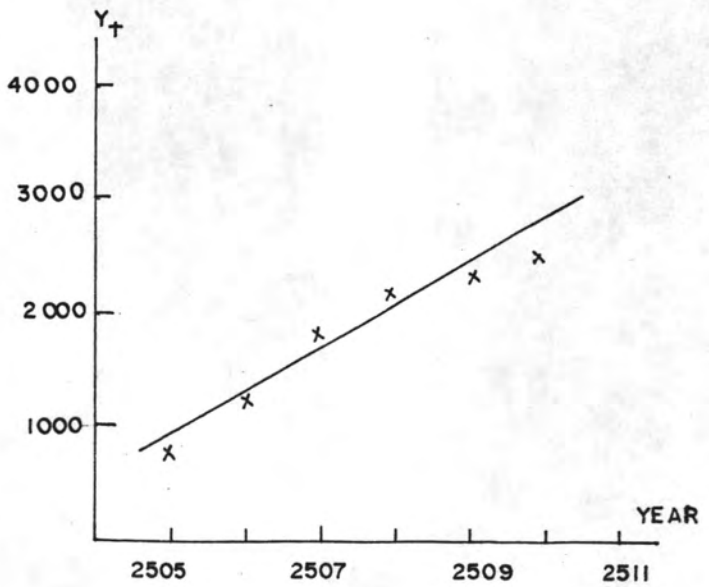
เมื่อ Y_t = ปริมาณการจราจร หรือ ADT ในปี t

B_o = จุดตัดแกน Y

B_1 = ความชันของเส้นตรง

t = ปีที่ทำการคาดคะเนปริมาณการจราจร

แบบจำลองนี้จะใช้ fit กับกลุ่มของจุด (t , Y_t) ที่กระจายเป็นแนวเส้นตรงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2

จากสมการข้างบน เราจะเห็นว่าจำนวนการเพิ่มของปริมาณการจราจรในทุกๆ ปี จะคงที่คือเท่ากับ B_1 นั่นคือ B_1 เป็นค่าเฉลี่ยของจำนวนการเพิ่มของปริมาณการจราจร สัมประสิทธิ์ของ model B_o และ B_1 ต้องมีค่าเป็นบวกเสมอ เราจะเห็นว่าอัตราการเพิ่มปริมาณการจราจรจะลดลงทุกปี

2.1.3 Compound Growth Model แบบจำลองนี้จะเป็นแบบจำลองหนึ่งที่ใช้หาปริมาณการจราจรในอนาคตได้โดยตรง โดยอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรที่มีค่าคงที่ เราสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$Y_t = Y_o (1 + r/100)^t$$

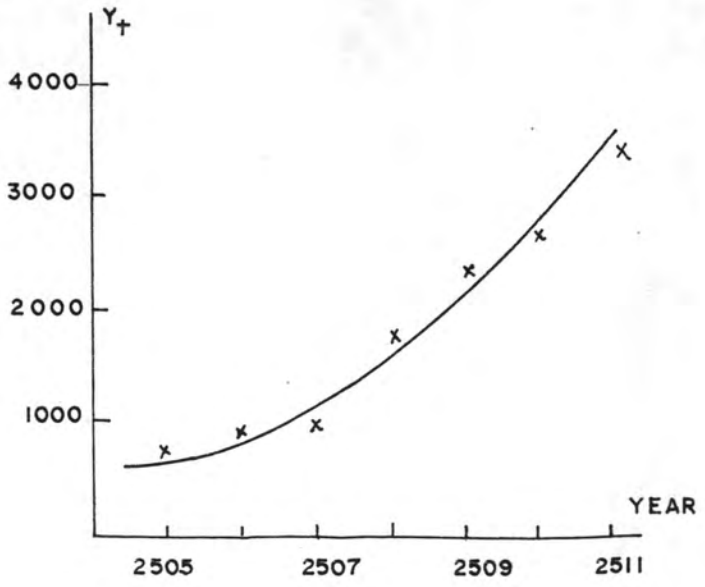
เมื่อ Y_t = ปริมาณการจราจร หรือ ADT ในปี t

Y_o = ปริมาณการจราจร หรือ ADT ในปีฐาน

r = อัตราการเพิ่ม เปอร์เซนต์ต่อปี

t = ปีที่ทำการคาดคะเนปริมาณการจราจร

Compound Growth Model นี้จะใช้ fit กับกลุ่มของจุด (t , Y_t) ที่กระจายเป็นรูปเส้นโค้งดังรูปที่ 2.3 จะเห็นว่า Y_o ต้องมีค่าเป็นบวก และอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรมีค่าคงที่เสมอ



รูปที่ 2.3

จะเห็นว่าแต่ละแบบจำลองก็จะเหมาะสมกับการเพิ่มของปริมาณการจราจรแต่ละแบบ โดยสรุปเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรจากแบบจำลองต่างๆ ดังต่อไปนี้

Model	จำนวนการเพิ่มปริมาณการจราจร	อัตรวการเพิ่ม
Autoregressive Model	เพิ่มขึ้นทุกๆ ปี	ลดลงทุกๆ ปี
Linear Growth Model	คงที่	ลดลงทุกๆ ปี
Compound Growth Model	เพิ่มขึ้นทุกๆ ปี	คงที่

2.2 Mathematical Model Techniques

เป็นการศึกษาพฤติกรรมการเดินทางในปัจจุบันและคาดคะเนพฤติกรรมการเดินทางในอนาคตโดยคำนึงถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านเศรษฐกิจ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน และการปรับปรุงสภาพทางหลวงสายนั้นหรือทางหลวงสายอื่นๆ ในบริเวณโครงข่ายทางหลวงเดียวกัน รวมไปถึงจำนวนรถจดทะเบียนที่เพิ่มขึ้นในแต่ละปีด้วย วิธีการนี้จำเป็นต้องใช้ข้อมูลซึ่งเป็นปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเดินทางหลายชนิด ดังนั้นวิธีการนี้จึงเหมาะกับประเทศหรือพื้นที่ที่มีการเก็บข้อมูลต่างๆ เพียบพร้อมพอสมควร ในการศึกษาพฤติกรรมการเดินทางโดยวิธีนี้ปัจจุบันจะอยู่ในลักษณะแบบจำลองต่อเนื่อง (Sequential Model) อันประกอบด้วย

1. แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Model)
2. แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model)
3. แบบจำลองรูปแบบการเดินทาง (Modal Split Model)
4. แบบจำลองจัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment Model)

ปัจจุบันได้มีการค้นคว้าแบบจำลองต่างๆ เพื่อใช้ในแบบจำลองต่อเนื่อง (Sequential Model) ซึ่งได้รวบรวมวิธีการที่แพร่หลายไว้ดังต่อไปนี้

2.2.1 แบบจำลองการเกิดการเดินทาง (Trip Generation Model)

การวิเคราะห์หารูปแบบการเกิดการเดินทาง เป็นการวิเคราะห์เพื่อที่จะจำลองการเกิดการเดินทางที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่จะทำการศึกษาให้อยู่ในรูปของตัวแปรต่างๆ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะต้องมีความสัมพันธ์อย่างมากต่อการเกิดการเดินทาง ผลจากการจำลองจะทำให้ทราบถึงการเกิดการเดินทางในพื้นที่ที่สนใจในปัจจุบัน และเมื่อเราทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดการเดินทางในอนาคต ก็จะทำให้ทราบถึงการเกิดการเดินทางที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้ โดยแบ่งการเกิดการเดินทางเป็น 2 ลักษณะคือ การเดินทางที่เกิดเนื่องจากพื้นที่ที่เป็นที่พักอาศัย (Residential Zone) ซึ่งอาจจะเป็นจุดเริ่มต้นหรือจุดปลายทางนั้นๆ เราจะเรียกว่า Trip Production ส่วนการเดินทางโดยไม่ได้มีจุดมุ่งหมายเกี่ยวกับที่พักอาศัย เราเรียกว่า Trip Attraction (4)

การสร้างแบบจำลองการเกิดการเดินทางสามารถจำแนกออกเป็นหลักการใหญ่ๆ ได้ 2 หลักการ คือ

1. Aggregate Analysis

2. Disaggregate Analysis

วิธีการแรกเป็นการวิเคราะห์หารูปแบบของการเกิดการเดินทางอย่างกว้างๆ ซึ่งนิยมใช้กันมากในระดับภูมิภาค ส่วนวิธีการหลังเป็นวิธีที่ต้องการความละเอียดมากกว่า โดยวิธีการหลังนี้จะแบ่งพื้นที่ที่ทำการศึกษาออกเป็นพื้นที่ย่อยๆ (Zone) หลายพื้นที่ย่อย โดยแบ่งตามคุณลักษณะต่างๆ ของการใช้ประโยชน์ในพื้นที่นั้น แล้วศึกษาพร้อมกับหาข้อมูลแยกในแต่ละพื้นที่ย่อยๆ(5) โดยปกติแล้วสามารถจำแนกการสร้างแบบจำลองการเดินทางออกเป็น 2 วิธี ดังนี้

2.2.1.1 แบบจำลองโดยวิธีอัตราการขยายตัว (Expansion Factor Method) แบบจำลองนี้นิยมใช้กันมากในการศึกษาการเกิดการเดินทางในภูมิภาค โดยมี สมมุติฐานที่ว่า "การเกิดการเดินทางในอนาคตจะเท่ากับผลคูณระหว่างการเกิดการเดินทางในพื้นที่ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันกับแฟกเตอร์ตัวหนึ่ง ซึ่งแฟกเตอร์นี้จะต้องสามารถสะท้อนถึงการเจริญเติบโตของพื้นที่นั้นๆ"(6) และในงานวิจัยนี้แฟกเตอร์ที่ใช้สร้างแบบจำลองการเกิดการเดินทางจะใช้อัตราการเพิ่มเฉลี่ย (Uniform Growth Factor) ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้

$$T(F) = t(E) \cdot K(avg.)$$

โดยที่ $T(F)$ = การเกิดการเดินทางในอนาคต

$t(E)$ = การเกิดการเดินทางในปัจจุบัน

$K(avg.)$ = อัตราการเพิ่มเฉลี่ย

2.2.1.2 แบบจำลองโดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบถดถอย (Multiple Regression Analysis Method) แบบจำลองนี้สามารถใช้ในการศึกษาการเกิดการเดินทางในภูมิภาคได้เช่นเดียวกับวิธีอัตราส่วนการเจริญเติบโต กล่าวโดยสรุปก็คือ อาศัยความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีผลต่อการเกิดการเดินทางสร้างแบบจำลองขึ้นในรูปแบบของสมการทางคณิตศาสตร์ ข้อจำกัดของแบบจำลองนี้ก็คือ รูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้นั้นใช้ได้เฉพาะพื้นที่ที่ทำการศึกษาในช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น(7) รูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวสามารถเขียนได้ดังนี้

$$T(F) = \{A0 + A1X1(F) + A2X2(F) + A3X3(F) + \ldots AnXn(F)\}\ T(E)$$

เมื่อ $T(F)$ = การเกิดการเดินทางในอนาคต

$X1(F)...Xn(F)$ = ตัวแปรที่มีผลสะท้อนต่อการเกิดการเดินทางที่เกิดขึ้นในอนาคต

$A0...An$ = ค่าคงที่

$T(E)$ = การเกิดการเดินทางในปีฐาน

2.2.2 แบบจำลองการกระจายการเดินทาง (Trip Distribution Model)

หลังจากที่ทราบปริมาณความต้องการในการเดินทางจากแบบจำลองการเกิดการเดินทางแล้ว การที่จะวิเคราะห์ว่าการเดินทางที่เกิดขึ้นจะเดินทางไปยังพื้นที่ใดบ้าง จะต้องอาศัยแบบจำลองการกระจายการเดินทางในการวิเคราะห์ดังกล่าว แบบจำลองการเดินทางสามารถแบ่งได้เป็น 5 ชนิดใหญ่ คือ

1. แบบจำลองสัดส่วนการเจริญเติบโต (Growth Factor Model)
2. แบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง (Gravity Model)
3. แบบจำลองโอกาสของการเดินทาง (Intervening Opportunity Model)
4. แบบจำลองสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electrostatic Field Model)
5. แบบจำลองการวิเคราะห์แบบถดถอย (Multiple Regression Moodel)

การที่จะใช้วิธีการใดๆ ก็ขึ้นอยู่กับข้อมูลที่สามารถหาได้ ระยะเวลาในการคาดคะเนระดับความถูกต้องแม่นยำที่ต้องการและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเป็นต้น ซึ่งในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงรายละเอียดของแต่ละแบบจำลอง

2.2.2.1 แบบจำลองสัดส่วนการเจริญเติบโต (Growth Factor Model) แบบจำลองนี้เป็นแบบจำลองที่ง่ายที่สุดของแบบจำลองของการกระจายของการเดินทาง โดยมีสมมุติฐานหลักที่ว่า "การกระจายของการเดินทางในอนาคตจะเท่ากับผลคูณระหว่างการกระจายของการเดินทางระหว่างพื้นที่ที่เป็นอยู่ในปัจจุบันกับแฟกเตอร์ตัวหนึ่ง ซึ่งแฟกเตอร์นี้จะต้องสามารถสะท้อนถึงการเจริญเติบโตของพื้นที่นั้นๆ " การสร้างแบบจำลองการกระจายของการเดินทางโดยใช้สมมุติฐานนี้ยังสามารถแบ่งออกไปได้ 4 วิธีย่อย คือ

016944

i 10309925

2.2.2.1.1 Uniform Growth Factor Method การสร้างแบบจำลองลักษณะนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของแบบจำลองสัดส่วนการเพิ่ม (Growth Factor Method) โดยอาศัยสมมุติฐานที่ว่าการกระจายของการเดินทางที่จะเกิดขึ้นในอนาคตจะเท่ากับการกระจายของการเดินทางที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคูณด้วยสัดส่วนการเพิ่มเฉลี่ย (average growth factor) ของพื้นที่การศึกษา (Study Area) ทั้งหมด ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการได้ดังนี้ คือ

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot F(avg)$$

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 จากข้อจำกัดดังกล่าวนี้จึงมักไม่ค่อยนิยมใช้วิธีการบ่อยนัก

2.2.2.1.2 Average Factor Method เนื่องจากว่าการเจริญเติบโตของแต่ละพื้นที่มักจะมีความแตกต่างกันบางครั้งอาจจะใกล้เคียงกันแต่บางครั้งอาจจะห่างกันมาก ดังนั้นจึงเกิดวิธี average factor method ขึ้น วิธีการนี้ก็จะคล้ายกับวิธี uniform factor method แต่ต่างกันที่สัดส่วนการเพิ่ม (growth factor) ที่นำมาคูณกับการเดินทางระหว่างพื้นที่ในปัจจุบัน กล่าวคือ ค่าสัดส่วนการเพิ่มนี้จะได้มาจากสัดส่วนการเพิ่มเฉลี่ยระหว่างพื้นที่ทั้งสองที่กำลังจะหาการเดินทาง ซึ่งสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการ คือ

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot (F_i + F_j) / 2$$

โดยที่ F_i และ F_j คือสัดส่วนของการเพิ่มของพื้นที่ i และ j ตามลำดับ

ข้อจำกัดของวิธีการนี้คือ จำเป็นที่จะต้องรู้สัดส่วนการเพิ่ม (growth factor) ของแต่ละพื้นที่

2.2.2.1.3 Detroit Growth Factor Method วิธีนี้ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งของแบบจำลองสัดส่วนการเพิ่ม ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการทำการศึกษาที่เมือง Detroit ความแตกต่างของวิธีนี้ก็เช่นเดียวกับวิธี average factor method คือต่างกันที่สัดส่วนการเพิ่ม (โดยวิธีนี้จะใช้ทั้งค่าสัดส่วนการเพิ่มเฉลี่ยทั้งหมด และสัดส่วนการเพิ่มของแต่ละพื้นที่) ที่จะนำไปคูณกับการเดินทางระหว่างพื้นที่ในปัจจุบันดังแสดงข้างล่าง

$$T_{ij} = t_{ij} \cdot (F_i \cdot F_j) / F(avg)$$

ข้อจำกัดของวิธีนี้ก็คือ จะต้องทราบสัดส่วนการเพิ่มของแต่ละพื้นที่

2.2.2.1.4 Fratar Method วิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการคาดคะเนโดยใช้แบบจำลองสัดส่วนการเพิ่ม (Growth Factor Model) โดยมีสมมุติฐานที่ว่า "การเปลี่ยนแปลงของการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่จะแปรผันโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของการเดินทางที่จุดเริ่มต้นของพื้นที่ (origin zone) และจุดปลายของพื้นที่ (destination zone)"(8) วิธีการนี้เหมาะสมที่จะใช้กับพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ของที่ดินน้อย หรือบริเวณที่มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ และเหมาะสมกับการเดินทางประเภทการเดินทางระหว่างในและนอกพื้นที่ที่ทำการศึกษา (external trips) หรือการเดินทางที่ผ่านพื้นที่ที่ทำการศึกษา (through trips)

ข้อมูลที่จำเป็นจะต้องใช้จะประกอบด้วย ตารางการเดินทาง (trip table) หรือที่เรียกว่า ตารางแสดงจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทาง (Origin and Destinetion table) ในปัจจุบันหรือปีฐาน (base year) และจำนวนการเดินทางรวม (trip end) ของแต่ละพื้นที่ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งขั้นตอนในการหาการกระจายการเดินทางหรือการเดินทางระหว่างพื้นที่ (trip interchange) โดยวิธีนี้จะมีการวิเคราะห์แบบเป็นรอบๆ (interate) ไป ซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

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

เมื่อ $F_{jk} = T_j / (T_{ijk})$

$F_{ik} = T_i / (T_{ijk} \cdot F_{jk})$

โดยที่ T_{ijk} = จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และ j สำหรับรอบที่ k

F_{jk} = สัดส่วนการเจริญเติบโตของพื้นที่ปลายทาง j

F_{ik} = สัดส่วนการเจริญเติบโตของพื้นที่ต้นทาง i

T_j = จำนวนการเดินทางทั้งหมดที่คาดว่าจะมีสำหรับพื้นที่ปลายทาง j

T_i = จำนวนการเดินทางทั้งหมดที่คาดว่าจะมีสำหรับพื้นที่ต้นทาง i

i = เลขประจำตัวของพื้นที่ต้นทาง

j = เลขประจำตัวของพื้นที่ปลายทาง

k = หมายเลขรอบ

เมื่อเริ่มแรกที่ k มีค่าเท่ากับศูนย์ ค่าต่างๆ ของรอบ k จะเป็นค่าที่ได้มาจากตารางแสดงจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทางในปีฐาน การคำนวณจะดำเนินไปเรื่อยๆ จนกระทั่งค่า F_{jk} และ F_{ik} มีค่าเข้าใกล้ 1 ตัวอย่างของการแสดงจุดเริ่มต้นและจุดหมายปลายทาง แสดงดังตารางที่ 2.1

O / D	1	2	3	รวม
1	4	5	6	15
2	5	6	4	15
3	6	4	5	15
รวม	15	15	15	45

O = จุดเริ่มต้น (Origin)

D = จุดปลายทาง (Destination)

1,2,3 = ชื่อพื้นที่

4,5,6 = จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่

15 = จำนวนการเดินทางรวมของพื้นที่

45 = ผลรวมของการเดินทางทั้งหมด

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างตารางแสดงจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของการเดินทาง

2.2.2.2 แบบจำลองการดึงดูดของการเดินทาง (Gravity Model) แบบจำลองชนิดนี้เป็นแบบจำลองที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการหาการกระจายการเดินทางโดยอาศัยการประยุกต์เอาทฤษฎีแรงดึงดูดระหว่างมวลของ Newton มาใช้ ซึ่งสมมุติฐานก็คือ "การกระจายของการเดินทางระหว่างพื้นที่จะแปรผันโดยตรงกับ relative attraction ของแต่ละพื้นที่และจะแปรผกผันกับปัจจัยของ spatial seperation ระหว่างพื้นที่"(9) โดยทั่วไปมักใช้เวลาในการเดินทาง (travel time) เป็น spatial seperation ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$T_{ij} = P_i \cdot A_j \cdot F_{ij} \cdot K_{ij} \; / \; \sum_{j=1}^{n} (A_j \cdot F_{ij} \cdot K_{ij})$$

โดยที่ T_{ij} = จำนวนการเดินทางที่เกิดในพื้นที่ i และถูกดึงดูดไปยังพื้นที่ j

P_i = จำนวนการเกิดการเดินทางที่พื้นที่ i

A_j = จำนวนการดึงดูดการเดินทางที่พื้นที่ j

F_{ij} = องค์ประกอบที่มีผลต่อการเดินทาง ซึ่งมีค่า 1/tn โดยที่ t คือเวลาในการเดินทางระหว่างพื้นที่ และ n เป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับค่าของเวลาในการเดินทาง จุดประสงค์ในการเดินทาง และจำนวนประชากร เป็นต้น

K_{ij} = องค์ประกอบที่ใช้ในการปรับแก้จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ อันเป็นผลมาจากสภาพเศรษฐกิจสังคม ลักษณะการใช้ประโยชน์ของที่ดิน เป็นต้น

ในการใช้งานจะต้องมีการปรับแก้แบบจำลองแรงดึงดูดการเดินทางนี้ เพื่อที่จะให้แบบจำลองสามารถจำลองพฤติกรรมการกระจายการเดินทางในปัจจุบันให้ดีที่สุด อันจะส่งผลทำให้การคาดคะเนการกระจายของการเดินทางในอนาคตสามารถกระทำได้อย่างแม่นยำ

2.2.2.3 แบบจำลองโอกาสของการเดินทาง (Intervening Opportunities Model) แบบจำลองโอกาสของการเดินทางมีลักษณะคล้ายแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง โดยใช้สมมุติฐานที่ว่า "การกระจายของการเดินทางระหว่างพื้นที่ต้นทางและพื้นที่ปลายทาง จะเท่ากับจำนวนการเดินทางทั้งหมดที่เกิดจากพื้นที่ต้นทางคูณด้วยความน่าจะเป็นที่การเดินทางจากพื้นที่ต้นทางจะยอมรับพื้นที่ปลายทางนั้นเป็นจุดหมาย

ปลายทางของการเดินทาง"(10) ซึ่งสามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

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

$$P(D_j) = (e^{-LB} - e^{-LA})$$

เมื่อ L = ความน่าจะเป็นของการจะยอมรับเป็นจุดหมายปลายทาง

A = ผลรวมของการเป็นจุดหมายปลายทางของการเดินทางทั้งหมดระหว่างพื้นที่ i และ j และรวมจำนวนการเป็นจุดหมายปลายทางของพื้นที่ j

B = เช่นเดียวกับ A แต่ไม่รวมการเป็นจุดหมายปลายทางของพื้นที่ j

e = natural log มีค่าเท่ากับ 2.71828

O_i = จำนวนการเกิดการเดินทางทั้งหมดที่พื้นที่ i

2.2.2.4 แบบจำลองสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electrostatic Field Model) เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการทำ O - D Surveys แพงมาก R.T. Howe จึงได้ปรับปรุงแบบจำลองการกระจายการเดินทางของประชากร โดยใช้พื้นฐานจากกฎของคูลอมบ์ (Coulomb 's Law) ซึ่งเป็นกฎเกี่ยวกับแรงจากสนามไฟฟ้า โดย พิจารณาให้คนเป็นประจุไฟฟ้าลบอยู่ที่จุดกึ่งกลางของที่พักอาศัย และกระจายไปยังจุดศูนย์กลาง ประจุบวก เช่น ที่ทำงานโดยให้มีการเดินทางเข้าพื้นที่ทำงานเท่ากับจำนวนการจ้างงาน ซึ่งโอกาสที่จะมีการเดินทางระหว่างพื้นที่ที่พักอาศัยและพื้นที่ทำงานเป็นไปตามทฤษฎีสนามแม่เหล็กไฟฟ้า(11) โดยเขียนเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้

$$V_{PiQj} = [Q_j \cdot P_i / R_{ij}] / [\sum_{j=1}^{m} Q_j / R_{ij}]$$

$$V_{QjPi} = [P_i \cdot Q_j / R_{ij}] / [\sum_{i=1}^{n} P_i / R_{ij}]$$

เมื่อ V_{PiQj} = โอกาสการเดินทางจากพื้นที่ i ไปพื้นที่ j

V_{QjPi} = โอกาสการเดินทางจากพื้นที่ j ไปพื้นที่ i

P_i = จำนวนคนทำงานที่อาศัยในพื้นที่ i

Q_j = จำนวนงานที่มีในพื้นที่ j

R_{ij} = ระยะทางที่เป็นเส้นตรงระหว่างพื้นที่ i กับพื้นที่ j

จะเห็นได้ว่าจากสมการแรกเป็นจำนวนการเดินทางจากที่พักอาศัย และสมการที่ 2 เป็นการเดินทางออกจากพื้นที่ทำงาน โดยปกติแล้วผลลัพธ์ของทั้งสองสมการจะไม่เท่ากันจึงจำเป็นต้องมีการปรับแก้ด้วย ตัวปรับแก้เพื่อให้การเดินทางจากทั้ง 2 สมการเท่ากัน

2.2.2.5 แบบจำลองการวิเคราะห์แบบถดถอย (Multiple Regression Model) การกระจายการเดินทางโดยการวิเคราะห์แบบถดถอย จะได้จากการสังเกตุจากลักษณะของจุดเริ่มต้น จุดปลายทาง การวางแผนในการใช้พื้นที่เศรษฐกิจและสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป ครั้งแรกถูกพัฒนาขึ้นโดย Sam Osofsky ใน California จากการวิจัยจะพบว่า การเดินทางระหว่างพื้นที่จะเพิ่มขึ้นเมื่อ จำนวนประชากร จำนวนการจ้างงาน และการเป็นเจ้าของรถเพิ่มขึ้น จะลดลงเมื่อ ระยะทางจากจุดศูนย์กลางของพื้นที่เพิ่มขึ้น จากที่ Sam Osofsky ได้ทำการศึกษาไว้สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$T_{ij} = a_1 \cdot P^2 / D^{1.5} + a_2 \cdot E^2 / D^{1.5} + a_3 \cdot V/D^{1.5} + a_4 \cdot L/D^{1.5} + a_o$$

เมื่อ T_{ij} = จำนวนการเดินทางจากพื้นที่ i ไปพื้นที่ j

P = จำนวนประชากรของพื้นที่ปลายทาง
E = จำนวนการจ้างงานของพื้นที่ปลายทาง
V = การเป็นเจ้าของรถของพื้นที่ปลายทาง
L = ดัชนีการใช้พื้นที่ของพื้นที่ปลายทาง
D = ระยะทางระหว่างพื้นที่

2.2.3 แบบจำลองรูปแบบประเภทของการเดินทาง (Modal Split Model)

แบบจำลองดังกล่าวเป็นแบบจำลองสำหรับแสดงประเภทหรือชนิดของการเดินทาง เช่น เดินทางโดยรถยนต์ หรือรถโดยสาร เป็นต้น แบบจำลองรูปแบบประเภทของการเดินทางจำแนกเป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ 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 แบบจำลองรูปแบบประเภทของการเดินทางที่ใช้แสดงภายหลังจากการมีการกระจายการเดินทางแล้ว

แบบจำลองรูปแบบประเภทของการเดินทางมักอาศัยข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจสังคม เช่น รายได้ การศึกษา ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ฯลฯ เป็นพื้นฐาน และต้องอาศัยการคาดคะเนในการตัดสินใจของผู้เดินทาง (trip maker) ดังนั้น ในการสร้างแบบจำลองรูปแบบประเภทของการเดินทางมักจำเป็นจะต้องอาศัยข้อมูลจากการสัมภาษณ์ (interview) ด้วย

2.2.4 แบบจำลองจัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment Model)

แบบจำลองจัดเส้นทางการเดินทาง เป็นแบบจำลองที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อแสดงลักษณะการกระจายของความต้องการในการเดินทางระหว่างพื้นที่หนึ่งๆ ลงบนโครงข่ายถนน (road network) ที่มีอยู่ ในระยะเริ่มแรกของการใช้เทคนิคนี้คือปี พ.ศ.2493 เรียกว่า Two-path Traffic Assignment Method มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ทำนายปริมาณยวดยานที่จะมาใช้ทางด่วน (freeway) แต่วิธีการ two-path นี้ได้มีปัญหาเกิดขึ้นมากมาย ปัญหาที่สำคัญประการหนึ่งก็คือ แบบจำลองไม่สามารถที่จะจำลองพฤติกรรมของโครงข่ายถนนทั้งระบบได้ จึงได้มีการสร้างแบบจำลองขึ้นใหม่ เรียกว่า Single-path Traffic Assignment Method เพื่อที่จะใช้แก้ปัญหาดังกล่าวแต่ก็ยังมีข้อจำกัดคือ มีทางเลือกเพียงทางเดียวในการเดินทางจากพื้นที่หนึ่งไปยังพื้นที่อีกแห่งหนึ่ง จนกระทั่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาวิธีการจนสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ทั้งหมด

วิธีจัดเส้นทางการเดินทาง คือ การที่กำหนดความต้องการในการเดินทางของคนและสิ่งของ ซึ่งมักแสดงในรูปของยวดยานที่ใช้ขนส่งระหว่างพื้นที่หนึ่งๆ ลงบนโครงข่ายถนนทั้งระบบ อันประกอบด้วยถนนสายหลักเท่านั้นไม่รวมถึงถนนซอยต่างๆ เทคนิคและวิธีการจัดเส้นทางการเดินทางได้มีการพัฒนาขึ้นมามากมาย และวิธีการเหล่านี้มักจะประกอบด้วยหลักสำคัญ 3 ประการ คือ

1. การพิจารณาในการกำหนดในการเลือกเส้นทางของผู้ขับขี่ยวดยาน (route selection criterea)
2. การสร้างเส้นทางในการเดินทางสำหรับการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย (tree building)
3. การกำหนดปริมาณการเดินทางลงบนเส้นทางการเดินทาง (allocating vehicle trip)

ข้อกำหนดในการเลือกเส้นทางนั้นจะเป็นการจำลองพฤติกรรมของผู้ขับขี่ยวดยานในการเลือกเส้นทางการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย (zone) เพียงเส้นทางเดียวท่ามกลางเส้นทางที่มีอยู่มากมาย Wardrop ได้สร้างสมมุติฐานขึ้นมา 2 ข้อ เพื่อที่จะทำนายเส้นทางการเดินทางของผู้ขับขี่ยวดยาน คือ

1. เวลาในการเดินทางบนเส้นทางที่เกิดขึ้นจริง จะมีค่าเท่ากับหรือน้อยกว่าเวลาที่เกิดขึ้นโดยรถเพียงคันเดียวบนถนนที่ว่างเปล่า

2. เวลาเฉลี่ยในการเดินทางของผู้ขับขี่ยวดยานทั้งหมด เป็นเวลาที่น้อยที่สุดซึ่งจะทำให้ค่าเวลารวมในการเดินทาง (total vehicle hours) มีค่าน้อยที่สุดด้วย

จากสมมุติฐานดังกล่าวสามารถอธิบายได้ง่ายๆ ดังนี้ คือ ข้อ 1 ผู้ขับขี่จะพิจารณาเวลาในการเดินทางของตัวเองเท่านั้นมิได้คำนึงถึงผลกระทบต่อทั้งระบบ ส่วนข้อ 2 ผู้ขับขี่จะพิจารณาผลกระทบต่อทั้งระบบซึ่งจะทำให้เวลารวมในการเดินทางมีค่าน้อยที่สุด(12)

ได้มีการศึกษาพฤติกรรมการเลือกเส้นทางการเดินทางของผู้ขับขี่ยวดยานขึ้นอีกมากมาย ซึ่งแต่ละพฤติกรรมมีลักษณะคล้ายคลึงกับสมมุติฐานของ Wardrop แต่ไม่สามารถสรุปแน่ชัดได้ว่าสมมุติฐานของ Wardrop ข้อใดมีความถูกต้องมากกว่ากัน อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปแล้วในแบบจำลองจัดเส้นทางการเดินทางมักจะเลือกสมมุติฐานข้อ 1 เป็นพื้นฐาน

ในการสร้างเส้นทางการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยนั้น ภายหลังจากได้ข้อกำหนดในการเลือกเส้นทางสำหรับผู้ขับขี่แล้ว ก็จะทำการเลือกเส้นทางบนข่ายถนน ซึ่งบางกรณีก็จะพิจารณาเฉพาะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ซึ่งเป็นเส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุด บางกรณีก็

จะมีการพิจารณาสิ่งต่างๆ เพิ่มขึ้น โดยจะเรียกเส้นทางที่สั้นที่สุดนี้ว่า n-best paths

หลังจากที่ได้มีการสร้างเส้นทางการเดินทางแล้ว ก็จะกำหนดปริมาณการจราจรซึ่งนำมาจากตารางแสดงจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางการเดินทางลงบนเส้นทางเหล่านั้น วิธีการในการกำหนดปริมาณการจราจรลงบนโครงข่ายถนนมีหลายวิธี แต่วิธีหลักๆ ที่นิยมใช้มีด้วยกัน 4 วิธี คือ

2.2.4.1 All or Nothing Assignment Technique เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกในการใช้ และมีแนวโน้มที่จะเกิดการผิดพลาดเนื่องจากการกำหนดปริมาณการจราจรลงบนโครงข่ายถนนได้น้อยที่สุด วิธีการก็คือ ภายหลังจากได้ tree paht ของแต่ละพื้นที่ย่อยจากขั้นตอนการเลือกเส้นทางแล้ว ก็จะกำหนดปริมาณความต้องการในการเดินทางทั้งหมดระหว่างแต่ละพื้นที่ย่อย (O-D pairs) ลงบนเส้นทางเหล่านั้น ซึ่งผลที่ได้รับเบื้องต้นจะเป็น desire lines

2.2.4.2 Capacity Restrained Assignment Technique เนื่องจากเมื่อปริมาณการจราจรบน links ของโครงข่ายถนนมีค่าใกล้เคียงกับความจุของถนนก็จะเกิด Unstable flow ขึ้น อีกทั้งในสภาพความเป็นจริงแล้วปริมาณการจราจรบนถนนจะไม่สามารถเกินค่าความจุของถนนได้ ดังนั้นการกำหนดปริมาณการจราจรลงบนโครงข่ายถนนด้วยวิธีนี้จะพยายามที่จะไม่ให้ปริมาณการจราจรเกินค่าความจุของถนน หรือพยายามที่จะจำกัดปริมาณการจราจรบน links ด้วยความจุของมัน ตัวอย่างของการใช้เทคนิคนี้ เช่น วิธีของ Wayne วิธีของ Mosher และ Tomlim วิธีของ Traffic Research Corporation และวิธีของ FHWA (Federal Highway Administration) โดยวิธีนี้จะเพิ่มเวลาการเดินทางบน link เมื่อมีปริมาณการจราจรต่อความจุของถนนมากขึ้น โดยจะสอดคล้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณการจราจรบนถนนนั้นๆ ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของเวลาในการเดินทางบนถนนด้วยสมการดังนี้

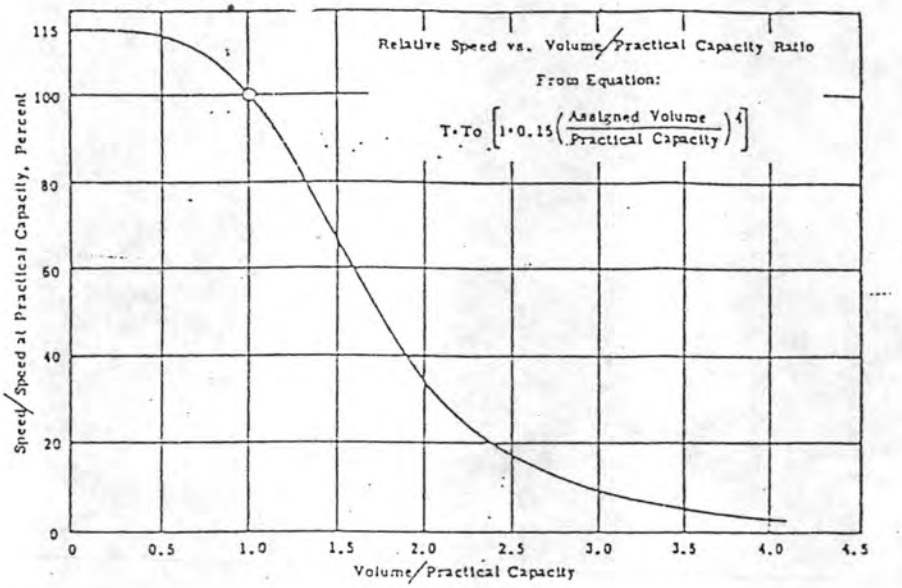
$$T = T_o [\, 1 + 0.15 (v / c)^4 \,]$$

เมื่อ T = เวลาที่ใช้ในการเดินทางบน link เมื่อมีปริมาณการจราจรเท่ากับ v

T_o = เวลาที่ใช้ในการเดินทางขณะที่ยังไม่มีปริมาณการจราจรบนถนน (free flow travel time)

c = ความจุของถนน (practical capacity)

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเดินทางกับปริมาณการจราจรต่อความจุของถนนใดๆ ซึ่งได้มาจากสมการดังกล่าวนี้ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วที่ใช้ในการเดินทางกับปริมาณการจราจรต่อความจุบนถนนใดๆ โดย FHWA

2.2.4.3 Multipath Assignment Techniques ในสภาพของความเป็นจริงนั้น การเลือกเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดระหว่างพื้นที่ย่อยมิได้มีเพียงเส้นทางเดียว อาจมีได้หลายเส้นทางทั้งนี้ขึ้นกับตัวแปรหลายอย่าง เช่น เวลาในการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ความสะดวกสบายในการเดินทาง อุบัติเหตุ และอื่นๆ อีกมากมาย ดังนั้นการกำหนดปริมาณการจราจรลงบนโครงข่ายถนนโดยวิธีนี้ จะพยายามหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดที่เป็นไปได้แล้วกำหนดปริมาณการจราจรลงบนเส้นทางดังกล่าว ในปริมาณที่ต่างๆ กัน ทั้งนี้ต้องอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็น (probability) เข้าช่วย การกำหนดปริมาณการจราจรลงบนโครงข่ายถนนที่ใช้เทคนิคนี้ ได้แก่ วิธีของ Mc Laughlin ชิธีของ Burrell และวิธีของ Dial

2.2.4.4 Equilibrium Assignment Techniques วิธีนี้เป็น

การนำเอาสมมุติฐานของ Wadrop ข้อที่ 2 มาใช้ โดยจะมีการตรวจสอบให้ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (travel cost) ของทั้งระบบมีค่าน้อยที่สุด ตัวอย่างของการใช้วิธีนี้ คือ วิธีของ Yosef Sheffi

2.3 การคาดคะเนปริมาณการจราจรเพื่อการวางแผนการขนส่งระหว่างเมืองของประเทศไทยในอดีต

การคาดคะเนปริมาณการจราจรเพื่อการวางแผนการขนส่งระหว่างเมืองของประเทศไทยในอดีตนั้น เราได้ทำการคาดคะเนปริมาณการจราจรในอนาคตโดยศึกษาถึงอัตราการเพิ่มของประมาณการจราจร (Traffic Growth Rate) บนทางหลวงแต่ละสายว่าเท่ากับกี่เปอร์เซนต์ วิธีการที่ใช้หามีดังนี้

$$E = (\Delta T / T) / (\Delta I / I)$$

เมื่อ T = ปริมาณการจราจรบนทางหลวงที่เพิ่มขึ้นจากปีที่แล้ว

T = ปริมาณการจราจรบนทางหลวงในปีที่แล้ว

I = รายได้ประชากรในภูมิภาคที่ทางหลวงสายนั้นผ่าน ที่เพิ่มขึ้นจากปีที่แล้ว

I = รายได้ของประชากรในภูมิภาคที่ทางหลวงสายนั้นผ่านในปีที่แล้ว

E = Traffic Elasticities

เราสามารถหาอัตราการเพิ่มปริมาณการจราจรเป็นเปอร์เซนต์ได้จาก

$$\text{Growth} = E \cdot (\Delta I / I) \cdot 100 \ \%$$

ดังนั้นจะเห็นว่าการคาดคะเนปริมาณการจราจรจะขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มของรายได้ของประชากรเท่านั้น แต่ปัญหาของวิธีนี้ คือ การกำหนดค่า Traffic Elasticities ควรจะมีค่าเท่าใด และการคาดคะเนอัตราการเพิ่มของรายได้ประชากรในอนาคต ซึ่งเป็นการยากมากที่จะคาดคะเนให้ถูกต้องแม่นยำได้ในเวลานั้น เพราะว่ายังไม่ได้มีการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ในการคาดคะเนสภาพเศรษฐกิจ ในขณะนั้นเรามีเพียงข้อมูลทางสถิติ (Statistic Data) ของปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน หรือ ADT ของทุกๆ ปี บนทาง

หลวงสายต่างๆ ซึ่งเชื่อมระหว่างเมืองที่ประกอบเป็นโครงข่ายทางหลวงทั่วประเทศเท่านั้น ดังนั้นเราจะใช้วิธีที่เหมาะสมในการคาดคะเนปริมาณการจราจรระหว่างเมือง โดยจะใช้ข้อมูลที่เรามีอยู่ซึ่งจะมีลักษณะเป็นแบบ Time - Series Data ดังนั้นเราจึงใช้การวิเคราะห์เชิงสถิติ (Statistical Analysis) มาคิดคือ Autoregressive Model Linear Growth Model และ Exponential Growth Model ขึ้นกับว่า Model ใดจะเหมาะสมกับข้อมูลแต่ละสาย

หลังจากที่ได้มีการเก็บข้อมูลเกี่ยวกับประชากร อัตราการเพิ่มประชากร จำนวนรถจดทะเบียน ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติเบื้องต้น (Gross Domestic Product) และได้มีการคาดคะเนเกี่ยวกับข้อมูลต่างๆ โดยหน่วยงานของรัฐบาล ทางกรมทางหลวงจึงได้ทำการศึกษาความเหมาะสมของโครงการทางหลวง โดยได้อาศัยข้อมูลต่างๆ เหล่านี้มาใช้ในการคาดคะเนปริมาณการจราจรในอนาคต เพื่อที่จะหาผลประโยชน์จากการที่ได้ปรับปรุงหรือก่อสร้างทางหลวง โดยจะมีการศึกษาทั้งทั่วประเทศ ระดับภาคและแต่ละสาย ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะได้ทำการศึกษาการคาดคะเนปริมาณการจราจรบนทางหลวงในระดับประเทศและภาคเท่านั้น โดยจะไม่รวมการศึกษาเฉพาะสาย ซึ่งการศึกษาระดับประเทศและระดับภาคนี้ทางกรมทางหลวงได้ทำการศึกษาไว้ตามลำดับดังนี้

2.3.1 Studies of National and Provincial Road Network in Thailand

การศึกษานี้จัดทำโดยบริษัท Louis Berger International , Inc. และบริษัท Asian Engineering Consultants Corp.,Ltd. ซึ่งว่าจ้างโดยกรมทางหลวงให้ทำการศึกษาโครงข่ายทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงจังหวัดในประเทศไทย ขั้นตอนที่ 1 โดยขั้นที่ 1 นี้จะเป็นการคัดเลือกและทำการศึกษาเบื้องต้น ขั้นที่ 2 ทำการศึกษารายละเอียดในสายทางที่มีผลตอบแทนสูง ขั้นตอนที่ 3 ทำการออกแบบทางด้านวิศวกรรม เพื่อคัดเลือกสายทางที่เหมาะสมทางเศรษฐกิจ ในการศึกษานี้จะได้นำผลไปใช้ในการวางแผนระยะยาวสำหรับทางหลวงแผ่นดินและทางหลวงจังหวัดในแผนพัฒนาฉบับที่ 5 ระหว่าง พ.ศ. 2525 - 2529

วิธีการที่ใช้ประกอบในการวิเคราะห์แนวทางความต้องการ จะพบว่ารูปแบบการเพิ่มในอนาคตจะมีลักษณะเหมือนการเพิ่มในอดีตโดยจะมีผลจากการเพิ่มทางเศรษฐกิจและสังคม[1] ดังนั้นจึงมีการคาดคะเนการเพิ่มทางเศรษฐกิจและสังคมก่อน โดยกระทำในระดับประเทศ ระดับภาคและระดับจังหวัด และยังต้องทำการคาดคะเนผลกระทบที่มาจาก

นอกประเทศ เช่น แรงบีบคั้นจากสินค้าในตลาดโลก พลังงานด้วย นอกจากนี้แล้วยังมีนโยบายทางสังคมของรัฐบาล เช่น การกระจายรายได้ การใช้ที่ดิน การพัฒนาระดับภาคและการอุตสาหกรรม(13) จากสมมุติฐานทั้งหมดการจราจรทั้งหมดจะขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมในอนาคต ดังนั้นทางที่ปรึกษาจึงทำการค้นคว้าและวิเคราะห์หาตัวแปรต่างๆ ตามที่ได้ตั้งสมมุติฐานขึ้นมา และเพื่อแก้ปัญหาผลกระทบของอัตราการเพิ่มทางเศรษฐกิจซึ่งเป็นแบบ Exponential อัตราการเพิ่มของ AADT จะถูกปรับแก้โดยให้การเพิ่มเป็นเส้นตรง 2 เส้น คือจากปี 2521 ถึง 2530 และอีกเส้นหนึ่งจากปี 2530 ถึง 2545

การคาดคะเนนี้จะทำในลักษณะสม่ำเสมอซึ่งจะไม่รวมถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันสั้น เช่น ผลกระทบจากภูมิอากาศกับการเกษตรเป็นต้น โดยการคาดคะเนจะมีลักษณะการเพิ่มเหมือนการเพิ่มในอดีต ซึ่งอัตราการเพิ่มมีแนวโน้มลดลง โดยแบ่งเป็นการจราจรขนส่งผู้โดยสารและการจราจรขนส่งสินค้า

<u>ปริมาณการจราจรขนส่งผู้โดยสาร</u>

$$CT\ (FY) = CT\ (PY) + [i\ (pass) - A\ (PASS)] \cdot CT\ (PY)$$

$$LB\ (FY) = LB\ (PY) + [i\ (PASS) - A\ (PASS)] \cdot LB\ (PY)$$

$$HB\ (FY) = HB\ (PY) + [i\ (PASS) \cdot HB\ (PY)] \cdot [A\ (PASS) \cdot [CT\ (PY) + LB\ (PY)] \cdot 0.14]$$

เมื่อ CT = รถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถยนต์รับจ้าง (TAXI)

LB = รถโดยสารขนาดเล็ก

HB = รถโดยสารขนาดใหญ่

(PY) = ปีฐาน 2521 และ 2530

(FY) = ปีที่ทำการคาดคะเน (เพิ่มทีละ 1 ปี ถึง 2530 และถึง 2545)

i(PASS) = อัตราการเพิ่ม เปอร์เซนต์ต่อปี (ตารางที่ 2.2)

A(PASS) = ค่าปรับแก้เนื่องจากราคาน้ำมัน เปอร์เซนต์ต่อปี (ตารางที่ 2.2)

<u>ปริมาณการจราจรขนส่งสินค้า</u>

$$HT\ (FY) = HT\ (PY) + [i(FR) - A\ (FR)] \cdot HT\ (PY)$$

$$LT\ (FY) = LT\ (PY) + i\ (FR) \cdot LT\ (PY) + [A\ (FR) \cdot HT\ (PY) \cdot 5]$$

ตารางที่ 2.2 RATE OF GROWTH ADJUSTED FOR EXPECTED FUEL PRICE CHANGES

	SOUTH		CENTRAL		NORTH		NORTH EAST	
	1978-1987	1987-2001	1978-1987	1987-2002	1987-1987	1987-2001	1978-1987	1987-2002
1. National Primary								
Passenger:								
Projected rate	6.830	5.730	2.410	1.450	7.330	6.550	2.300	1.600
Fuel price correction	1.377	.850	1.377	.850	1.377	.850	1.377	.850
Corrected rate	5.453	4.880	1.033	.600	5.953	5.700	.923	.750
Freight:								
Projected rate	7.500	5.100	6.700	6.000	7.400	6.800	5.500	4.100
Fuel price correction	.640	.400	.640	.400	.640	.400	.640	.400
2. National Secondary								
Passenger:								
Projected rate	6.710	5.650	5.050	4.950	6.940	6.320	5.200	4.620
Fuel price correction	1.377	.850	1.377	.850	1.377	.850	1.377	.850
Corrected rate	5.333	4.800	3.673	4.100	5.563	5.370	3.823	3.770
Freight:								
Projected rate	6.400	4.700	7.700	6.400	6.600	6.400	5.800	4.200
Fuel price correction	.640	.400	.640	.400	.640	.400	.640	.400

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) RATES OF GROWTH ADJUSTED FOR EXPECTED FUEL PRICE CHANGES

	SOUTH		CENTRAL		NORTH		NORTH EAST	
	1978-1987	1987-2002	1978-1987	1987-2002	1978-1987	1987-2002	1978-1987	1987-2002
3. Provincial Paved								
Passenger:								
Projected rate	8.360	6.570	6.550	6.040	5.630	5.560	7.960	6.320
Fuel price correction	1.377	.850	1.377	.850	1.377	.850	1.377	.850
Corrected rate	6.983	5.720	5.173	5.190	4.253	4.710	6.583	5.470
Freight:								
Projected rate	8.370	5.380	8.920	6.810	5.780	5.990	5.100	3.960
Fuel price correction	.640	.400	.640	.400	.640	.400	.640	.400
4. Provincial Unpaved								
Passenger:								
Projected rate	6.980	5.870	4.750	4.690	7.080	6.390	6.300	5.260
Freight:								
Projected rate	8.700	5.500	7.400	6.130	8.200	7.600	4.960	3.890

เมื่อ LT = รถบรรทุกขนาดเล็ก
HT = รถบรรทุกขนาดใหญ่
(PY) = ปีฐาน
(FY) = ปีที่ทำการคาดคะเน
i (FR) = อัตราการเพิ่ม เปอร์เซนต์ต่อปี (ตารางที่ 2.2)
A (FR) = ค่าปรับแก้เนื่องจากราคาน้ำมัน เปอร์เซนต์ต่อปี (ตารางที่ 2.2)

2.3.2 Feasibility Study and Detail Engineering Design for Provincial Road Improvement

การศึกษาความเหมาะสมและออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อปรับปรุงทางหลวงจังหวัดนี้ได้จัดทำโดยบริษัท Renardet S.A. - Sauti ร่วมกับบริษัท Louis Berger International, Inc., Universal Engineering Consultants Co., Ltd. และบริษัท Asain Engineering Consultants Corp.,Ltd. โดยมีจุดมุ่งหมายที่จะบรรยายเทคนิคและการศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจ เพื่อเลือกทางหลวงจังหวัดมาทำการปรับปรุงเพื่อก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

การคาดคะเนปริมาณการจราจรในการศึกษานี้จะทำสำหรับการจราจรปกติ การจราจรที่เกิดขึ้นใหม่ การจราจรที่เกิดจากการพัฒนาพื้นที่ซึ่งเป็นการขนส่งสินค้าและการจราจรที่เปลี่ยนมาจากเส้นทางอื่นและการขนส่งทางอื่น เช่น การขนส่งทางน้ำ การจราจรเฉลี่ยต่อวันจะถูกคาดคะเนแยกเป็น 7 ประเภทตามชนิดของรถ และแยกวิธีวิเคราะห์ตามความเหมาะสม โดยให้ มอเตอร์ไซด์ รถยนต์ส่วนบุคคล รถโดยสารขนาดเล็ก รถโดยสารขนาดใหญ่และรถบรรทุกขนาดเล็ก เป็นการจราจรขนส่งผู้โดยสาร สำหรับรถบรรทุกขนาดกลางและใหญ่เป็นการจราจรขนส่งสินค้า

การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร รายได้ต่อบุคคลและมูลค่าการขนส่งเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจรขนส่งผู้โดยสาร จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์จากทั้ง 4 ภาค พบว่าการเป็นเจ้าของรถจะขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มของรายได้ต่อบุคคล

อัตราการเพิ่มของผลผลิตทั้งจังหวัดและในพื้นที่อิทธิพลของถนนแต่ละสายจะเป็นพื้นฐานในการประมาณ อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรขนส่งสินค้า การ

เปลี่ยนแปลงของผลผลิตทางการเกษตรของจังหวัดจะใช้ในการคาดคะเนอัตราการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร(14) ดังนั้นการคาดคะเนผลผลิตทั้งจังหวัดจะอธิบายในราคาคงที่

อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรของถนนในโครงการจะถูกประมาณโดยแบ่งเป็น 4 ช่วง คือ พ.ศ. 2524 - 2529 2529 - 2534 2534 - 2539 2539 - 2549 ดังสมการต่อไปนี้

2.3.2.1 การจราจรขนส่งผู้โดยสาร

$$R_{ijkl} = P_{ikl} + e_{ijkl} \cdot U_{ikl} + e^{1}_{ii} \cdot t_k$$

เมื่อ R_{ijkl} = อัตราการเพิ่มปริมาณการจราจร

P_{ikl} = อัตราการเพิ่มของประชากรที่มีอิทธิพลต่อการจราจรประเภท i ช่วงเวลา k สายทาง l

e_{ijkl} = ความยืดหยุ่นของรายได้

U_{ikl} = อัตราการเพิ่มรายได้ประชากรที่มีอิทธพลต่อ การจราจรประเภท i ช่วงเวลา k สายทาง l

e^{1}_{ii} = ความยืดหยุ่นของราคา

t_k = อัตราความสัมพันธ์ของการเพิ่มราคากับการขนส่ง ในช่วงเวลา k

i = ประเภทการจราจร
j = ประเภทรถ
k = ช่วงเวลา
l = สายทาง

ความยืดหยุ่นของรายได้ e_{ijkl} ขึ้นอยู่กับรายได้และการเพิ่มราคาตั้งแต่ปีฐานตามประเภทการจราจรและชนิดรถ

ความยืดหยุ่นของราคา e^{1}_{jl} ขึ้นอยู่กับการกระจายจุดประสงค์ของการเดินทาง

2.3.2.2 การจราจรขนส่งสินค้า

$$R_{ijkl} = a_{ikl} - b_{jkl}$$

เมื่อ R_{ijkl} = อัตราการเพิ่มปริมาณการจราจร

a_{ikl} = อัตราการเพิ่มของ GDP การเกษตร เป็นมูลค่าจริงสำหรับพื้นที่การอิทธิพลของการจราจรประเภท i ช่วงเวลา k สายทาง l

b_{jkl} = อัตราการพัฒนา Load Factor ของรถชนิด j ช่วงเวลา k สายทาง l

จากการสังเกตุสมมุติฐานเบื้องต้น การจราจรที่ไม่ได้เกิดจากการเกษตรบนถนนในชนบท มีอัตราการเพิ่มเหมือนกับการจราจรที่เกิดจากการเกษตร ประชากรที่อยู่ในพื้นที่อิทธิพลของถนนเป็นประชากรที่มีอิทธิพลต่อการจราจรปกติ รายได้และอัตราการเพิ่มของรายได้ที่ใช้ในการคาดคะเนการจราจรปกติสามารถหามาได้จากประชากรในพื้นที่อิทธิพล

อัตราการเพิ่มของการจราจรที่เกิดขึ้นใหม่ของการจราจรขนส่งผู้โดยสารสามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับการจราจรปกติ

สำหรับการจราจรที่เปลี่ยนเส้นทางมา สามารถหาได้จากการใส่ข้อมูลเพื่อหาอัตราการเพิ่มจากข้อมูลระดับจังหวัดที่สายทางนั้นผ่าน หรือจากทั้งภาคขึ้นกับโครงข่ายและธรรมชาติของการจราจรเปลี่ยนเส้นทาง

การจราจรที่เปลี่ยนมาจากทางน้ำ จะพิจารณาอัตราการเพิ่มเท่ากับอัตราการเพิ่มของการจราจรปกติ

การจราจรที่เกิดจากการพัฒนา จะมีอัตราการเพิ่มเท่ากับการเกษตรจากอัตราการเพิ่มนี้สามารถหาผลประโยชน์จากการพัฒนาได้

2.3.3 Road Feasibility Study Project

รัฐบาลไทยได้ขอความช่วยเหลือจากรัฐบาลออสเตรเลียในปี 2522 ในการฝึกอบรมเจ้าหน้าที่ (Training Needs Identification Study) ซึ่งรัฐบาลออสเตรเลียได้ให้ความเห็นชอบโดยได้จัดส่งผู้เชี่ยวชาญจากบริษัทวาเลนไทน์ ลอรีย์ แอนด์ เควีย์ส เป็นผู้ดำเนินการ การฝึกอบรมดังกล่าวเน้นหนักในงานของฝ่ายวางโครงการ กองวางแผน กรมทางหลวง ซึ่งมีหน้าที่หลักในการจัดทำโครงการก่อสร้างและบูรณะทางหลวงตามแผนหลัก 5 ปีของประเทศ โดยวัดผลจากความคุ้มค่าต่อการลงทุนคัดเลือกโครงการต่างๆ ที่มีผลตอบแทนสูงมาจัดลำดับความสำคัญในการก่อสร้างและบูรณะทางหลวง ในการฝึกอบรมครั้งนี้ได้มีวิธีการที่ใช้คาดคะเนปริมาณการจราจรต่างๆ ดังต่อไปนี้

ในการคาดคะเนปริมาณการจราจรแต่ละชนิดนั้น อาจจะใช้วิธีที่ต่างกันขึ้นกับข้อมูลที่หาได้ ปริมาณการจราจรในปีฐาน วิธีที่นำมาใช้และมาตรฐานของทาง โดยแบ่งตามประเภทการจราจรดังนี้

2.3.3.1 การเพิ่มปกติของยานพาหนะที่ใช้ในการโดยสาร (Normal Growth of Passenger Traffic) อัตราการเพิ่มปกติของรถโดยสารและบริการพื้นฐานจะเกี่ยวพันกับประชากร การจดทะเบียนของยานพาหนะ รายได้และผลิตภัณฑ์รวมของจังหวัด (GPP) จะอยู่ในรูปแบบการเพิ่ม (Growth Models) ส่วนยานพาหนะที่วิ่งทางไกลนั้น การเพิ่มขึ้นของปริมาณการจราจรจะเกี่ยวพันกับระยะทางและเวลาที่ใช้ในการเดินทางจะอยู่ในรูปแบบการจราจร (Traffic Models)

2.3.3.1.1 รูปแบบอัตราการเพิ่ม (Growth Models) จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ

- อัตราการเพิ่มจะขึ้นอยู่กับข้อมูลในอดีตโดยอาศัยการต่อกราฟข้อมูลออกไปในระยะเวลาเท่ากับที่มีข้อมูล

- อัตราการเพิ่มจะขึ้นกับการวิเคราะห์แบบถดถอย (Regression Analysis) โดยอัตราการเพิ่มในอดีต (T) จะสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของประชากรในอดีต (P) จำนวนยานพาหนะ (V) รายได้เฉลี่ย (I) และ GPP (G) ของภาคหรือจังหวัด จะได้สมการดังต่อไปนี้

$$T = aP^{w} + bI^{x} + cG^{y} + dV^{z}$$

เมื่อ a = สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของประชากร

b = สัมประสิทธิ์ความยืดหยุนของรายได้

c = สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของผลิตภัณฑ์รวมของจังหวัด

d = สัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของการเพิ่มจำนวนยานพาหนะ

2.3.3.1.2 รูปแบบการจราจร (Traffic Model) ใช้พยากรณ์ปริมาณการจราจรระหว่างพื้นที่ต่างๆ ที่หันมาใช้ถนนโครงการ วิธีนี้ทำได้โดยอาศัยหลักความสัมพันธ์ของอัตราการเพิ่มปริมาณการจราจรปัจจุบันบนถนนและตัวแปรต่างๆ โดยปกติจะสร้างได้ 2 อย่าง คือ

- รูปแบบการเดินทางระหว่างเมือง เป็นการเดินทางที่มีจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางอยู่ในเมืองที่มีการจราจรเกิดขึ้นมาก

- รูปแบบการเดินทางในชนบท เป็นการเดินทางที่มีจุดเริ่มต้นหรือจุดปลายทางเพียงจุดเดียว หรืออาจจะไม่มีเลยก็ได้ที่จะอยู่ในแหล่งกำเนิดการจราจรของตัวเมืองใหญ่ๆ เช่น การเดินทางจากอำเภอหาดใหญ่ไปอำเภอปากพยูน เป็นต้น

โดยทั่วไปจะใช้สมการถดถอย (Regression) ซึ่งดัดแปลงมาจากรูปแบบการดึงดูด (Gravity Model) ซึ่งประกอบไปด้วยตัวแปรของระยะเวลาหรือระยะทางของการเดินทางแต่ละเที่ยว ดังนี้

$$T_{A-B} = K (P_A \times P_B) / T^{n}$$

T_{A-B} = การเดินทางจาก A - B

P_A , P_B = จำนวนประชากรของพื้นที่ A และ B

T = เป็นระยะเวลาของการเดินทางจาก A ไป B

K , n = ค่าสัมประสิทธิ์

2.3.3.2 การเพิ่มปริมาณรถบรรทุกแบบปกติทั่วไป (Normal Growth of General Freight Traffic) วิธีการคาดคะเนปริมาณรถบรรทุกสินค้าพิจารณาได้ 2 วิธี ซึ่งขึ้นอยู่กับขอบเขตของการศึกษาโครงการ, ประเภทของสินค้าและวิธีประเมินผล โดยวิธีแรกจะอาศัยข้อมูลในอดีต และอัตราการเพิ่มที่ได้จะขึ้นอยู่กับข้อมูลเหล่านี้ วิธีที่ 2 ในกรณีที่ไม่สามารถหาข้อมูลในอดีต ก็อาจใช้สมการต่อไปนี้ คำนวณอัตราการเพิ่มได้

$$T = eG \quad \text{โดยให้ } e = 1$$

เมื่อ T = อัตราการเพิ่มของรถบรรทุกขนาดกลางและรถบรรทุกขนาดใหญ่
G = อัตราการเพิ่มของ GPP ของภาคหรือจังหวัด

2.3.3.3 ปริมาณการจราจรที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการพัฒนา (Development Traffic) การจราจรที่เกิดจากการพัฒนา (Development Traffic) เป็นการจราจรที่เกิดจากการพัฒนาด้านการเกษตรและอุตสาหกรรม อันเนื่องจากการก่อสร้างหรือปรับปรุงถนนเท่านั้น สามารถหาได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้น จากการเพิ่มขนาดไร่นา, การปลูกพืช 2 ครั้ง, การเพิ่มผลผลิตต่อไร่, ปลูกพืชผลอื่นที่ให้คุณค่าสูงกว่า และปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นของอุตสาหกรรมเนื่องจากการปรับปรุงถนนแล้วนำมาแปลงเป็นจำนวนยวดยาน

2.3.3.4 ปริมาณการจราจรที่เกิดขึ้นใหม่ (Generated Traffic) การจราจรที่เกิดขึ้นใหม่ (Generated Traffic) เป็นการจราจรที่เพิ่มขึ้นจากการปรับปรุงสายทางนั้น หรือก่อสร้างทางใหม่ ทำให้ระยะทางสั้นลง ค่าใช้จ่ายในการเดินทางถูกลง หรือมีความสะดวกสบายมากกว่าสายทางเก่า การคาดคะเน การจราจรที่เกิดขึ้นใหม่นี้มี 2 วิธี วิธีแรกเป็นวิธีเปรียบเทียบกับสายทางที่ได้ปรับปรุงเรียบร้อยแล้ว เป็นวิธีที่เร็วแต่ไม่ค่อยแน่นอน วิธีที่ 2 เป็นวิธีหาความยืดหยุ่นของการเดินทาง (Elasticity of Demand for Travel) โดยใช้สัดส่วนของค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมซึ่งลดลงของการใช้รถแต่ละชนิด และประเภทของการเดินทาง ดังสมการต่อไปนี้

$$T = E \cdot P \cdot N \cdot I^{m} / (d^{n} \cdot 100)$$

เมื่อ T = การจราจรที่เกิดขึ้นใหม่
E = ความยืดหยุ่นราคาของความต้องการในการเดินทาง
P = เปอร์เซนต์ที่เปลี่ยนไปของค่าใช้จ่ายที่เหมาะสมสำหรับการเดินทาง

N = จำนวนเที่ยวที่มีอยู่เดิม

I = รายได้ประชาชาติเฉลี่ยของบริเวณที่ทำการศึกษาสำหรับกลุ่มเดียวกัน

d = ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง

m ,n = สัมประสิทธิ์

2.3.3.5 การจราจรเปลี่ยนเส้นทาง (Diverted Traffic) การจราจรที่หันเหจากทางสายอื่นมาสู่ทางของโครงการ เมื่อผู้เดินทางได้ประโยชน์บางอย่างจากการที่เปลี่ยนสายทาง ซึ่งปกติจะเป็นทางผลจากการประหยัดเวลาหรือค่าใช้จ่ายตลอดจนความสะดวกสบายจากทางสายใหม่ หรือระยะเวลาที่สั้นลง เรียกว่าการจราจรเปลี่ยนเส้นทาง (Diverted Traffic) จากการวิจัยต่างประเทศพบว่าเปอร์เซนต์การจราจรซึ่งจะหันมาใช้บริการของสายทางสายใหม่ ซึ่งมีตัวประกอบหนึ่งคืออัตราส่วนระหว่างเวลาที่ใช้ในการเดินทางทั้งหมดบนทางใหม่กับทางเก่า โดยสรุปเป็นสูตรได้ดังต่อไปนี้

$$P = 100 / [1 + (T_2 / T_1)]^6$$

เมื่อ P = เปอร์เซนต์ของจำนวนเที่ยวที่เปลี่ยนจากทางเก่ามาใช้ทางใหม่

T_1 = เวลาที่ใช้ในการเดินทางบนทางเก่า

T_2 = เวลาที่ใช้ในการเดินทางบนทางใหม่

การจราจรที่เปลี่ยนเส้นทาง (Diverted Traffic) นี้ จะนำไปรวมกับการจราจรปกติ (Normal Traffic) และสมมุติให้มีอัตราการเพิ่มเท่ากับการจราจรปกติ

2.3.3.6 การขนส่งประเภทอื่น ๆ (Other Modes) การจราจรอาจจะเกิดจากการหันเหมาจากการเปลี่ยนประเภทของการขนส่งอื่น เช่น จากรถไฟและทางน้ำ ส่วนจากทางอากาศนั้นเป็นไปได้น้อยมาก แม้ว่าถนนที่มีระยะทางยาวมาก ๆ แต่ความแตกต่างด้านเวลานั้นมีมาก การหันเหจากการขนส่งรถไฟจะเกิดขึ้นเฉพาะในกรณีที่รถไฟที่ผ่านในบริเวณเขตอิทธิพลนั้นหยุดบ่อย และเกือบจะขนานกับสายทางของโครงการ ส่วนรถไฟที่วิ่งในระยะทางยาวนั้นจะไม่ค่อยมีการหันเหสำหรับประเทศไทย การหันเหจากทางน้ำ (คลอง) มาสู่ถนนนั้นเป็นเรื่องธรรมดาที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายทางที่สร้างในบริเวณที่มีหลายคลอง ซึ่งการเปลี่ยนประเภทการคมนาคมนี้ จะมีทั้ง

การโดยสาร และการบรรทุกขนาดย่อม ในขณะทำการภาคสนาม (Site Visits) จะต้องหาพื้นที่เขตอิทธิพลด้วย ทั้งนี้เพื่อที่จะหาว่ามีโอกาสที่จะเกิดการหันเหหรือไม่ ซึ่งถ้าหากมีจะต้องหาเงื่อนไขต่าง ๆ ที่มีอยู่เดิม โดยทำการสำรวจสัมภาษณ์ผู้ใช้ทางรถไฟ และหรือทางน้ำ ซึ่งการสำรวจนี้จะต้องสำรวจที่จุดรวม (Terminals) ของการรถไฟและทางน้ำกับผู้ดำเนินการขนส่งและในระดับหมู่บ้าน

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์จะต้องรวมถึง

(1) จุดเริมต้นและจุดปลายทางของการเดินทาง และจุดที่หยุดระหว่างทาง

(2) ค่าใช้จ่ายในการเดินทางต่อคน หรือต่อตัน รวมทั้งค่าเปลี่ยนประเภทการขนส่ง (Transfer Costs) ด้วย

(3) เวลาที่ใช้ในการเดินทาง

(4) วัตถุประสงค์ในการเดินทาง

(5) ถ้ามีการก่อสร้าง (ปรับปรุง) สายทางนั้นยังจะมีการใช้เส้นทางดังกล่าวหรือไม่เพราะเหตุใด

ในการหาค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้ในการเดินทางของจุดต้นทาง - ปลายทางแต่ละคู่ (O&D Pair) นั้น จะต้องหาการจราจรทั้งหมดที่จะหันเหจากทางรถไฟหรือทางน้ำ ซึ่งค่าใช้จ่ายและเวลาที่จะต้องเป็นค่าใช้จ่ายและเวลาที่ใช้โดยไม่ต้องขนถ่ายสินค้าอย่างรถไฟ หรือทางน้ำ (Door to Door) และต้องรวมเวลาที่ขนถ่ายทั้งหมดนั้น เช่น ช่วงที่ต้องรอที่สถานี การขนถ่ายของรถบรรทุก เป็นต้น ปกติการหันเหของการขนส่งจะสมมุติให้เป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมด หรือไม่มี ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (All or Nothing Minimum Costs) อย่างไรก็ตาม สำหรับการโดยสารนั้น ความแต่กต่างของเวลาที่ใช้ในการเดินทาง และความถี่ในการดำเนินงานของหริการทางรถไฟและทางน้ำ และต้องให้เป็นสัดส่วนกัน จากการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าการหันเหของการโดยสารจากประเภทอื่นนั้นมีน้อยมาก และการกำหนดให้เป็นเวลาที่ใช้ในการเดินทางทั้งหมดหรือไม่มีเวลาที่ใช้ในการเดินทางที่น้อยที่สุด (All or Nothing Minimum Time Path) นับเป็นการเพียงพอแล้ว อย่างไรก็ตาม หากการหันเหมีแนวโน้มว่าจะเป็นส่วนสำคัญในการคำรวณหาผลตอบแทน (มากกว่า 10%) แล้ว จะต้องนำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนที่เกี่ยวกับมูลค่าเวลาของผู้เดินทาง และความสะดวกสบาย จากนั้นก็หาสัดส่วนของค่าใช้จ่ายในการเดินทาง

สำหรับการจราจรเพิ่มของการจราจรที่หันเหจากการคมนาคมประเภทอื่นนี้ จะต้องเป็นอัตราการเพิ่มเดียวกับการจราจรปกติบนทางสายโครงการ หรือในกรณีที่เป็นสายทางตัดใหม่ก็ให้ใช้ของสายทางที่ใกล้เคียง

2.3.4 Highway Sector Project & Second Provincial Road Projict

การศึกษานี้จัดทำโดยบริษัท Louis Berger International , Inc. โดยร่วมกับบริษัท Renardet S.A.-Suati ซึ่งว่าจ้างโดยกรมทางหลวงให้ทำการศึกษาความเหมาะสมของทางหลวง ซึ่งจะใช้เงินลงทุนของธนาคารพัฒนาเอเชีย โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายวิธีการศึกษาความเหมาะสมในการปรับปรุงถนนให้กับกรมทางหลวง พัฒนาแนวทางการวางแผนและการประสานงานก่อนการก่อสร้างในอนาคตให้กับกองวางแผนกรมทางหลวง ในการศึกษานี้ได้ทำการคาดคะเนปริมาณการจราจรในอนาคตโดยอาศัย "อัตราการเพิ่ม" ซึ่งจะแบ่งอัตราการเพิ่มออกเป็น 3 ช่วงดังนี้ พ.ศ. 2524 - 2528 2528 - 2533 2533 - 2542 โดยแบ่งประเภทรถออกเป็น 7 ประเภทในการสำรวจปริมาณ แต่สำหรับการคาดคะเนปริมาณในอนาคตจะใช้เพียง 6 ประเภท ดังนี้ มอเตอร์ไซด์ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล รถบรรทุกเล็ก รถบรรทุกขนาดกลางและหนัก รถโดยสารขนาดเล็ก รถโดยสารขนาดใหญ่ ซึ่งจะแสดงอัตราการเพิ่มแยกเป็นรายจังหวัด

ทางหลวงจังหวัดซึ่งเป็นทางที่ใช้เข้าออกพื้นที่และกรณีอื่นๆ รูปแบบการจราจรจะเป็นอิสระ เส้นทางที่เชื่อมระหว่างหมู่บ้านกับถนนสายหลัก สายสำคัญของโครงข่ายในพื้นที่และทางหลวงสายประธานพื้นที่ที่พัฒนาเพิ่มขึ้นจะถูกนำไปอธิบายอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร ปริมาณการจราจรที่จะทำการคาดคะเนจะแบ่งออกเป็นการจราจรเพื่อการขนส่งสินค้าและการจราจรเพื่อขนส่งผู้โดยสาร โดยที่การจราจรขนส่งสินค้าจะหาได้จากผลผลิตและการบริโภคเป็นส่วนใหญ่ การจราจรขนส่งผู้โดยสารสามารถหาได้จากการกระจายของคนจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง เช่น บ้าน โรงเรียน ที่ทำงานและร้านค้าเป็นต้น แต่การจะหาปริมาณการจราจรจะมองความต้องการในการขนส่งสินค้าและผู้โดยสารเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ตามความต้องการการเดินทางแต่ละอย่าง ความต้องการการเดินทางซึ่งเกิดจากการกระจายและแรงดึงดูดนี้สามารถจะคำนวณได้ครอบคลุมโดยการใช้อัตราการเพิ่มปริมาณการจราจรของรถแต่ละประเภท ซึ่งมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของรายได้ต่อคนและจำนวนประชากรในแต่ละจังหวัด(15) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

อัตราการเพิ่มปริมาณการจราจรสำหรับช่วง พ.ศ. 2524 - 2528 2528 - 2533 2533 -2542 ซึ่งแยกออกเป็นแต่ละจังหวัดจะหาได้จากสมการข้างล่างนี้ สำหรับรถนั่งส่วนบุคคล รถบรรทุกขนาดกลางและขนาดใหญ่ รถโดยสารขนาดเล็ก รถโดยสารขนาดใหญ่

ตารางที่ 2.3 Traffic Growth Rates by Changwat

(in per cent per annum)

Changwat	Motorcycles			Cars			Light Trucks			Medium/Heavy Trucks			Light Buses			Heavy Buses		
	1981-85	1985-90	1990-99	1981-85	1985-90	1990-99	1981-85	1985-90	1990-99	1981-85	1985-90	1990-99	1981-85	1985-90	1990-99	1981-85	1985-90	1990-99
Phayao	8.3	4.5	2.5	6.9	8.7	9.1	6.7	7.6	7.4	6.5	6.5	5.8	4.8	4.7	4.2	3.6	3.4	3.1
Chiang Rai	8.4	4.6	2.6	7.0	8.8	9.1	6.8	7.7	7.5	6.6	6.6	5.9	4.8	4.8	4.3	3.6	3.5	3.1
Uthai Thani	10.2	6.0	3.8	7.9	9.5	9.8	7.7	8.4	8.2	7.5	7.3	6.5	5.8	5.5	4.9	4.5	4.2	3.8
Buriram	8.9	4.8	2.8	6.3	8.4	9.6	6.1	7.4	7.9	6.0	6.3	6.2	4.6	4.7	4.5	3.5	3.4	3.3
Nakhon Ratchasima	9.5	5.4	3.3	8.9	10.2	9.8	8.7	8.9	8.1	8.4	7.6	6.5	6.2	5.6	4.8	4.7	4.1	3.6
Ubon Ratchathani	9.1	5.1	3.0	9.5	10.6	9.6	9.2	9.2	8.0	8.9	7.8	6.3	6.5	5.7	4.6	4.8	4.1	3.4
Chaiyaphum	9.5	5.5	3.3	7.9	9.6	9.8	7.7	8.4	8.1	7.5	7.2	6.5	5.6	5.4	4.8	4.3	4.0	3.6
Sakon Nakhon	9.4	5.3	3.1	7.8	9.5	9.7	7.6	8.3	8.0	7.4	7.1	6.3	5.6	5.3	4.7	4.3	3.9	3.5
Nong Khai	9.4	5.2	3.0	6.3	8.4	9.6	6.1	7.4	7.9	6.0	6.4	6.3	4.6	4.8	4.6	3.7	3.6	3.4
Khon Kaen	8.5	4.5	2.3	9.1	10.3	9.3	8.8	8.9	7.6	8.5	7.5	5.9	6.2	5.4	4.3	4.4	3.8	3.1
Udon Thani	9.1	5.0	2.8	7.1	8.9	9.6	6.9	7.8	7.9	6.8	6.7	6.2	5.1	5.0	4.5	3.9	3.6	3.3
Suphan Buri	7.1	3.3	1.2	6.6	7.8	7.6	6.4	6.7	6.2	6.1	5.6	4.7	4.3	4.0	3.3	3.1	2.7	2.3
Nakhon Pathom	8.6	4.5	2.4	8.0	8.8	8.3	7.7	7.7	6.8	7.5	6.6	5.4	5.5	4.8	3.9	4.1	3.4	2.9
Kanchanaburi	10.4	5.8	3.6	6.7	8.0	8.9	6.5	7.1	7.4	6.4	6.2	6.0	5.1	4.8	4.5	4.1	3.7	3.5
Ratchaburi	8.3	4.2	2.2	7.6	8.5	8.2	7.4	7.4	6.7	7.1	6.3	5.3	5.2	4.5	3.8	3.8	3.2	2.8
Prachuap Khiri Khan	8.7	4.5	2.5	7.5	8.4	8.3	7.3	7.3	6.9	7.0	6.3	5.4	5.2	4.6	4.0	3.9	3.3	2.9
Phetchaburi	7.9	3.9	1.9	5.6	7.2	8.0	5.5	6.3	6.6	5.4	5.4	5.1	4.0	3.9	3.6	3.0	2.7	2.6
Chai Nat	7.5	3.6	1.6	6.2	7.5	8.2	6.0	6.5	6.7	5.9	5.5	5.1	4.2	3.9	3.6	3.1	2.7	2.5
Samut Prakan	11.0	6.8	4.1	10.2	11.1	9.8	10.0	9.8	8.2	9.7	8.5	6.6	7.4	6.4	5.0	5.7	4.9	3.9
Chachoengsao	9.1	5.8	3.4	7.4	9.3	9.5	7.2	8.2	7.9	7.0	7.1	6.3	5.3	5.3	4.7	4.0	4.0	3.5
Chon Buri	9.7	6.5	4.1	7.8	9.7	9.8	7.6	8.6	8.2	7.4	7.5	6.6	5.7	5.7	5.0	4.4	4.4	3.9
Prachin Buri	9.5	5.6	3.5	8.2	9.6	9.5	8.0	8.4	7.9	7.8	7.3	6.3	5.8	5.4	4.7	4.4	4.0	3.6
Chanthaburi	10.8	7.4	4.9	8.9	10.6	10.3	8.7	9.4	8.7	8.5	8.2	7.1	6.5	6.4	5.4	5.1	5.0	4.3
Chumphon	9.3	5.1	3.0	10.5	10.7	9.1	10.2	9.3	7.5	9.8	7.9	6.0	7.1	5.8	4.4	5.2	4.2	3.3
National*	9.0	5.0	3.0	8.0	9.2	8.6	7.8	8.0	7.2	7.6	6.9	5.7	5.6	5.1	4.2	4.2	3.7	3.2

Source: Consultants' Forecasts

Note: *Using 'a' values of Table 3.15 applied to national population and per capita income forecasts.

ตารางที่ 2.4

Population Growth Rate by Region 1970-1999

Region	End-year in Mill.			Growth Rate % p.a.				
	1970	1976	1981	1970-76	1976-81	1981-85	1985-90	1990-99
North	7.60	9.05	9.71	3.3	1.4	1.4	1.1	1.1
North-East	11.96	14.79	16.39	3.6	2.1	2.0	1.4	1.3
Central	8.08	9.50	10.50	2.7	2.0	1.6	1.5	1.4
West	(2.92)	(3.37)	(3.71)	(2.4)	(1.9)	(1.0)	(0.3)	(0.3)
Sub-	(2.68)	(3.06)	(3.29)	(2.2)	(1.5)	(0.7)	(0.4)	(0.4)
East	(2.48)	(3.07)	(3.50)	(3.6)	(2.7)	(3.0)	(3.4)	(3.0)
South	4.38	5.33	5.93	3.3	2.2	1.9	1.4	1.3
Bangkok	3.52	4.55	5.33	4.4	3.2	3.2	2.8	2.2
Total	35.54	43.21	47.87	3.3	2.1	1.9	1.5	1.4

Sources: Registration Division, Ministry of Interior for 1970-81
"Population Projections Whole Kingdom and Regions 1970-2005"
Working Group on Population Proj. July 1981
Consultants' forecasts

ตารางที่ 2.5

Gross Regional Product 1976-1999

Region	GRP At Constant 1972 Prices Bill. Baht						GRP Growth Rate % p.a.			
	1976	1980	1981	1985	1990	1999	1976-81	1981-85	1985-90	1990-99
North	32.8	38.2	39.7	48.1	62.3	99.2	3.9	4.9	5.3	5.3
Northeast	33.2	43.0	46.0	58.3	78.0	130.7	6.7	6.1	6.0	5.9
Central	64.8	81.2	86.0	109.4	147.1	243.4	5.8	6.2	6.1	5.8
West	(21.9)	(25.1)	(26.0)	(31.5)	(38.5)	(53.9)	(3.5)	(4.9)	(4.1)	(3.8)
Sub-	(15.6)	(20.3)	(21.7)	(26.6)	(33.0)	(47.8)	(6.8)	(5.2)	(4.4)	(4.2)
East	(27.3)	(35.7)	(38.3)	(51.3)	(75.6)	(141.7)	(6.9)	(7.6)	(8.1)	(7.2)
South	22.4	30.2	32.7	42.5	56.9	91.3	7.8	6.8	6.0	5.4
Bangkok	68.0	100.3	110.7	148.6	200.2	280.1	10.2	7.6	6.1	3.8
GDP	221.2	292.9	315.1	406.9	544.5	844.7	7.3	6.6	6.0	5.0

Region	GRP Growth Rate per Capita % p.a.				GRP per Capita		% Increase
	1976-81	1981-85	1985-90	1990-99	1981	1999	1981-99
					(000 Baht)		
North	2.5	3.5	4.2	4.2	4.09	8.35	104
Northeast	4.5	4.0	4.5	4.5	2.81	6.09	117
Central	3.7	4.5	4.5	4.3	8.19	17.32	111
West	(1.6)	(3.9)	(3.8)	(3.5)	(7.01)	(13.42)	(91)
Sub-	(5.2)	(4.5)	(4.0)	(3.8)	(6.60)	(13.40)	(103)
East	(4.1)	(4.5)	(4.5)	(4.1)	(10.94)	(23.34)	(113)
South	5.5	4.8	4.5	4.0	5.51	12.00	118
Bangkok	6.8	4.3	3.2	1.6	20.77	33.49	61
GDP per Capita	5.1	4.6	4.4	3.5	6.58	13.31	102

Sources: Gross Regional and Provincial Product 2523 (1980)
Consultants' forecasts

ตารางที่2.6

Changwat Population 1970-1999

Changwat	Year-End Population 000			Growth Rate % per Annum				
	1970	1975	1981	1970-75	1975-81	1981-85	1985-90	1990-99
Phayao	360	433	468	3.8	1.3	1.2	1.0	0.9
Chiang Rai	741	861	936	3.0	1.4	1.3	1.1	1.0
Uthai Thani	181	218	267	3.8	3.4	3.1	2.5	2.2
North	-	-	-	3.2	1.4	1.4	1.1	1.1
Buriram	768	1030	1160	6.0	2.0	1.8	1.3	1.2
Nakhon Ratchasima	1418	1691	1950	3.6	2.4	2.4	1.9	1.7
Ubon Ratchathani	1136	1393	1590	4.2	2.2	2.0	1.6	1.4
Chaiyaphum	689	756	871	1.9	2.4	2.4	2.0	1.7
Sakon Nakhon	587	689	789	3.3	2.3	2.3	1.8	1.5
Nong Khai	406	595	689	7.9	2.5	2.3	1.7	1.4
Khon Kaen	1069	1263	1385	3.4	1.5	1.4	1.0	0.7
Udon Thani	992	1302	1475	5.6	2.1	2.0	1.5	1.2
North-East	-	-	-	4.0	2.0	2.0	1.4	1.3
Suphan Buri	641	703	716	1.9	0.3	0.0	-0.2	-0.4
Nakhon Pathom	464	508	570	1.8	1.9	1.5	1.0	0.8
Kanchanaburi	343	426	545	4.4	4.2	3.3	2.3	2.0
Ratchaburi	513	583	654	2.6	1.9	1.2	0.7	0.6
Prachuap Khiri Khan	253	328	381	5.3	2.5	1.6	1.0	0.9
Phetchaburi	311	344	372	2.0	1.3	0.8	0.4	0.3
West Central	-	-	-	2.7	1.8	1.0	0.3	0.3
Chai Nat	298	317	332	1.2	0.8	0.4	0.1	0.0
Ang Thong	232	246	257	1.2	0.7	0.3	0.1	0.0
Sub-Central	-	-	-	2.8	1.2	0.7	0.4	0.4
Samut Prakan	331	430	557	5.4	4.4	3.9	3.3	2.5
Chachoengsao	401	449	498	2.3	1.7	2.0	2.3	1.8
Chon Buri	561	644	738	2.8	2.3	2.6	3.0	2.5
Prachin Buri	450	553	646	4.2	2.6	2.4	2.1	1.9
Chanthaburi	223	273	340	4.1	3.7	3.7	3.9	3.3
East Central	-	-	-	3.7	2.7	3.0	3.4	3.0
Chumphon	244	291	337	3.6	2.5	2.2	1.6	1.4
South	-	-	-	3.6	2.1	1.9	1.4	1.3

Sources: Registration Divn., Ministry of Interior
Consultants' Forecasts

ตารางที่ 2.7

Changwat Per Capita Product 1976-1999

Changwat	Gross Product Per Capita 000 Baht		Per Capita Growth Rate % p.a.			
	1976-77[1]	1978-80[1]	1976/77-1978/80[2]	1981-85	1985-90	1990-99
Phayao	n.a.	2.02	-	3.5	4.2	4.2
Chiang Rai	n.a.	3.34	-	3.5	4.2	4.2
Uthai Thani	n.a.	4.07	-	3.5	4.2	4.2
North	3.58	3.96	4.1	3.5	4.2	4.2
Buriram	2.32	2.41	1.5	2.1	3.6	4.5
Nakhon Ratchasima	2.92	3.59	8.6	5.5	5.3	4.5
Ubon Ratchathani	1.61	2.09	11.0	6.7	5.9	4.5
Chaiyaphum	n.a.	2.40	-	4.0	4.5	4.5
Sakhon Nakhon	n.a.	2.26	-	4.0	4.5	4.5
Nong Khai	2.74	2.79	0.7	1.7	3.4	4.5
Khon Kaen	2.26	2.92	10.8	6.6	5.9	4.5
Udon Thani	2.20	2.41	3.7	3.2	4.1	4.5
North-East	2.18	2.48	5.3	4.0	4.5	4.5
Suphan Buri	n.a.	4.61	-	3.9	3.8	3.5
Nakhon Pathom	6.38	7.15	4.7	4.8	4.3	3.5
Kanchanaburi	10.13	9.55	-2.3	1.5	2.6	3.5
Ratchaburi	6.85	7.52	3.8	4.5	4.1	3.5
Prachuap Khiri Khan	9.59	10.29	2.9	4.0	3.8	3.5
Phetchaburi	7.62	7.35	-1.4	1.9	2.8	3.5
West Central	7.41	7.91	2.6	3.9	3.8	3.5
Chai Nat	4.18	4.45	2.5	3.1	3.3	3.8
Ang Thong	3.99	4.04	0.5	2.1	2.8	3.8
Sub-Central	5.82	6.62	5.3	4.5	4.0	3.8
Samut Prakan	26.60	31.91	7.6	6.3	5.4	4.1
Chachoengsao	5.44	5.71	2.0	3.6	4.0	4.1
Chon Buri	11.75	12.44	2.3	3.8	4.1	4.1
Prachin Buri	3.41	n.a.	-	4.5	4.5	4.1
Chanthaburi	n.a.	6.47	-	4.5	4.5	4.1
East Central	9.78	10.74	3.8	4.5	4.5	4.1
Chumphon	4.63	6.12	11.8	8.0	6.0	4.0
South	4.50	5.13	5.4	4.8	4.5	4.0

Notes: 1. Average of years at constant 1972 prices
2. For 2.5 year period end-1976 to mid-1979

Sources: Gross Regional and Provincial Product 2523 (1980)
Consultants' Forecasts

$$GR = 100/2 \{[(1 + P/100)(1+G/100)^{a} + (1+p/100)(1+g/100)^{a}] - 1\}$$

เมื่อ GR = อัตราการเพิ่มปริมาณการจราจร เปอร์เซนต์ต่อปี (ตารางที่ 2.3)

P = อัตราการเพิ่มประชากรของประเทศ เปอร์เซนต์ต่อปี (ตารางที่ 2.4)

G = อัตราการเพิ่ม GDP ต่อคน เปอร์เซนต์ต่อปี (ตารางที่ 2.5)

p = อัตราการเพิ่มประชากรของจังหวัด เปอร์เซนต์ต่อปี (ตารางที่ 2.6)

g = อัตราการเพิ่มผลผลิตมวลรวมของจังหวัดต่อคน เปอร์เซนต์ต่อปี (ตารางที่ 2.7)

a = Income Elasticity Factor ตามตารางข้างล่างนี้

ค่า a

ประเภท	2524 - 2528	2528 -2533	2533 - 2542
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	1.3	1.7	2.0
รถยนต์บรรทุกขนาดกลางและใหญ่	1.2	1.2	1.2
รถโดยสารขนาดเล็ก	0.8	0.8	0.8
รถโดยสารขนาดใหญ่	0.5	0.5	0.5

สำหรับอัตราการเพิ่มของรถบรรทุกเล็กจะใช้ค่าเฉลี่ยระหว่างอัตราการเพิ่มรถยนต์นั่งส่วนบุคคลกับรถบรรทุกขนาดกลางและใหญ่ ส่วนมอเตอรไซด์จะมีอัตราการเพิ่มของทั้งประเทศตามช่วงเวลาที่ทำการคาดคะเน คือ 9.0% 5.0% และ 3.0% สำหรับในการใช้ให้ปรับด้วยผลต่างของอัตราการเพิ่มประชากรของจังหวัดและของประเทศ

2.3.5 Japan International Cooperation Agency

จากโครงการช่วยเหลือของประเทศญี่ปุ่นโดย Japan International Cooperation Agency (JICA) ได้ให้ความช่วยเหลือโดยให้ทำการศึกษาความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจและวิศวกรรม ตลอดจนสำรวจออกแบบ โครงข่ายในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และกำลังอยู่ในระหว่างศึกษาความเหมาะสมในโครงข่ายของภาคใต้อยู่

ในการศึกษาทั้ง 3 ภาค ที่ได้กระทำเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น จะประกอบ

ไปด้วย 3 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ วิเคราะห์ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคมของภาค คัดเลือกสายทางที่เหมาะสมแล้วประเมินผลสายทางที่คัดเลือกนั้น ในการศึกษาภาคต่างๆ นี้จะทำให้ทราบถึงการวางแผนระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว สายทางที่มีความสำคัญสูงจะถูกทำการศึกษาความเหมาะสมเบื้องต้นก่อน นอกจากนี้ยังมีผลให้มีการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับผู้ประสานงานของกรมทางหลวงด้วย

วิธีการคาดคะเนที่ใช้ในการศึกษาถนนในภาคต่างๆ จะมีพื้นฐานจากสภาพทางเศรษฐกิจและสังคม การเจริญเติบโตทางการเกษตร โดยทำการคาดคะเนปริมาณการจราจรแต่ละสายแบ่งตามชนิดของรถ โดยคาดคะเนไป 7 ปี และ 15 ปี หลังจากปีที่เปิดการจราจร ซึ่งจะทำการคาดคะเนทั้งมีโครงการและไม่มีโครงการ(16) โดยจะแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ Growth Rate Method และ Assignment Method

- Growth Rate Method จะทำการประมาณการจราจรปัจจุบันเป็น ADT ตามชนิดรถในปีเปิด โดยหาจากการสำรวจ แล้วทำการแปลงเป็นจำนวนผู้โดยสารและน้ำหนักสินค้าจากการสำรวจจุดเริ่มต้นและปลายทาง จากนั้นทำการประมาณอัตราการเพิ่มของผู้โดยสารจากอัตราการเพิ่มประชากร GRP ความยืดหยุ่นความต้องการการคมนาคมและอัตราการเพิ่มของสินค้า ซึ่งไม่เกี่ยวกับการเกษตร จะมีอัตราการเพิ่มสัมพันธ์กับจำนวนผู้โดยสาร ส่วนสินค้าเกี่ยวกับการเกษตรก็จะใช้อัตราการเพิ่มของผลิตภัณฑ์การเกษตร จากนั้นหาจำนวนผู้โดยสารและสินค้าที่จะต้องขนส่งในอนาคต แล้วแปลงกับมาเป็น ADT ของรถแต่ละชนิด (17)

- Assignment Method โดยคิดจากพื้นที่และศึกษาสภาพต่างๆ ของสายทาง ทำการประมาณการจราจรของคนและสินค้าของแต่ละคู่จุดต้นทางและปลายทางจากข้อมูลประชากรและผลผลิตทางการเกษตร จากนั้นทำการคาดคะเน ADT ในอนาคตของรถแต่ละชนิดจากปริมาณการจราจรของผู้โดยสารและสินค้า โดยใช้อัตราการเพิ่ม น้ำหนักบรรทุกเฉลี่ย, occupancy rate และอัตราส่วนประกอบการจราจร (18)

2.3.5.1 การคาดคะเนปริมาณการจราจรในอนาคต

2.3.5.1.1 อัตราการเพิ่มปกติของการจราจรขนส่งผู้โดยสาร

$$G = GC \cdot EC + GT \cdot ET + GP \cdot EP$$

เมื่อ G = อัตราการเพิ่มของผู้โดยสาร
GC = อัตราการเพิ่มของ GRP ต่อคน
GT = อัตราการเพิ่มค่าใช้จ่ายในการคมนาคม
GP = อัตราการเพิ่มของประชากร
EC = ความยืดหยุ่นของรายได้กับจำนวนเที่ยวการเดินทาง
ET = ความยืดหยุ่นของค่าใช้จ่ายในการคมนาคมกับจำนวนเที่ยวการเดินทาง
EP = ความยืดหยุ่นของประชากรกับจำนวนเที่ยวการเดินทาง

2.3.5.1.2 อัตราการเพิ่มปกติของการจราจรขนส่งสินค้า จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ สินค้าที่ไม่เกี่ยวกับการเกษตร และสินค้าที่เกี่ยวกับการเกษตร

ก. สินค้าที่ไม่เกี่ยวกับการเกษตรจะประมาณจากพื้นฐานความสัมพันธ์ระหว่างการจราจรของผู้โดยสาร กับ จำนวนน้ำหนักบรรทุกของสินค้าทุกชนิดยกเว้นสินค้าที่เกี่ยวกับการเกษตรบนถนนแต่ละสาย โดยจะมีความสัมพันธ์ของการจราจรของผู้โดยสารกับจำนวนน้ำหนักบรรทุกของสินค้าไม่เกี่ยวกับการเกษตรดังสมการต่อไปนี้

$$Z_i = a \cdot V^b_i$$

เมื่อ Z_i = น้ำหนักของสินค้าที่ไม่เกี่ยวกับการเกษตร ซึ่งมีการขนส่งบนถนน i
V_i = ปริมาณการเดินทางของผู้โดยสารบนถนน i
a, b = Parameter

ความต้องการการเดินทางของสินค้าทั้งหมดที่ไม่เกี่ยวกับการเกษตรโดยแบ่งตามประเภทการจราจรคือการจราจรปกติ และการจราจรชักนำ ทำได้โดยนำจำนวน การเดินทางของผู้โดยสารจากการจราจรทั้ง 2 ชนิดมาแทนค่าในสมการข้างบน

ข. สินค้าที่เกียวกับการเกษตร จะคาดคะเนโดยพื้นฐานของผลผลิตทางการเกษตรที่คาดว่าจะเกิดขึ้น โดยคำนวณจากการที่พื้นที่เพาะปลูกเพิ่มขึ้น

การเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต เนื่องจากความสะดวกในการเข้าออกทำให้เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเข้าไปแนะนำได้ทั่วถึง จึงมีผลกระทบต่อผลผลิตต่อไร่ทำให้เพิ่มขึ้น การเพิ่มปริมาณปุ๋ยเนื่องจากปรับปรุงถนน ผลกระทบเนื่องจากการใช้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นทำให้ผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น และความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนกับผลผลิตต่อไร่

ค่าเฉลี่ยของอัตราการเพิ่มการขนส่งสินค้าทั้งสอง สามารถคำนวณหาได้จากอัตราส่วนน้ำหนักผลผลิตในปัจจุบันจากการสำรวจจุดต้นทางและปลายทาง

2.3.5.2 การคาดคะเนปริมาณการจราจรที่เกิดจากการชักนำและการพัฒนา (Induced and Developed Traffic)

2.3.5.2.1 การจราจรที่เกิดจากการชักนำ (Induced Traffic) สามารถคำนวณหาได้ 2 วิธี

ก. การจราจรที่เกิดจากการชักนำที่หาโดยวิธี Assignment Method สามารถคำนวณได้ตามสมการต่อไปนี้

$$V^{(1)}_{ij} = Q_i \cdot k \cdot Q^{a}_{j} / t^{b}_{ij} - Q_i \cdot k \cdot Q^{a}_{j} / t^{b}_{ij}$$

เมื่อ $V^{(1)}_{ij}$ = การจราจรที่เกิดจากการชักนำจากพื้นที่ i ไป j

Q_i = จำนวนประชากรในพื้นที่ i เมื่อไม่มีโครงการ

t_{ij} = เวลาที่สั้นที่สุดที่ใช้ในการเดินทางจากพื้นที่ i ไป j เมื่อไม่มีโครงการ

t_{ij} = เวลาที่สั้นที่สุดที่ใช้ในการเดินทางจากพื้นที่ i ไป j เมื่อมีโครงการ

a,b,k = Parameters

ข. การจราจรที่เกิดจากการชักนำ หาโดยวิธี Growth Rate Method โดยการจราจรที่เกิดจากการชักนำนี้จะเป็น 15% ของการจราจรของผู้โดยสารรวมกับการจราจรขนส่งสินค้า ซึ่งเป็นอัตราปกติที่ใช้ในการศึกษาความเหมาะสมของกรมทางหลวง อย่างไรก็ตามในสายทางบางสายที่มีสภาพก่อนปรับปรุงแตกต่างจากสภาพหลังปรับ

ปรุงมาก อัตราการชักนำก็อาจจะใช้มากกว่า 15% ได้ตามความเหมาะสม

เนื่องจากการปรับปรุงทางหลวงในการศึกษานี้มีผลกระทบต่อการขนส่งประเภทอื่นๆน้อยมากจึงไม่นำการเปลี่ยนประเภทการขนส่งมาคิดในการศึกษานี้

2.3.5.2.2 การจราจรที่เกิดขึ้นเนื่องจากการ พัฒนา (Developed Traffic) สามารถหาได้จากอัตราส่วนของการจราจรที่เกิดจากการ พัฒนากับการจราจรขนส่งผู้โดยสารซึ่งจะรวมการจราจรปกติและการจราจรที่เกิดจากการชักนำเข้าด้วยกัน อัตราส่วนนี้จะหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$RDt = (AWt - A\bar{W}t) / A\bar{W}t$$

เมื่อ RDt = อัตราส่วนการจราจรที่เกิดจากการพัฒนา
AWt = พื้นที่เพาะปลูกเมื่อมีโครงการ
$A\bar{W}t$ = พื้นที่เพาะปลูกเมื่อไม่มีโครงการ
t = ปี t

สำหรับการจราจรที่เกิดจากการพัฒนาเนื่องจากการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรของทางหลวงแต่ละสาย จะทำการหาอัตราส่วนเฉพาะของแต่ละสาย

2.3.5.3 การประมาณปริมาณการจราจรแยกตามชนิดยวดยาน การคาดคะเนปริมาณการเดินทางของคนและสินค้าจะถูกแปลงไปเป็นจำนวนรถโดยอัตราส่วนประกอบของรถแต่ละชนิดซึ่งทำการสำรวจในปีฐาน และคาดการอัตราส่วนประกอบในอนาคตจากพื้นฐานของอัตราการเพิ่มการจราจรส่วนบุคคลและสาธารณะเมื่อมีโครงการและไม่มีโครงการ

การคาดคะเนปริมาณรถมอเตอร์ไซด์ จะทำโดยสร้างสมการจากผลการสำรวจปริมาณการจราจร ซึ่งจะแสดงไว้เป็นสมการดังต่อไปนี้

$$MC = a + b \log ADT$$

เมื่อ MC = จำนวนรถมอเตอร์ไซด์ (คันต่อวัน)
ADT = ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (คันต่อวัน)
a,b = Parameters