หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

การพยากรณ์ปริมาณการจราจร

5.1 คำนำ

การพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนทางหลวงในภูมิภาคเป็นวัตถุประสงค์หลักของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนระบบการคมนาคมขนส่งในระดับภูมิภาคของประเทศ โดยได้ทำการศึกษาถึงปริมาณความต้องการเดินทางในปีปัจจุบันหรือปีฐาน โดยแสดงผลในรูปของตารางการเดินทางที่ได้พัฒนาขึ้นเอง โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรบนทางหลวง และได้ทำการพัฒนาแบบจำลองเพื่ออธิบายสภาพการเดินทางขนส่งในปัจจุบัน และใช้แบบจำลองนี้อธิบายสภาพความต้องการเดินทางขนส่งในอนาคต และในขั้นตอนสุดท้ายจะทำการพยากรณ์ปริมาณการจราจรลงบนโครงข่ายทางหลวงบนเส้นทางกรณีศึกษา โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการจัดเส้นทางการเดินทาง ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของแบบจำลองต่อเนื่อง ดังนั้นในส่วนนี้จะได้กล่าวถึงการพัฒนาแบบจำลองเพื่อพยากรณ์ปริมาณการเดินทางในอนาคต และเทคนิคการจัดเส้นทางการเดินทาง

5.2 ปริมาณความต้องการเดินทางในปีฐาน

ปริมาณความต้องการเดินทางในปีปัจจุบันหรือปีฐาน เป็นปริมาณความต้องการเดินทางในช่วงเวลาชั่วโมงเร่งด่วน โดยแสดงผลในรูปของตารางการเดินทาง (Trip Matrix) ที่ได้ประมาณขึ้นเอง โดยใช้เทคนิคการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจรบนทางหลวง ซึ่งกล่าวโดยละเอียดไว้แล้วในบทที่ 4 ในงานวิจัยนี้ได้แยกตารางการเดินทางออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการใช้งานของยวดยาน ได้แก่ ตารางการเดินทางของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car Trip Matrix) ตารางการเดินทางของรถโดยสาร (Bus Trip Matrix) และตารางการเดินทางของรถบรรทุก (Truck Trip Matrix) มีหน่วยเป็นเที่ยวต่อชั่วโมง (Vehicle Trip per Hour) โดยรวมทุกวัตถุประสงค์ของการเดินทาง จากตารางการเดินทางเหล่านี้สรุปปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย (Trip Ends) ของยวดยานแต่ละประเภทในแต่ละพื้นที่ย่อยในปีฐาน โดยได้แยกเป็นปริมาณการเกิดการเดินทาง (Trip Generation) และปริมาณการดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction) แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ปริมาณการเดินทางที่จุดปลายของยวดยานแต่ละชนิดในปีฐาน

PEAK-HOUR TRIP GENERATION AND ATTRACTION BY ZONES BASE YEAR 2531

ZONE	PASSENGER CAR		BUS		TRUCK		TOTAL	
	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT
1	1344	1177	792	840	1662	1703	3798	3720
2	346	345	290	302	382	409	1018	1056
3	83	75	61	59	93	91	237	225
4	356	1196	285	339	467	922	1108	2457
5	157	139	197	282	205	279	560	701
6	56	38	39	20	64	39	160	97
7	120	406	57	222	166	555	344	1183
8	24	30	19	27	43	42	86	98
9	18	35	9	21	31	55	58	112
10	401	286	219	46	604	390	1224	722
11	716	359	417	275	927	565	2060	1199
12	463	523	260	264	510	463	1233	1250
13	107	137	67	70	156	172	330	379
14	23	23	17	17	101	101	140	140
15	425	65	69	59	191	76	685	199
16	23	11	14	6	29	12	66	28
17	63	87	35	41	66	78	164	205
18	90	68	46	35	288	273	424	376
19	10	13	13	13	15	39	39	65
20	34	23	26	10	64	33	124	66
21	25	30	11	17	30	52	66	100
22	45	58	20	29	24	45	89	132
23	20	39	11	25	32	53	63	116
24	40	30	17	16	39	34	96	80
25	28	36	16	20	36	39	80	95
26	32	24	32	37	101	108	165	169
27	27	26	17	16	57	47	101	89
28	44	45	30	25	36	32	110	102
29	31	28	14	12	24	22	69	62
30	22	32	15	23	70	79	107	134
31	13	13	16	21	51	57	79	91
32	22	19	16	14	34	34	72	67
33	27	30	25	26	56	57	108	113
34	32	48	19	28	59	63	110	139
35	42	38	14	15	52	59	108	111
36	40	40	14	15	56	57	110	112
37	38	45	18	18	21	28	76	91
38	31	38	13	12	60	55	103	105
39	29	30	15	14	33	28	77	71
40	76	74	29	38	57	72	162	183

ตารางที่ 5.1 (ต่อ)

PEAK-HOUR TRIP GENERATION AND ATTRACTION BY ZONES BASE YEAR 2531

ZONE	PASSENGER CAR		BUS		TRUCK		TOTAL	
	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT
41	36	36	19	21	29	30	84	88
42	25	38	14	21	37	64	76	122
43	16	17	11	15	33	34	60	65
44	57	49	22	25	47	52	127	125
45	38	47	21	26	41	47	101	120
46	74	77	38	40	90	81	202	199
47	75	74	36	34	84	71	196	178
48	53	46	23	25	56	57	132	128
49	58	59	16	18	36	40	110	117
50	64	52	34	24	60	45	157	120
51	48	50	16	20	32	44	96	115
52	89	45	41	24	400	304	530	373
53	51	42	39	33	103	106	193	181
54	62	24	43	16	102	26	208	66
55	69	70	58	64	87	95	214	230
56	319	229	73	54	289	195	681	478
57	62	22	27	14	127	63	217	98
58	129	83	37	26	216	159	381	268
59	58	99	29	29	132	180	220	308
60	54	58	38	56	59	76	151	191
61	20	20	11	13	31	30	62	63
62	30	20	35	17	66	40	131	77
63	24	24	17	17	54	54	94	94
64	44	50	28	27	80	92	152	169
65	26	19	19	11	98	84	143	113
66	34	32	28	26	41	42	103	100
67	132	138	75	82	132	135	339	355
68	14	16	14	14	30	33	58	63
69	27	23	17	16	38	33	82	72
70	39	35	18	12	30	20	86	68
71	86	84	17	16	24	25	126	125
72	63	63	54	53	89	94	207	210
73	133	133	36	36	58	58	226	226
TOTAL	7630	7630	4299	4299	9822	9822	21751	21751

5.3 ปริมาณความต้องการเดินทางในอนาคต

ปริมาณความต้องการเดินทางหรือตารางการเดินทางในปีอนาคต ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาแบบจำลองเพื่ออธิบายสภาพการเดินทางในปัจจุบัน และทำการพยากรณ์ปริมาณการเดินทางในอนาคต โดยแยกทำการวิเคราะห์เป็น 2 วิธี เพื่อพิจารณาความถูกต้องเหมาะสมของแต่ละวิธีอีกครั้ง วิธีแรกเป็นวิธีการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย (Trip Ends) กับข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคมที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ โดยทำการวิเคราะห์โดยวิธีวิเคราะห์แบบถดถอย (Multiple Linear Regression) จากนั้นจะทำการกระจายปริมาณการเดินทางไปยังพื้นที่ย่อยต่าง ๆ โดยวิธี Fratar และวิธีที่สองคือวิธีสัมประสิทธิ์การเพิ่ม (Growth Factor Method) วิธีนี้จะทำการวิเคราะห์หาสัมประสิทธิ์การเพิ่มค่าหนึ่งซึ่งถือว่าเป็นค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มโดยเฉลี่ย เพื่อนำไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการเดินทางที่ปีศึกษาในอนาคต ดังนั้นในส่วนนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์แบบจำลองของทั้งสองวิธี ดังนี้

5.3.1 การพัฒนาแบบจำลองปริมาณการเดินทางที่จุดปลายโดยวิธีวิเคราะห์แบบถดถอย

การวิเคราะห์แบบจำลองปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย ได้ใช้วิธีวิเคราะห์แบบถดถอย (Multiple Linear Regression) ซึ่งเป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเดินทางหรือปริมาณการจราจรที่จุดปลายของแต่ละพื้นที่ย่อย โดยกำหนดให้เป็นตัวแปรตาม (Dependent Variable, Y) ซึ่งในการศึกษานี้ได้ใช้ข้อมูลปริมาณการจราจรที่จุดปลายในชั่วโมงเร่งด่วนที่ได้จากข้อมูลตารางการเดินทางในปีฐาน ที่ได้ประมาณขึ้นโดยเทคนิคการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร โดยได้นำปริมาณการเกิดการเดินทางและปริมาณการดึงดูดการเดินทางของแต่ละพื้นที่ย่อยมาทำการวิเคราะห์แบบจำลองการเกิดการเดินทางและแบบจำลองการดึงดูดการเดินทาง และได้กำหนดให้ตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ จำนวนประชากร (Population) มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด (Gross Provicial Product, GPP) จำนวนยวดยานที่จดทะเบียน (Vehicle Registration) โดยในที่นี้ใช้เฉพาะข้อมูลจำนวนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถปิคอัพ และมูลค่าการคมนาคมขนส่งและการสื่อสารของจังหวัด (Transportation and Communication Cost) เป็นตัวแปรอิสระ (Independent Variable, X_i) ในงานวิจัยนี้ได้แยกทำการวิเคราะห์เป็นรายภาคทั้ง 4 ภาค โดยในแต่ละภาคได้แยกวิเคราะห์แบบจำลองสำหรับยวดยานทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ รถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car) รถโดยสาร (Bus) และรถบรรทุก (Truck)

การวิเคราะห์แบบจำลองปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย โดยวิธีวิเคราะห์แบบถดถอย มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์(Correlation Coefficient) ระหว่างข้อมูลปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย โดยแยกเป็นปริมาณการเกิดการเดินทาง (Trip Generation) และปริมาณการดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction) ของยวดยานทั้ง 3 ประเภท ในแต่ละพื้นที่ย่อยกับข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคมที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ เพื่อที่จะศึกษาว่าตัวแปรแต่ละตัวมีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใด เพื่อนำไปพิจารณาในการกำหนดตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมเข้าไปในแบบจำลอง ผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แสดงดังตารางที่ 5.2

ขั้นตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งหมดกับปริมาณการเดินทางที่จุดปลายของยวดยานแต่ละชนิดทั้ง 73 พื้นที่ย่อยภายในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด โดยวิธีวิเคราะห์แบบถดถอย (Multiple Linear Regression) โดยใช้เทคนิค Stepwise Regression ซึ่งเป็นวิธีการเลือกตัวแปรอิสระที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตามเข้าไปในสมการเส้นถดถอย ซึ่งจะทำการกำหนดตัวแปรอิสระ (X_i) เข้าไปในสมการทีละตัวโดยจะเริ่มจากตัวแปรที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูงสุดก่อน ซึ่งในที่นี้พบว่าตัวแปรมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด (GPP) มีความสัมพันธ์กับปริมาณการเดินทางที่จุดปลายสูงที่สุด จากนั้นจะนำตัวแปรอิสระอื่น ๆ ที่มีความสัมพันธ์รองลงมาเพิ่มเข้าไปในสมการทีละตัว และทุกครั้งที่กำหนดตัวแปรอิสระเข้าไปในสมการจะทำการตรวจสอบค่าทางสถิติเพื่อเป็นการตรวจสอบว่าตัวแปรอิสระที่ใส่เข้าไปนั้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามหรือไม่ หากทำการตรวจสอบแล้วพบว่าตัวแปรอิสระที่กำหนดเข้าไปนั้นไม่มีผลต่อสมการเส้นถดถอยจะตัดตัวแปรอิสระนั้นออกไป

ตารางที่ 5.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลปริมาณการเดินทางที่จุดปลายกับข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม

Correlations

VARIABLE	GEN-P	ATT-P	GEN-B	ATT-B	GEN-I	ATT-I	POP	GPP	PC&PU	TCC
GEN-P	1.0000	0.8071	0.9579	0.8905	0.9608	0.8901	0.5977	0.8249	0.7853	0.7901
ATT-P	0.8071	1.0000	0.8504	0.8832	0.8004	0.9337	0.4605	0.6667	0.6324	0.6301
GEN-B	0.9579	0.8504	1.0000	0.9516	0.9586	0.9284	0.6043	0.8281	0.7845	0.7867
ATT-B	0.8905	0.8832	0.9516	1.0000	0.8787	0.9473	0.6288	0.8383	0.8076	0.8069
GEN-I	0.9608	0.8004	0.9586	0.8787	1.0000	0.9270	0.6179	0.8248	0.7895	0.7891
ATT-I	0.8901	0.9337	0.9284	0.9473	0.9270	1.0000	0.6244	0.8203	0.7938	0.7879
POP	0.5977	0.4605	0.6043	0.6288	0.6179	0.6244	1.0000	0.8283	0.8276	0.8190
GPP	0.8249	0.6667	0.8281	0.8383	0.8248	0.8203	0.8283	1.0000	0.9931	0.9948
PC&PU	0.7853	0.6324	0.7845	0.8076	0.7895	0.7938	0.8276	0.9931	1.0000	0.9973
TCC	0.7901	0.6301	0.7867	0.8069	0.7891	0.7879	0.8190	0.9948	0.9973	1.0000

ค่าทางสถิติที่นำมาใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบสมการเส้นถดถอยมีดังนี้

1. สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (Coefficient of Multiple Determination, R^2) หมายถึง การวัดจำนวนของความแปรปรวนที่ถูกบรรยายไว้โดยสมการ ซึ่งแสดงไว้เป็นอัตราส่วนทศนิยมของผลรวมความแปรปรวนที่สังเกตในตัวแปรตาม (Dependent Variable) ค่าสัมประสิทธิ์นี้มีค่าสูงสุดเท่ากับ 1.0 ซึ่งจะเป็นค่าสำหรับสมการที่ดีที่สุด

2. สถิติคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (The Standard Error Estimate, S_y) หมายถึง การวัดความเบี่ยงเบนของค่าที่ได้มาจากการสังเกต สถิติคลาดเคลื่อนมาตรฐานมีค่าต่ำสุดเท่ากับศูนย์ ซึ่งเป็นค่าสำหรับแบบจำลองที่ดีที่สุด

3. สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (The Partial Correlation Coefficient, R_i) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระจะบอกให้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระบางตัวที่อยู่ภายใต้การพิจารณา

4. การทดสอบ F (F Test) ถ้า X และ Y เป็นตัวแปรสุ่มอิสระซึ่งมีการแจกแจงไคสแควส์ มีองศาของความอิสระ (Degree of Freedom) เป็น n_1 และ n_2 ตามลำดับ ถ้า F เป็นตัวแปรสุ่ม โดยที่

$$F = \frac{X/n_1}{Y/n_2} = \frac{\text{ส่วนเบี่ยงเบนเนื่องจากสมการเส้นถดถอย}}{\text{ส่วนเบี่ยงเบนจากสมการเส้นถดถอย}}$$

F จะมีการแจกแจงเป็นการกระจายเอฟ (F Distribution) มีองศาของความอิสระเท่ากับ (n_1, n_2) ค่า F ที่จะใช้ในการทดสอบสมมติฐานโดยที่ค่า F จะต้องอยู่ใน Critical Region ที่นัยสำคัญทางสถิติในระดับต่าง ๆ สมมติฐานที่ตั้งไว้จึงจะยอมรับ

ผลการวิเคราะห์แบบจำลองปริมาณการเดินทางที่จุดปลายโดยแยกทำการวิเคราะห์เป็นปริมาณการเกิดการเดินทาง และปริมาณการดึงดูดการเดินทางของยวดยานแต่ละชนิด แสดงดังตารางที่ 5.3

ตารางที่ 5.3 แบบจำลองปริมาณการเดินทางที่จุดปลายของยวดยานแต่ละชนิด

Type of Vehicle	Trip Generation Model						Trip Attraction Model					
	X_1	X_2	X_3	X_4	CONSTANT	R^2	X_1	X_2	X_3	X_4	CONSTANT	R^2
Passenger Car (Y_P)	-0.08430	0.01286	0	-0.09203	72.01118	0.8018	-0.09693	0.01417	0	-0.10690	79.66203	0.5866
Bus (Y_B)	-0.04964	0.00879	0	-0.06584	34.85382	0.8492	-0.04042	0.00709	0	-0.04958	34.59456	0.7921
Truck (Y_T)	-0.08317	0.01582	0	-0.11520	81.81521	0.7949	-0.07224	0.01469	0	-0.10489	78.88967	0.7635

Y_P = ปริมาณการเดินทางที่จุดปลายของรถยนต์นั่งส่วนบุคคล (Passenger Car)

Y_B = ปริมาณการเดินทางที่จุดปลายของรถโดยสาร (Bus)

Y_T = ปริมาณการเดินทางที่จุดปลายของรถบรรทุก (Truck)

X_1 = Population (1000 Persons)

X_2 = Gross Provicial Product (Millions Baht)

X_3 = Vehicle Registration, Passenger Car and Pick Up Car (Vehicles)

X_4 = Transportation and Commumication Cost (Millions Baht)

5.3.2 การวิเคราะห์แบบจำลองปริมาณการเดินทางโดยวิธีสัมประสิทธิ์การเพิ่ม

การวิเคราะห์แบบจำลองปริมาณการเดินทาง โดยวิธีสัมประสิทธิ์การเพิ่ม (Growth Factor Method) เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาสัมประสิทธิ์การเพิ่มค่าหนึ่ง ซึ่งถือว่าเป็นค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มโดยเฉลี่ยของการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อยต่าง ๆ ภายในพื้นที่ศึกษา โดยมีหลักการสำคัญคือ การพยากรณ์ปริมาณการเดินทางในอนาคตจะเท่ากับผลคูณของปริมาณการเดินทางในปัจจุบันกับอัตราการเพิ่มนี้ ซึ่งถือเป็นอัตราการเพิ่มโดยเฉลี่ย (Average Growth Factor) ซึ่งประมาณได้จากอัตราการเพิ่มของตัวแปรอื่น ๆ ที่สามารถประมาณค่าได้ง่าย โดยที่ตัวแปรเหล่านี้จะต้องเกี่ยวข้องกับการเดินทางและนำมาประยุกต์ใช้แทนอัตราการเพิ่มของการเดินทางที่ไม่สามารถประมาณค่าได้โดยตรง โดยในการศึกษานี้ได้ใช้ตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมที่มีความสัมพันธ์กับการเดินทาง 4 ตัวแปร ได้แก่ จำนวนประชากร จำนวนยวดยานที่จดทะเบียนในที่นี้ใช้เฉพาะรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถปิคอัพ มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด และมูลค่าการคมนาคมขนส่งและการสื่อสารของจังหวัด โดยได้นำตัวแปรเหล่านี้มาทำการวิเคราะห์อัตราการเพิ่มโดยใช้วิธีแนวโน้มจากข้อมูลในอดีต ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่ารูปแบบที่เหมาะสมกับกลุ่มข้อมูลเหล่านี้ได้แก่ รูปแบบสมการเส้นตรง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้วิเคราะห์ค่าอัตราการเพิ่มของตัวแปรทางเศรษฐกิจและสังคมทั้ง 4 ตัวแปรนี้ในรูปของสมการเส้นตรง รายละเอียดในการวิเคราะห์ค่าอัตราการเพิ่ม และค่าอัตราการเพิ่มของข้อมูลเหล่านี้ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.6

เนื่องจากอัตราการเพิ่มของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับการเดินทางเหล่านี้เป็นอัตราการเพิ่มเฉพาะของตัวแปรแต่ละตัวเท่านั้น ยังไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของการเดินทางโดยตรง ดังนั้นในการวิเคราะห์ค่าอัตราการเพิ่มของการเดินทางจึงจำเป็นต้องนำค่าอัตราการเพิ่มของตัวแปรทางเศรษฐกิจและสังคมเหล่านี้มาทำการปรับค่าให้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเพิ่มของการเดินทาง โดยนำค่าสัมประสิทธิ์ค่าหนึ่งมาเป็นตัวปรับอัตราการเพิ่มของตัวแปรเหล่านี้ ในที่นี้เรียกค่าสัมประสิทธิ์นี้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (Elasticity)

ในการวิเคราะห์ค่า Elasticity ได้ทำการประยุกต์ทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ โดยแสดงในรูปของอุปาสงค์ (Demand) และอุปาทาน (Supply) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ โดยในการศึกษานี้ได้สร้างความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย ซึ่งกำหนดให้เป็นอุปาสงค์ (Demand) กับตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งกำหนดให้เป็นอุปาทาน (Supply)

โดยทั่วไปแล้วทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ได้อธิบายความสัมพันธ์ของอุปาสงค์ให้อยู่ในรูปของฟังก์ชั่นของตัวแปรอื่น ๆ เพียง 1 ตัวแปรหรือมากกว่า โดยแสดงในรูปของฟังก์ชั่น ดังนี้

$$Q = f(P)$$

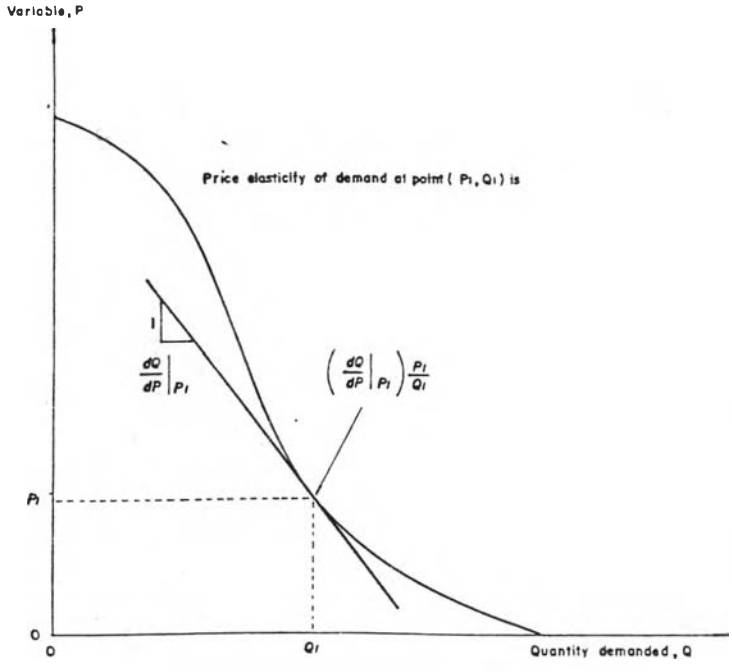
โดยที่ Q = ปริมาณของอุปาสงค์ (Quantity Demanded)
P = ตัวแปรใด ๆ (Variable)
$f(P)$ = ฟังก์ชั่นของอุปาสงค์ (Demand Function)

ค่า Elasticity ของตัวแปร p ใด ๆ ถูกกำหนดให้เท่ากับอัตราการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของอุปาสงค์ (Rate of Change of Quantity Demanded) ต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงในปริมาณของตัวแปรใด ๆ (Rate of Change of Variable) โดยแสดงในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้

$$E_p = \frac{dQ/dP}{Q \quad P}$$

โดยที่ E_p = ค่า Elasticity ของตัวแปร P เป็นจุด (Point P Elasticity of Demanded)

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่า ค่า Elasticity ของตัวแปร P เป็นการ Derivative เป็นจุดนั่นเอง กล่าวคือค่า Elasticity ของตัวแปร P คือ ร้อยละของการเปลี่ยนแปลงในปริมาณของอุปาสงค์อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงร้อยละหนึ่งในตัวแปร P ซึ่งจะทำให้เข้าใจความหมายได้ดีขึ้น และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้สะดวกกว่า รูปแบบทั่วไปของฟังก์ชั่นของอุปาสงค์ (Demand Function) แสดงได้ดังรูปที่ 5.1 จากรูปแสดงให้เห็นว่าค่า Elasticity มีค่าในแต่ละจุดไม่เท่ากันตลอดฟังก์ชั่นของอุปาสงค์ กล่าวคือค่า Elasticity จะมีค่าไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับว่าจะพิจารณาที่จุดใด อย่างไรก็ตามนักเศรษฐศาสตร์พบว่า ส่วนใหญ่แล้วความสัมพันธ์ระหว่างอุปาสงค์และอุปาทานนั้นจะอยู่ในรูปแบบที่ทำให้ค่า Elasticity มีค่าคงที่ และจากการศึกษาของ Gerald Kraft เมื่อปี ค.ศ.1963 ถึงการเดินทางของคน พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเดินทางของคนกับตัวแปรใด ๆ ทางด้านเศรษฐกิจและสังคม มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปของสมการยกกำลัง (Power Curve) ซึ่งต่อมาได้เรียกรูปแบบนี้ว่า Kraft Demand Model สามารถเขียนให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ได้ ดังนี้



รูปที่ 5.1 รูปแบบทั่วไปของฟังก์ชั่นอุปสงค์

$$Q = f(P) = \alpha.P^{\beta}$$

โดยที่ α, β = ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลอง

ดังนั้นในการวิเคราะห์แบบจำลองปริมาณการเดินทาง โดยวิธีสัมประสิทธิ์การเพิ่มนี้ จึงได้กำหนดให้ปริมาณการเดินทาง มีความสัมพันธ์กับตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมในรูปของสมการยกกำลัง ตามรูปแบบของ Kraft Demand Model ดังนั้นในการวิเคราะห์ค่า Elasticity ของตัวแปรใด ๆ สามารถแสดงได้ ดังนี้

จาก $$E_p = \frac{dQ/dP}{Q\ P} = \frac{dQ\ P}{dP\ Q} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5.1)$$

กำหนดให้ปริมาณการเดินทาง หรือปริมาณการจราจร มีความสัมพันธ์กับตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมในรูปของสมการยกกำลัง (Power Curve) ได้

$$Q = \alpha.P^{\beta} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5.2)$$

Differentiate Q เทียบกับ P ได้

$$\frac{dQ}{dP} = \alpha.\beta.P^{\beta-1} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5.3)$$

แทนค่า Q จากสมการ (5.2) และค่า $\frac{dQ}{dP}$ จากสมการ (5.3) ในสมการ (5.1) ได้

$$E_p = \alpha.\beta.P^{\beta-1}\,\frac{P}{\alpha.P^{\beta}}$$

เพราะฉะนั้น $E_p = \beta$ $\qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5.4)$

จากสมการ (5.4) สรุปได้ว่าค่า Elasticity ของตัวแปร P ใด ๆ จะมีค่าคงที่ ในที่นี้มีค่าเท่ากับ β ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ของสมการความสัมพันธ์ในรูปสมการยกกำลังของปริมาณการเดินทางกับตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม และโดยวิธีนี้ยังพบว่ากรณีที่ค่า Elasticity มีค่าเท่ากับ 1 รูปแบบของ Demand Model จะเป็นสมการเส้นตรง และในกรณีที่ค่า Elasticity มีค่าเท่ากับศูนย์ Demand Model นี้จะเท่ากับค่าคงที่คือมีค่าเท่ากับα นั่นเอง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของการเดินทางที่จุดปลาย (Trip End Elasticity) ซึ่งเป็นค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณการเดินทางที่จุดปลายต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งในที่นี้จะเรียกสั้น ๆ ว่า ค่า Elasticity โดยได้ตั้งสมมติฐานคือ กำหนดให้อัตราการเพิ่มของปริมาณการเดินทางที่จุดปลายมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมที่อยู่ภายในพื้นที่ย่อยนั้น โดยได้กำหนดให้ค่า Elasticity นี้ เป็นตัวปรับให้อัตราการเพิ่มของตัวแปรทั้งสองมีความสอดคล้องกัน โดยได้ทำการวิเคราะห์แยกเป็นรายภาคทั้ง 4 ภาค โดยตั้งสมมติฐานที่ว่าสภาพการเดินทางขนส่งและสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมในแต่ละภาคมีพฤติกรรมที่แตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย กับตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมต่าง ๆ ของยวดยานแต่ละประเภทในรูปของสมการยกกำลังในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ แสดงในภาคผนวก ฉ

ค่า Elasticity ของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมของยวดยานแต่ละประเภทในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ แสดงดังตารางที่ 5.4, 5.5, 5.6 และ 5.7 ตามลำดับ

จากค่า Elasticity ของยวดยานแต่ละประเภทในแต่ละภาคและค่าอัตราการเพิ่มของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม สามารถวิเคราะห์ค่าอัตราการเพิ่มเฉลี่ย (Average Growth Factor) โดยการนำค่า Elasticity ของตัวแปรแต่ละชนิดมาทำการปรับค่าอัตราการเพิ่มของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม ให้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเพิ่มของปริมาณการเดินทางของยวดยานแต่ละประเภทโดยใช้สมมติฐานของ Elasticity ซึ่งสามารถสรุปความสัมพันธ์ได้ดังนี้ การเปลี่ยนแปลงปริมาณของตัวแปรร้อยละ 1 จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง Demand หรือปริมาณการเดินทางเท่ากับร้อยละ E_j ถ้าการเปลี่ยนแปลงปริมาณของตัวแปรเท่ากับร้อยละ G_j จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง Demand เท่ากับร้อยละ G_jE_j โดยที่ E_j = ค่า Elasticity ของตัวแปรใด ๆ และ G_j = อัตราการเพิ่มของตัวแปรใด ๆ ดังนั้น

$$\text{อัตราการเพิ่มของปริมาณการเดินทาง} = \sum G_j.E_j$$

จากสมการข้างต้นสามารถสรุปอัตราการเพิ่มโดยเฉลี่ยของการเดินทางของยวดยานแต่ละประเภทในแต่ละภาคได้ดังสมการต่อไปนี้

$$K_{ij} = G_{POPi}.E_{POPjk} + G_{GPPi}.E_{GPPjk} + G_{PCPUi}.E_{PCPUjk} + G_{TCCi}.E_{TCCjk}$$

โดยที่ K_{ij} = ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มของปริมาณการเดินทางในพื้นที่ย่อย i สำหรับยวดยานชนิด j

G_{POPi} = อัตราการเพิ่มของจำนวนประชากรในพื้นที่ย่อย i

G_{GPPi} = อัตราการเพิ่มของมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัดในพื้นที่ย่อย i

G_{PCPUi} = อัตราการเพิ่มของจำนวนยวดยานที่จดทะเบียน (ในที่นี้ใช้เฉพาะจำนวนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถปิคอัพ) ในพื้นที่ย่อย i

G_{TCCi} = อัตราการเพิ่มของมูลค่าการคมนาคมขนส่งและการสื่อสารของจังหวัดในพื้นที่ย่อย i

E_{POPjk} = ค่า Elasticity ของอัตราการเพิ่มของจำนวนประชากรสำหรับยวดยานชนิด j ในภาค k

ตารางที่ 5.4 ค่า Elasticity ของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม ของยวดยาน แต่ละชนิดในภาคเหนือ

ชนิดของยวดยาน	ค่า Elasticity			
	POP	GPP	PC&PU	TCC
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	0.6479	0.4722	0.4214	0.3632
รถโดยสาร	0.4203	0.2918	0.2191	0.1956
รถบรรทุก	0.1540	0.2057	0.0835	0.0913

ตารางที่ 5.5 ค่า Elasticity ของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม ของยวดยาน แต่ละชนิดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ชนิดของยวดยาน	ค่า Elasticity			
	POP	GPP	PC&PU	TCC
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	0.7351	0.4609	0.3620	0.3147
รถโดยสาร	0.7006	0.7902	0.3513	0.3216
รถบรรทุก	0.8658	0.9660	0.6644	0.6988

ตารางที่ 5.6 ค่า Elasticity ของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม ของยวดยานแต่ละชนิดในภาคกลาง

ชนิดของยวดยาน	ค่า Elasticity			
	POP	GPP	PC&PU	TCC
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	0.7442	0.7143	0.5834	0.5437
รถโดยสาร	0.8467	0.7418	0.6270	0.5923
รถบรรทุก	0.7056	0.6636	0.5906	0.5648

ตารางที่ 5.7 ค่า Elasticity ของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม ของยวดยานแต่ละชนิดในภาคใต้

ชนิดของยวดยาน	ค่า Elasticity			
	POP	GPP	PC&PU	TCC
รถยนต์นั่งส่วนบุคคล	0.6464	0.9160	0.6655	0.6806
รถโดยสาร	0.4881	0.7216	0.7011	0.8295
รถบรรทุก	0.4249	0.8786	0.7686	0.7709

E_{GPPJk} = ค่า Elasticity ของอัตราการเพิ่มของมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด สำหรับยวดยานชนิด j ในภาค k

E_{PCPUJk} = ค่า Elasticity ของอัตราการเพิ่มของจำนวนยวดยานที่จดทะเบียนสำหรับยวดยานชนิด j ในภาค k

E_{TCCJk} = ค่า Elasticity ของอัตราการเพิ่มของมูลค่าการคมนาคมขนส่งและการสื่อสารของจังหวัด สำหรับยวดยานชนิด j ในภาค k

ดังนั้นแบบจำลองปริมาณการเดินทางโดยวิธีสัมประสิทธิ์การเพิ่มสามารถสรุปรูปแบบได้ ดังนี้

$$T_F = T_P \cdot K$$

โดยที่ T_F = ปริมาณการเดินทางในปีอนาคต

T_P = ปริมาณการเดินทางในปัจจุบัน (ปีฐาน)

K = ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มจากแบบจำลองข้างต้น

จากแบบจำลองข้างต้นสามารถวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มของปริมาณการเดินทางของยวดยานแต่ละชนิด ในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ดังตารางที่ 5.8, 5.9, 5.10 และ 5.11 ตามลำดับ

จากค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มเหล่านี้ ได้ทำการพยากรณ์ปริมาณการเดินทางของยวดยานทั้งสามชนิด โดยแสดงผลในรูปของปริมาณการเดินทางที่จุดปลายในแต่ละพื้นที่ย่อย โดยในงานวิจัยนี้ได้ทดลองพยากรณ์ไปที่ปี พ.ศ. 2535 พ.ศ. 2540 และพ.ศ. 2545 ซึ่งเป็นปีแรกของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7, 8 และ 9 ตามลำดับ และปริมาณการเดินทางที่จุดปลายแสดงดังตารางที่ 5.12, 5.13 และ 5.14 ตามลำดับ

5.3.2.1 การกระจายการเดินทาง (Trip Distribution) ปริมาณการจราจรที่จุดปลายที่ได้จากแบบจำลองข้างต้น เป็นปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนของแต่ละพื้นที่ย่อย ซึ่งจะต้องทำการกระจายปริมาณการจราจรเหล่านี้ไปยังพื้นที่ย่อยต่าง ๆ เพื่อสร้างให้เป็นตารางการเดินทางในปีอนาคตที่สมบูรณ์ ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ใช้การกระจายการเดินทางโดยวิธี Fratar ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในการคาดคะเน โดยใช้แบบจำลองสัดส่วนการเพิ่ม (Growth Factor Method) โดยมีสมมติฐานที่ว่า "การเปลี่ยนแปลงของการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ จะแปรผันโดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของการเดินทางที่จุดเริ่มต้น

ตารางที่ 5.8 ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มของปริมาณการเดินทางของยวดยานแต่ละชนิดในภาคเหนือ

Zone	Growth Factor (% Per Year)		
No.	Passsenger car	Bus	Truck
35	12.49	6.93	3.27
36	11.71	6.68	2.89
37	12.70	7.12	3.61
38	11.92	5.56	3.08
39	10.32	5.66	2.62
40	9.75	5.39	2.44
41	10.81	5.95	2.77
42	9.60	5.25	2.36
43	13.88	7.73	3.56
44	11.01	6.08	2.85
45	9.01	4.98	2.26
46	12.29	6.87	3.48
47	14.00	7.90	3.98
48	8.63	4.79	2.29
49	11.68	6.42	2.95
50	8.27	4.44	1.81
51	11.24	6.15	2.81
AVG	11.14	6.17	2.88

ตารางที่ 5.9 ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มของปริมาณการเดินทางของยวดยานแต่ละชนิดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Zone	Growth Factor (% Per Year)		
No.	Passsenger car	Bus	Truck
18	10.52	11.71	19.40
19	12.13	13.93	22.48
20	9.57	11.00	18.36
21	7.89	9.42	14.68
22	8.67	10.96	16.68
23	8.13	9.70	15.40
24	11.60	13.25	21.66
25	11.19	12.53	20.84
26	5.83	6.93	10.58
27	5.37	6.92	9.93
28	7.56	9.71	14.02
29	10.09	10.40	19.18
30	6.37	7.98	11.89
31	12.64	14.42	24.37
32	8.32	9.91	15.24
33	6.95	7.60	12.69
34	14.07	16.40	27.78
AVG	9.23	10.75	17.36

ตารางที่ 5.10 ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มของปริมาณการเดินทางของยวดยานแต่ละชนิดในภาคกลาง

Zone No.	Growth Factor (% Per Year) Passsenger car	Bus	Truck
1	13.82	14.85	13.57
2	20.74	22.42	20.60
3	21.78	23.54	21.54
4	22.67	24.45	22.53
5	16.08	17.33	16.10
6	14.22	15.31	14.27
7	15.19	16.42	15.25
8	12.29	13.30	12.34
9	15.32	16.46	15.28
10	17.41	18.74	17.38
11	23.03	24.79	22.91
12	23.80	25.56	23.65
13	17.64	19.07	17.64
14	16.27	17.54	16.06
15	25.34	27.20	25.17
16	20.03	21.62	19.96
17	17.83	19.13	17.70
52	13.12	14.19	13.24
53	11.05	11.95	10.99
54	8.57	9.28	8.52
55	13.84	14.88	13.77
56	21.46	23.06	21.33
57	20.43	21.90	20.39
58	9.27	9.96	9.18
AVG	16.61	17.88	16.55

ตารางที่ 5.11 ค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มของปริมาณการเดินทางของยวดยานแต่ละชนิดในภาคใต้

Zone No.	Growth Factor (% Per Year) Passsenger car	Bus	Truck
59	16.10	16.90	17.37
60	17.63	17.54	18.79
61	22.35	23.64	23.93
62	21.88	22.75	23.76
63	17.29	18.60	18.45
64	24.37	24.94	26.07
65	11.67	12.59	12.17
66	21.12	21.20	22.16
67	18.54	18.71	19.37
68	27.06	27.84	28.53
69	17.49	18.49	18.58
70	8.63	8.18	8.65
71	15.74	15.01	16.26
72	19.10	18.89	20.06
73	19.98	19.56	20.64
AVG	18.60	18.99	9.65

ตารางที่ 5.12 ปริมาณการเดินทางที่จุดปลายของยวดยานแต่ละชนิดในปี พ.ศ. 2535

PEAK-HOUR TRIP GENERATION AND ATTRACTION BY ZONES YEAR 2535

ZONE	PASSENGER CAR		BUS		TRUCK		TOTAL	
	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT
1	2256	1975	1378	1462	2765	2833	6399	6270
2	735	733	651	678	808	865	2194	2276
3	183	165	142	137	203	199	528	501
4	806	2708	684	813	1053	2079	2543	5600
5	285	252	373	534	372	507	1030	1293
6	95	65	69	35	109	66	273	166
7	211	715	105	408	293	979	609	2102
8	38	48	31	44	68	67	137	159
9	32	62	17	39	55	97	104	198
10	762	543	435	91	1147	740	2344	1374
11	1641	823	1011	667	2116	1289	4768	2779
12	1088	1229	646	656	1192	1082	2926	2967
13	205	262	135	141	299	329	639	732
14	42	42	32	32	183	183	257	257
15	1049	160	181	154	469	187	1699	501
16	48	23	31	13	60	25	139	61
17	121	168	71	83	127	150	319	401
18	134	101	72	55	585	555	791	711
19	16	21	22	22	34	88	72	131
20	49	33	39	15	126	65	214	113
21	34	41	16	24	52	90	102	155
22	63	81	30	44	44	83	137	208
23	27	53	16	36	57	94	100	183
24	62	47	28	26	85	74	175	147
25	43	55	26	32	77	83	146	170
26	40	30	42	48	151	162	233	240
27	33	32	22	21	83	69	138	122
28	59	60	43	36	61	54	163	150
29	46	41	21	18	48	44	115	103
30	28	41	20	31	110	124	158	196
31	21	21	27	36	122	136	170	193
32	30	26	23	20	60	60	113	106
33	35	39	34	35	90	92	159	166
34	54	81	35	51	157	168	246	300
35	67	61	18	20	59	67	144	148
36	62	62	18	19	63	64	143	145
37	61	73	24	24	24	32	109	129
38	49	60	17	15	68	62	134	137
39	43	44	19	17	37	31	99	92
40	110	107	36	47	63	79	209	233

ตารางที่ 5.12 (ต่อ)

PEAK-HOUR TRIP GENERATION AND ATTRACTION BY ZONES YEAR 2535

ZONE	PASSENGER CAR		BUS		TRUCK		TOTAL	
	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT
41	54	54	24	26	32	33	110	113
42	36	55	17	26	41	70	94	151
43	27	29	15	20	38	39	80	88
44	87	74	28	32	53	58	168	164
45	54	66	26	32	45	51	125	149
46	118	122	50	52	103	93	271	267
47	127	125	49	46	98	83	274	254
48	74	64	28	30	61	62	163	156
49	90	92	21	23	40	45	151	160
50	88	71	40	29	64	48	192	148
51	74	77	20	25	36	49	130	151
52	146	74	70	41	658	500	874	615
53	78	64	61	52	156	161	295	277
54	86	33	61	23	141	36	288	92
55	116	118	101	111	146	159	363	388
56	694	498	167	124	624	421	1485	1043
57	130	46	60	31	267	132	457	209
58	184	118	54	38	307	226	545	382
59	105	180	54	54	251	342	410	576
60	103	111	73	107	117	151	293	369
61	45	45	26	30	73	71	144	146
62	66	44	79	39	155	94	300	177
63	45	45	34	34	106	106	185	185
64	105	120	68	66	202	232	375	418
65	40	30	31	18	155	133	226	181
66	73	69	60	56	91	94	224	219
67	261	272	149	163	268	274	678	709
68	36	42	37	37	82	90	155	169
69	51	44	34	32	75	65	160	141
70	54	49	25	16	42	28	121	93
71	154	151	30	28	44	46	228	225
72	127	127	108	106	185	195	420	428
73	276	276	74	74	123	123	473	473
TOTAL	14567	14568	8414	8300	18454	18363	41435	41231

ตารางที่ 5.13 ปริมาณการเดินทางที่จุดปลายของยวดยานแต่ละชนิดในปี พ.ศ. 2540

PEAK-HOUR TRIP GENERATION AND ATTRACTION BY ZONES YEAR 2540

ZONE	PASSENGER CAR		BUS		TRUCK		TOTAL	
	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT
1	4308	3773	2754	2920	5225	5354	12287	12047
2	1886	1881	1791	1865	2061	2207	5738	5953
3	489	442	409	395	538	527	1436	1364
4	2239	7522	2041	2428	2908	5742	7188	15692
5	601	532	830	1188	785	1069	2216	2789
6	185	126	141	72	213	130	539	328
7	428	1450	224	872	595	1991	1247	4313
8	68	85	58	83	123	120	249	288
9	65	126	35	83	111	198	211	407
10	1700	1212	1028	216	2555	1650	5283	3078
11	4626	2319	3061	2019	5934	3617	13621	7955
12	3164	3574	2017	2048	3447	3129	8628	8751
13	462	591	322	337	673	742	1457	1670
14	89	89	73	73	386	386	548	548
15	3246	496	602	514	1441	573	5289	1583
16	119	57	82	35	149	62	350	154
17	276	381	169	198	286	338	731	917
18	221	167	125	95	1420	1346	1766	1608
19	28	36	42	42	93	242	163	320
20	77	52	67	26	292	150	436	228
21	50	59	25	38	103	178	178	275
22	95	123	51	74	96	180	242	377
23	40	79	25	58	116	192	181	329
24	107	81	52	49	228	199	387	329
25	73	94	46	58	198	214	317	366
26	53	40	58	68	250	267	361	375
27	43	42	31	29	134	110	208	181
28	85	87	69	58	117	104	271	249
29	74	67	34	29	116	107	224	203
30	38	56	30	46	192	217	260	319
31	38	38	54	71	363	406	455	515
32	45	39	37	33	122	122	204	194
33	49	55	48	50	164	167	261	272
34	105	157	75	110	536	572	716	839
35	121	110	26	27	69	79	216	216
36	108	108	25	27	72	74	205	209
37	111	132	33	33	29	39	173	204
38	85	105	23	21	79	72	187	198
39	70	73	25	23	42	35	137	131
40	176	171	47	61	71	89	294	321

ตารางที่ 5.13 (ต่อ)

PEAK-HOUR TRIP GENERATION AND ATTRACTION BY ZONES YEAR 2540

ZONE	PASSENGER CAR		BUS		TRUCK		TOTAL	
	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT
41	91	91	32	35	37	38	160	164
42	57	87	22	33	46	79	125	199
43	52	55	22	29	45	47	119	131
44	146	125	37	43	61	67	244	235
45	83	102	33	40	50	57	166	199
46	210	219	69	73	122	110	401	402
47	244	241	71	67	119	101	434	409
48	112	97	35	38	69	70	216	205
49	157	159	28	32	47	52	232	243
50	131	106	50	35	71	53	252	194
51	125	130	27	34	41	56	193	220
52	270	136	135	79	1225	931	1630	1146
53	131	108	108	91	263	271	502	470
54	130	50	96	36	213	54	439	140
55	222	225	202	223	278	303	702	751
56	1836	1318	473	350	1635	1103	3944	2771
57	330	117	161	83	675	335	1166	535
58	286	184	87	61	476	350	849	595
59	222	379	118	118	558	761	898	1258
60	233	250	163	240	278	358	674	848
61	123	123	74	88	214	207	411	418
62	178	119	222	108	450	272	850	499
63	101	101	79	79	248	248	428	428
64	313	356	208	200	644	740	1165	1296
65	70	51	55	32	275	236	400	319
66	191	179	158	147	248	254	597	580
67	610	638	351	384	650	664	1611	1686
68	121	138	128	128	287	316	536	582
69	115	98	78	74	176	153	369	325
70	82	74	37	24	63	42	182	140
71	320	313	60	56	93	97	473	466
72	304	304	256	252	461	487	1021	1043
73	685	685	180	180	314	314	1179	1179
TOTAL	34124	33985	20540	19964	42764	42222	97428	96171

ตารางที่ 5.14 ปริมาณการเดินทางที่จุดปลายของยวดยานแต่ละชนิดในปี พ.ศ. 2545

PEAK-HOUR TRIP GENERATION AND ATTRACTION BY ZONES YEAR 2545

ZONE	PASSENGER CAR		BUS		TRUCK		TOTAL	
	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT
1	8230	7207	5502	5836	9874	10117	23606	23160
2	4839	4825	4924	5128	5257	5628	15020	15581
3	1310	1184	1176	1137	1427	1397	3913	3718
4	6219	20892	6094	7248	8034	15862	20347	44002
5	1266	1121	1846	2642	1657	2255	4769	6018
6	360	245	286	147	414	252	1060	644
7	869	2940	479	1865	1210	4047	2558	8852
8	122	152	109	155	219	214	450	521
9	132	258	76	177	227	403	435	838
10	3792	2705	2426	509	5694	3676	11912	6890
11	13041	6539	9265	6110	16644	10144	38950	22793
12	9202	10394	6293	6389	9965	9047	25460	25830
13	1040	1332	771	806	1516	1671	3327	3809
14	190	190	163	163	813	813	1166	1166
15	10042	1536	2004	1713	4429	1762	16475	5011
16	296	142	217	93	371	153	884	388
17	626	865	406	476	647	764	1679	2105
18	365	276	217	165	3446	3266	4028	3707
19	50	65	81	81	257	667	388	813
20	122	83	112	43	678	349	912	475
21	72	87	39	60	204	354	315	501
22	144	186	86	124	208	390	438	700
23	60	117	40	91	238	394	338	602
24	186	140	97	91	607	529	890	760
25	124	159	84	104	510	552	718	815
26	71	53	82	95	413	442	566	590
27	56	54	43	41	214	177	313	272
28	122	125	110	92	226	201	458	418
29	119	108	56	48	280	257	455	413
30	52	76	44	67	337	381	433	524
31	69	69	105	138	1080	1207	1254	1414
32	67	58	60	53	248	248	375	359
33	69	77	70	73	298	303	437	453
34	202	303	159	235	1826	1949	2187	2487
35	218	197	36	38	82	93	336	328
36	189	189	35	37	83	85	307	311
37	203	240	47	47	34	46	284	333
38	150	184	32	29	92	84	274	297
39	115	119	32	30	47	40	194	189
40	280	272	60	79	80	101	420	452

ตารางที่ 5.14 (ต่อ)

PEAK-HOUR TRIP GENERATION AND ATTRACTION BY ZONES YEAR 2545

ZONE	PASSENGER CAR		BUS		TRUCK		TOTAL	
	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT	GEN	ATT
41	151	151	43	47	43	44	237	242
42	90	137	29	43	51	89	170	269
43	99	105	31	43	54	56	184	204
44	246	212	50	57	70	77	366	346
45	127	157	41	51	56	64	224	272
46	375	390	96	101	145	131	616	622
47	470	464	104	99	145	123	719	686
48	169	147	44	48	77	78	290	273
49	272	277	38	43	54	60	364	380
50	195	158	62	44	77	58	334	260
51	213	222	37	46	47	65	297	333
52	500	253	263	154	2282	1734	3045	2141
53	221	182	189	160	444	456	854	798
54	196	76	149	55	321	82	666	213
55	424	430	404	446	529	578	1357	1454
56	4853	3484	1334	987	4280	2888	10467	7359
57	837	297	432	224	1706	846	2975	1367
58	446	287	140	98	739	544	1325	929
59	469	800	258	258	1243	1695	1970	2753
60	524	563	365	538	657	847	1546	1948
61	337	337	215	254	625	605	1177	1196
62	479	319	617	300	1305	791	2401	1410
63	224	224	185	185	578	578	987	987
64	932	1059	632	610	2050	2357	3614	4026
65	122	89	100	58	489	419	711	566
66	497	468	413	384	676	692	1586	1544
67	1428	1493	828	905	1575	1610	3831	4008
68	400	457	436	436	1007	1108	1843	2001
69	258	220	183	172	413	359	854	751
70	124	112	54	36	96	64	274	212
71	665	650	120	113	198	206	983	969
72	728	728	609	598	1151	1215	2488	2541
73	1704	1704	439	439	802	802	2945	2945
TOTAL	83456	82416	52704	50487	103871	101641	240031	234544

ของพื้นที่ (Origin Zone) และจุดปลายของพื้นที่ (Destination Zone)" วิธีการนี้เหมาะสมที่จะใช้กับพื้นที่มีการใช้ประโยชน์ในที่ดินน้อย หรือปริมาณที่มีอัตราการเพิ่มค่อนข้างต่ำ และเหมาะกับการเดินทางประเภทการเดินทางระหว่างในและนอกพื้นที่ศึกษา (External Trips) หรือการเดินทางผ่านพื้นที่ที่ทำการศึกษา (Through Trips)

ข้อมูลที่นำมาใช้สำหรับวิธีนี้ประกอบด้วย

1. ตารางการเดินทางที่ปีปัจจุบันหรือปีฐาน โดยในที่นี้ได้ใช้ตารางการเดินทางของยวดยานแต่ละประเภทที่ได้จากการประมาณขึ้น โดยเทคนิคการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร เป็นตารางการเดินทางเริ่มต้นของการกระจายปริมาณการเดินทางในปีอนาคต

2. ปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย (Trip Ends) ของปีอนาคต โดยแยกเป็นปริมาณการเกิดการเดินทาง (Trip Generation) และปริมาณการดึงดูดการเดินทาง (Trip Attraction) ซึ่งได้จากแบบจำลองข้างต้น

ขั้นตอนในการคำนวณปริมาณการเดินทางระหว่างคู่พื้นที่ย่อย (Trip Interchange โดยวิธี Fratar นี้จะมีวิธีการวิเคราะห์เป็นรอบ ๆ (Iteration) ไป โดยในแต่ละรอบนั้นจะมีการปรับค่า Trip Interchange ให้สอดคล้องกับปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย ทั้งปริมาณการเกิดการเดินทางและปริมาณการดึงดูดการเดินทางของทุกพื้นที่ย่อย โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม FURNESS ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้หลักการของ Fratar ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งมีหลักการในคำนวณ Trip Interchange โดยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$T_{ij} = G_i . A_j . r_i . S_j . t_{ij}$$

โดยที่ T_{ij} = ปริมาณการเดินทางจากพื้นที่ย่อย i ไปยังพื้นที่ย่อย j ในปีอนาคต

G_i = ปริมาณการเกิดการเดินทางในพื้นที่ย่อย i ในปีอนาคต

A_j = ปริมาณการดึงดูดการเดินทางในพื้นที่ย่อย j ในปีอนาคต

t_{ij} = ปริมาณการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย i ไปยังพื้นที่ย่อย j ในปีฐาน

r_i = ค่า Row Balancing Factor เพื่อให้ $\sum_j T_{ij} = G_i$

S_j = ค่า Column Balancing Factor เพื่อที่จะทำให้ $\sum_i T_{ij} = A_j$

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้โปรแกรม FURNESS ทำการคำนวณค่า Trip Interchange ทั้งสิ้น 10 รอบ และมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เท่ากับร้อยละ 1.0 โดยได้ทำการวิเคราะห์ตารางการเดินทางของยวดยานแต่ละชนิดจากข้อมูลปริมาณการเดินทางที่จุดปลายที่ได้จากแบบจำลองข้างต้น

5.3.3 การประเมินผลการวิเคราะห์แบบจำลอง

จากผลการวิเคราะห์แบบจำลองปริมาณการเดินทางที่จุดปลาย โดยวิธีวิเคราะห์แบบถดถอย (Multiple Linear Regression) พบว่าตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการเดินทาง ได้แก่ มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด รองลงมาคือ มูลค่าการคมนาคมขนส่งและการสื่อสารของจังหวัด และจำนวนประชากร ตามลำดับ และจะสังเกตได้ว่าตัวแปรอิสระที่ใช้ในแบบจำลองปริมาณการเดินทางที่จุดปลายในงานวิจัยนี้มีเพียง 3 ตัวแปรเท่านั้น เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรอิสระมีค่าค่อนข้างสูง กล่าวคือ ตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีความสัมพันธ์กันเองสูงมาก ดังนั้นเมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับปริมาณการเดินทางที่จุดปลายของยวดยานแต่ละประเภทจึงมีผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร (Parameter) มีค่าเป็นลบ ซึ่งขัดแย้งกับสภาพความเป็นจริง เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วการเพิ่มของปริมาณการเดินทางมักจะสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมเหล่านี้ ด้วยเหตุผลนี้ผู้วิจัยจึงไม่นำแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้นมาจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเดินทางที่จุดปลายกับตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมโดยวิธีวิเคราะห์แบบถดถอยมาใช้เพื่อการพยากรณ์ปริมาณการเดินทางในอนาคต เนื่องจากมีความขัดแย้งกับสภาพความเป็นจริง แม้ว่าค่าทางสถิติต่าง ๆ จะอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ใช้แบบจำลองปริมาณการเดินทางที่ได้พัฒนาขึ้นโดยวิธีสัมประสิทธิ์การเพิ่ม ดังกล่าวรายละเอียดไว้ในหัวข้อ 5.3.2 เพื่อการพยากรณ์ปริมาณการเดินทางในอนาคต

5.4 การพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนทางหลวง

การพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนทางหลวงในงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้กระบวนการจัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment) ซึ่งเป็นวิธีการจัดเส้นทางการเดินทางที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณการจราจรบนเส้นทางศึกษาในเมือง แต่ในงานวิจัยนี้ได้นำมาทดลองใช้กับทางหลวงในภูมิภาค จากหัวข้อที่ผ่านมาข้างต้นได้ทำการจัดเตรียมข้อมูลหลักเพื่อใช้ในกระบวนการจัดเส้นทางการเดินทางแล้ว อันประกอบด้วยข้อมูลตารางการเดินทาง ข้อมูลโครงข่ายทางหลวง และข้อมูลที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งคือ ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณการจราจร (Speed Flow Curve Relationship) ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการจัด

เส้นทางการเดินทางโดยวิธี Equilibrium Assignment ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากเป็นวิธีที่ได้พัฒนามาจากวิธี Capacity Restrained Assignment โดยวิธีนี้สามารถกำหนดให้เส้นทางที่สั้นที่สุดยังคงเป็นเส้นทางที่มีความสำคัญสูงสุด โดยที่ตัวแปรที่นิยมใช้กันมากในการตัดสินใจของผู้ขับขี่ยวดยานคือ มูลค่าการเดินทาง (Travel Cost) มูลค่าการเดินทางนี้จะสะท้อนค่าของเวลาในการเดินทาง (Travel Time) ค่าใช้จ่ายโดยตรง เช่น ค่าธรรมเนียมผ่านทาง และค่าใช้จ่ายของยวดยาน (Vehicle Operating Cost) หลักการโดยทั่วไปของการจัดเส้นทางการเดินทางคือ ผู้ขับขี่ยวดยานจะเลือกเส้นทางที่มีมูลค่าการเดินทางต่ำที่สุดในการเดินทาง ซึ่งมูลค่าการเดินทางนี้คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

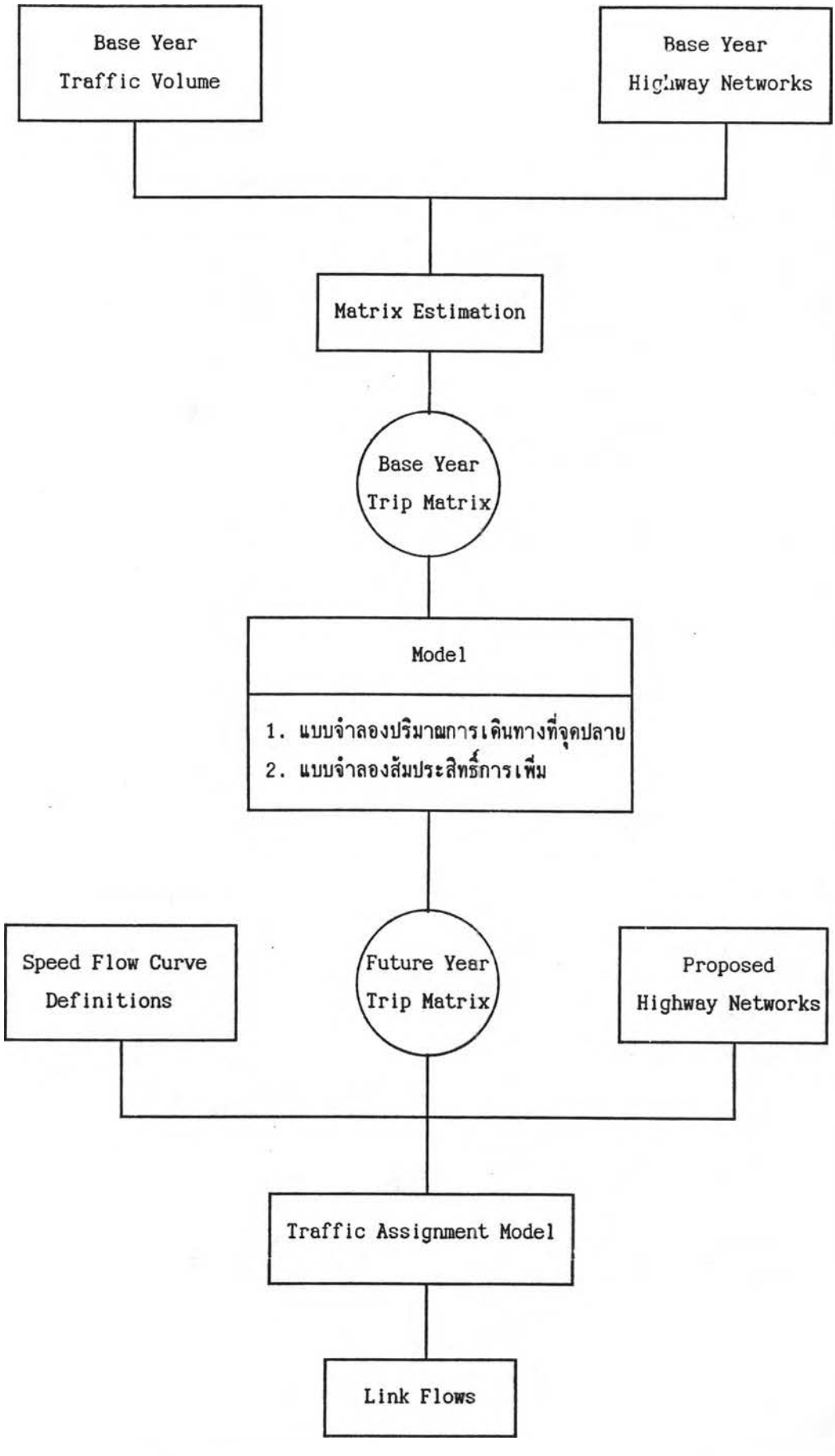
$$\text{Link Cost} = a(\text{Time}) + b(\text{Distance}) + c(K)$$

โดยที่ Link Cost = มูลค่าการเดินทางบนเส้นทาง (Link) นั้น
Time = เวลาในการเดินทาง
Distance = ระยะทางของช่วงเส้นทางนั้น
K = ค่าธรรมเนียมผ่านทาง (Toll)
a,b,c = ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ

ขั้นตอนการพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนทางหลวงในงานวิจัยนี้ สรุปขั้นตอนหลักได้ดังรูปที่ 5.2 ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 3 ส่วนคือ ในส่วนแรกเป็นการประมาณตารางการเดินทาง โดยใช้เทคนิคการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร ในส่วนที่สองเป็นการพัฒนาแบบจำลองเพื่ออธิบายสภาพการเดินทางในปัจจุบัน และพยากรณ์ปริมาณการเดินทางในอนาคต และในส่วนที่สามเป็นกระบวนการจัดเส้นทางการเดินทางเพื่อพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนเส้นทางศึกษาในอนาคต ในสองส่วนแรกได้ทำการวิเคราะห์ไว้แล้วในตอนต้น และในส่วนนี้จะกล่าวถึงกระบวนการจัดเส้นทางการเดินทางที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้

5.4.1 การจัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment)

การวิเคราะห์การจัดเส้นทางการเดินทางในงานวิจัยนี้ได้ใช้แนวเส้นทางการเดินทาง (Trees) ที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้แล้วในขั้นตอนการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร ซึ่งเป็นแนวเส้นทางการเดินทางแบบ Multi-Route Trees โดยกำหนดให้มูลค่าการเดินทาง (Travel Cost) โดยที่ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าเวลาในการเดินทางเป็นค่า Impedance ในการเลือกเส้นทางการเดินทางเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการ



รูปที่ 5.2 ขั้นตอนการพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนทางหลวงในงานวิจัยนี้

วิเคราะห์การจัดเส้นทางการเดินทางของทางหลวงในภูมิภาค ค่าเวลาในการเดินทางสามารถเป็นตัวกำหนดสภาพการเดินทางบนโครงข่ายทางหลวงระหว่างจังหวัดได้ และในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการกำหนดปริมาณการจราจรลงบนเส้นทางเหล่านี้ โดย Equilibrium Assignment Technique ด้วยวิธี Incremental Loading

การวิเคราะห์การจัดเส้นทางการเดินทางลงบนโครงข่ายทางหลวง สามารถแสดงให้ชัดเจนด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

$$V_a^n = (1-\lambda)V_a^{(n-1)} + \lambda U_a^n$$

โดยที่ V_a = ปริมาณการจราจรบนเส้นทางหลัก (Main Link)

U_a = ปริมาณการจราจรบนเส้นทางรอง (Auxiliary Link)

λ = ค่าพารามิเตอร์ เมื่อค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (Travel Cost) ทั้งระบบมีค่าน้อยที่สุด

n = การจัดปริมาณการจราจรรอบที่ n

ค่าใช้จ่ายในการเดินทางของทั้งระบบ (Travel Cost, Z) สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$Z = \sum_a^n \int_0^{V_a} C_a(V_a)dV + \sum_{abc}^{TP} C_{abc} + \sum_a^n C_a V_a$$

โดยที่ $C_a(Va)$ = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางบนเส้นทาง a ที่มีปริมาณการจราจรเท่ากับ V_a

C_{abc} = ค่า Turning Penalty จาก a ไป b ไป c

V_{abc} = ปริมาณ Turning Volume จาก a ไป b ไป c

$\sum_a^n C_a V_a$ = ผลรวมของมูลค่าการเดินทางบนเส้นทาง (Link Cost) เมื่อใช้ค่า Speed Flow Curve ที่กำหนด

$\sum_{abc}^{TP} C_{abc}V_{abc}$ = ผลรวมของมูลค่าการเดินทางของกรณี Turn Penalty

$\sum_o^n \int_o^{V_a} C_a(V_a)dV$ = ผลรวมของค่าใช้จ่ายบนเส้นทาง เมื่อความเร็วเปลี่ยนไปตาม Speed Flow Curve ซึ่งค่าใช้จ่ายบนเส้นทางนี้ประมาณได้จากการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟ

ค่าใช้จ่ายในการเดินทางบนเส้นทาง (Link Cost) แสดงด้งสมการต่อไปนี้

$$C_a = a.T + b.D + c.CLASS_3$$

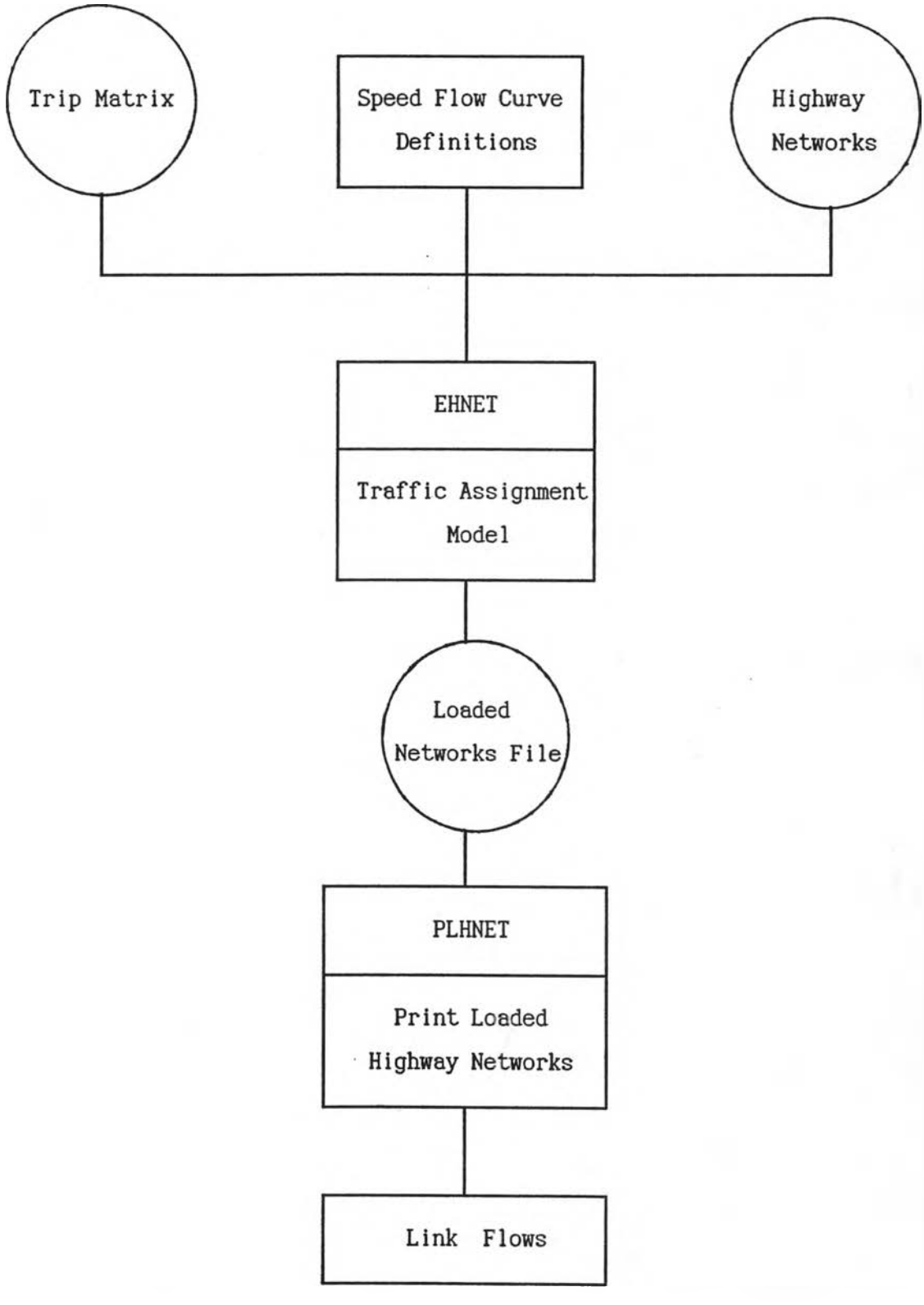
โดยที่ C_a = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางบนเส้นทาง a
T = เวลาในการเดินทางบนเส้นทางนั้น ๆ
D = ความยาวของเส้นทางนั้น
CLASS_3 = ค่าของ Link Classifies 3 เช่น ค่าธรรมเนียมผ่านทาง ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้เท่ากับศูนย์
a,b,c = ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการ

การวิเคราะห์การจัดเส้นทางการเดินทางโดยวิธีนี้ ได้ทำการแบ่งตารางการเดินทาง (Trip Matrix) หรือปริมาณการเดินทางออกเป็นจำนวนร้อยละในแต่ละ Iteration แล้วทำการกำหนดปริมาณการเดินทางที่ได้จัดแบ่งไว้เป็นส่วน ๆ ตามจำนวนร้อยละที่กำหนดในแต่ละ Iteration ลงบนโครงข่ายทางหลวงตามจำนวน Iteration ที่กำหนด ในงานวิจัยนี้ได้จัดแบ่งตารางการเดินทางรวมของยวดยานทุกประเภทออกเป็น 10 ส่วน โดยในแต่ละส่วนกำหนดให้เท่ากับร้อยละ 10 เท่ากัน จากนั้นทำการกำหนดปริมาณการจราจรทีละส่วนลงบนโครงข่ายทางหลวงเป็น Iteration จนครบทั้ง 10 Iteration รายละเอียดในการวิเคราะห์การจัดเส้นทางการเดินทางแสดงดังรูปที่ 5.3

จากรูปที่ 5.3 แสดงขั้นตอนการวิเคราะห์การจัดเส้นทางการเดินทาง โดยใช้เทคนิคการจัดเส้นทางการเดินทางโดยโปรแกรม EHNET จากแบบจำลองการคมนาคมขนส่งในเมือง ซึ่งในการจัดเส้นทางการเดินทางนี้ประกอบด้วยข้อมูลที่ต้องป้อนเข้า 3 ส่วน คือ

1. ข้อมูลตารางการเดินทาง (Trip Matrix) เป็นตารางการเดินทางรวมของยวดยานทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ ตารางการเดินทางของยวดยานนั่งส่วนบุคคล (Passenger Car) รถโดยสาร (Bus) และรถบรรทุก (Truck) รายละเอียดของข้อมูลปริมาณการเดินทางของยวดยานแต่ละประเภทในปีอนาคตที่ได้ทำการพยากรณ์ไว้โดยแบบจำลองสัมประสิทธิ์การเพิ่ม โดยได้แสดงไว้เฉพาะปริมาณการจราจรที่จุดปลายแสดงไว้แล้วในหัวข้อ 5.3.2

2. ข้อมูลโครงข่ายทางหลวง (Highway Networks) ข้อมูลในส่วนนี้ได้พัฒนาขึ้นมาจากข้อมูลโครงข่ายทางหลวงในระบบตอนควบคุม (Control Section) ของกรมทางหลวง โดยได้นำข้อมูลเหล่านี้มาเปลี่ยนเป็นระบบ Node-Link สำหรับโครงข่ายทางหลวงใน



รูปที่ 5.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์การจัดเส้นทางการเดินทาง

อนาคตนั้น ผู้วิจัยได้กำหนดให้มีลักษณะต่าง ๆ เหมือนโครงข่ายทางหลวงในปีปัจจุบันหรือปีฐาน เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาเฉพาะปริมาณการจราจรบนเส้นทางสายหลักเท่านั้น ซึ่งเส้นทางสายหลักจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะในการเดินทางมากนัก รายละเอียดโครงข่ายทางหลวงในระบบ Node-Link ได้กล่าวโดยละเอียดไว้แล้วในหัวข้อ 3.4.3

3. ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณการจราจร (Speed Flow Curve Relationship Data) การวิเคราะห์การจัดเส้นทางการเดินทาง ได้กำหนดให้ค่าเวลาในการเดินทางบนทุก Link เป็นค่า Impedance ในการคำนวณมูลค่าการเดินทาง (Travel Cost) ของแต่ละ Link เพื่อใช้ในการเลือกเส้นทางหรือกำหนดเส้นทางในการเลือกเส้นทางหรือกำหนดเส้นทางในการเดินทาง เนื่องจากปริมาณการจราจรบน Link ใด ๆ จะมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งเป็นผลให้ความเร็วในการเดินทางมีการเปลี่ยนแปลงด้วย โดยที่ปริมาณการจราจรและความเร็วนี้จะมีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นในการวิเคราะห์การจัดเส้นทางการเดินทาง จึงจำเป็นต้องศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณการจราจรบนทุก ๆ Link เพื่อที่จะนำค่าความเร็วเฉลี่ยบน Link ต่าง ๆ นี้ไปคำนวณเวลาในการเดินทางบน Link นั้น เพื่อนำไปคำนวณมูลค่าการเดินทางบน Link และกำหนดปริมาณการจราจรลงบนโครงข่ายทางหลวงต่อไป

ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาและปรับปรุงข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณการจราจร จากโครงการวิจัยการใช้พลังงานในการคมนาคมขนส่ง ของหน่วยวิจัยการจราจรและการขนส่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นโครงการศึกษาวิจัยการคมนาคมส่งในระดับภูมิภาคของประเทศ

โดยทั่วไปแล้วความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณการจราจรจะมีรูปแบบความสัมพันธ์กันดังแสดงในรูปที่ 5.4 โดยที่ในงานวิจัยนี้ได้แยกความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณการจราจรออกเป็น 40 แบบ ตามชนิดของทางหลวง ลักษณะพื้นที่ที่ทางหลวงนั้นผ่านและจำนวนช่องจราจร รายละเอียดข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณการจราจรในแต่ละแบบ แสดงดังภาคผนวก ช

หลังจากได้จัดเตรียมข้อมูลหลักทั้ง 3 ส่วนแล้ว จะทำการประมวลผลโดยโปรแกรม EHNET เพื่อวิเคราะห์การจัดเส้นทางการเดินทางของยวดยานรวมทุกประเภทตลอดโครงข่ายทางหลวงทั้งหมด โดยใช้หลักการและทฤษฎีดังกล่าวข้างต้น และมีขั้นตอนการวิเคราะห์ในแต่ละ Iteration ดังนี้

1. ขั้นตอนแรกเริ่มจากโครงข่ายทางหลวงที่ได้กำหนดความเร็วเฉลี่ยในการเดินทางของแต่ละ Link ลงบนโครงข่ายทางหลวงแล้ว ซึ่งค่าความเร็วเฉลี่ยนี้ได้กำหนดไว้แล้วในข้อมูลลักษณะทางกายภาพของโครงข่ายทางหลวง

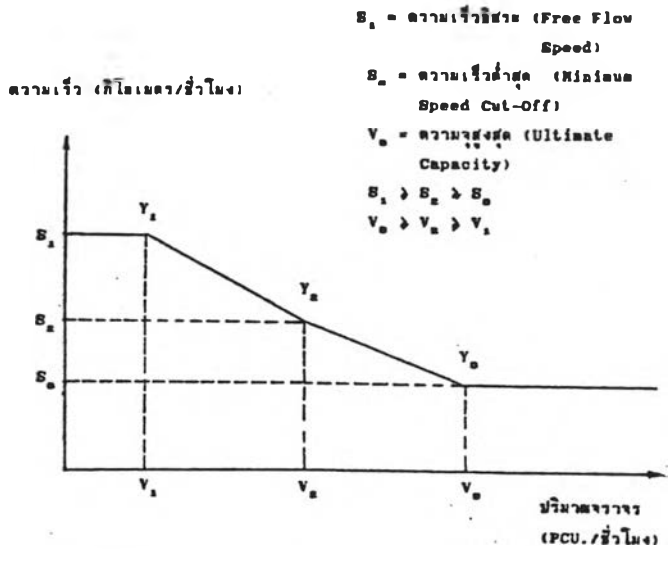
2. กำหนดปริมาณการจราจรส่วนแรกลงบนโครงข่ายทางหลวง ที่ได้จัดแนวเส้นทางการเดินทางแบบ Multi-Route Trees ไว้แล้ว

3. กำหนดปริมาณการจราจรส่วนที่ 2 ลงบนโครงข่ายทางหลวง ซึ่งเป็นการเพิ่มปริมาณการจราจรลงบน Link ต่าง ๆ

4. คำนวณมูลค่าการเดินทางบน Link ใด ๆ โดยใช้ค่าความเร็วที่สัมพันธ์กับปริมาณการจราจรบน Link นั้น จากข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณการจราจรของ Link นั้น

5. กระทำขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 จนกระทั่งปริมาณการเดินทางจากตารางการเดินทางทุกส่วนถูกกำหนดลงบนโครงข่ายทางหลวงจนหมด

ในส่วนแรกนี้ได้ทดลองจัดเส้นทางการเดินทาง โดยใช้ข้อมูลในปีฐานทั้งหมด เพื่อใช้เป็นกรณีเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางการเดินทางในปีอนาคต และเพื่อใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องของตารางการเดินทาง ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 4.3



รูปที่ 5.4 รูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับปริมาณการจราจร

5.4.2 ปริมาณการจราจรบนเส้นทางศึกษาในอนาคต

ปริมาณการจราจรบนเส้นทางศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนในปีอนาคตที่ได้จากแบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินทาง (Traffic Assignment Model) โดยวิธี Equilibrium Assignment โดยใช้เทคนิค Incremental Loading บนโครงข่ายทางหลวงของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด จากปริมาณการจราจรในชั่วโมงเร่งด่วนนี้ สามารถแปลงเป็นปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT) โดยการใช้สัมประสิทธิ์ชั่วโมงเร่งด่วน ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 6.59 ที่ได้ทำการวิเคราะห์ไว้แล้วในตอนต้น

ในงานวิจัยนี้ได้ทดลองพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนทางหลวงกรณีศึกษา 2 สายคือ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ตอน สระบุรี-นครราชสีมา และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 32 ตอน แยกทางหลวงแผนดินหมายเลข 1-อุทัยธานี โดยได้กำหนดจุดที่ใช้เพื่อการพยากรณ์ปริมาณการจราจรไว้บนทางหลวงทั้งสองสาย สอดคล้องกับจุดสำรวจปริมาณการจราจรของกองวิศวกรรมการจราจร กรมทางหลวง ดังนี้ ทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 2 ประกอบด้วย สถานีที่ใช้เพื่อการพยากรณ์ประมาณการจราจร 3 สถานี และทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 32 ประกอบด้วย 4 สถานี โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 5.15

ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปีที่ได้นี้ยังเป็นปริมาณการจราจรรวมของยวดยานทุกประเภท ดังนั้นในการที่จะทราบปริมาณการจราจรของยวดยานแต่ละประเภทนั้น ผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานให้สภาพการจราจรในปีอนาคตมีสัดส่วนของยวดยาน (Traffic Composition) เช่นเดียวกับในปีปัจจุบันหรือปีฐาน โดยที่ได้ทำการวิเคราะห์สัดส่วนของยวดยานบนเส้นทางศึกษา แสดงดังตารางที่ 5.16

จากผลการจัดเส้นทางการเดินทางและข้อสมมติฐานข้างต้นสามารถแสดงปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี (AADT) บนเส้นทางศึกษาในปีอนาคตที่ปีฐาน คือปี พ.ศ. 2531 และได้พยากรณ์ไปในอนาคตที่ปี พ.ศ. 2533 พ.ศ. 2535 พ.ศ. 2540 และพ.ศ. 2545 ดังตารางที่ 5.17, 5.18, 5.19, 5.20 และ 5.21 ตามลำดับ และผลการเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มปริมาณการจราจรจากปีฐาน แสดงดังตารางที่ 5.22

ตารางที่ 5.15 ตำแหน่งสถานีที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการจราจร

จุดที่	ทางหลวงหมายเลข	ตอนควบคุม	ตอน	ตำแหน่งสถานีนับรถ (กม.)
1	2	0101	สระบุรี - มวกเหล็ก	115+100
2	2	0302	กม.166+000(แขวงฯสระบุรี-ทางแยกไปชัยภูมิ	181+800
3	2	0402	ทางแยกไปสูงเนิน - ทางแยกไปกบินทร์บุรี	223+300
4	32	0401	ทางแยกทางหลวงหมายเลข1-ทางแยกเข้าอยุธยา	55+850
5	32	0500	ทางแยกทางหลวงหมายเลข309 - ทางแยกไปอ่างทอง	96+800
6	32	0602	กม.102+468(แขวงฯอยุธยา) - ทางแยกไปสิงห์บุรี	136+000
7	32	0700	ทางแยกไปสิงห์บุรี(แขวงฯลพบุรี) - ทางแยกไปชัยนาท	182+000

ตารางที่ 5.16 สัดส่วนของยวดยาน (Traffic Composition)

Sta. No.	Link	Route No.	Control Section	Passenger Car	Bus		Truck		
				PC&TAXI	LB	HB	LT	MT	HT
1	450-451	2	0101	21.06	0.94	10.34	31.07	19.04	17.55
2	458-459	2	0302	22.03	3.99	11.47	17.94	7.55	37.02
3	460-461	2	0402	18.57	2.07	11.22	21.98	8.52	37.64
4	794-795	32	0401	41.85	5.25	10.85	15.18	6.94	19.93
5	797-798	32	0500	34.30	2.37	10.47	18.27	10.58	24.01
6	600-802	32	0602	33.88	5.87	12.01	24.31	16.78	7.15
7	215-803	32	0700	40.58	2.63	12.51	17.43	11.77	15.08

ตารางที่ 5.17 การเปรียบเทียบปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปีจากการสำรวจกับแบบจำลองในปีฐาน (พ.ศ. 2531)

AADT Base Year 2531

Sta. No.	Link	Route No.	Control Section	Passenger Car	Bus		Truck			Observed	Model	Error
				PC&TAXI	LB	HB	LT	MT	HT	AADT	AADT	Rate
1	450-451	2	0101	2349	105	1153	3466	2124	1958	11155	9776	0.1236
2	458-459	2	0302	3035	549	1580	2472	1040	5100	13776	10809	0.2154
3	460-461	2	0402	2076	231	1254	2457	952	4208	11178	10323	0.0765
4	794-795	32	0401	5657	709	1466	2051	938	2693	13514	14285	-0.0571
5	797-798	32	0500	3266	226	997	1740	1008	2286	9523	13162	-0.3821
6	600-802	32	0602	3983	690	1412	2858	1973	841	11757	12691	-0.0794
7	215-803	32	0700	2556	165	788	1098	741	950	6298	5875	0.0672

ตารางที่ 5.18 การเปรียบเทียบปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปีจากการสำรวจกับแบบจำลองในปี พ.ศ. 2533

AADT Year 2533

Sta. No.	Link	Route No.	Control Section	Passenger Car	Bus		Truck			Observed	Model	Error
				PC&TAXI	LB	HB	LT	MT	HT	AADT	AADT	Rate
1	450-451	2	0101	2029	114	1423	4486	3912	5	11969	13557	-0.1327
2	458-459	2	0302	1754	307	1600	3300	917	4328	12206	12554	-0.0285
3	460-461	2	0402	3297	159	1898	3137	1129	4237	13857	12023	0.1324
4	794-795	32	0401	8265	193	1826	1085	2162	903	14434	16501	-0.1432
5	797-798	32	0500	3296	451	1588	2893	1395	2155	17778	16410	0.0769
6	600-802	32	0602	6760	992	1734	2191	1758	1961	15396	14245	0.0748
7	215-803	32	0700	4354	172	895	991	828	3502	11045	8972	0.1877

ตารางที่ 5.19 ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี ในปี พ.ศ. 2535

AADT Year 2535

Sta. No.	Link	Route No.	Control Section	Passenger Car	Bus		Truck			Model
				PC&TAXI	LB	HB	LT	MT	HT	AADT
1	450-451	2	0101	3394	151	1666	5007	3068	2829	16115
2	458-459	2	0302	3453	625	1798	2812	1183	5804	15675
3	460-461	2	0402	2683	299	1621	3175	1231	5437	14446
4	794-795	32	0401	11259	1412	2919	4084	1867	5363	26904
5	797-798	32	0500	8427	582	2572	4489	2599	5899	24568
6	600-802	32	0602	4257	738	1509	3054	2108	898	19564
7	215-803	32	0700	3325	216	1025	1428	964	1236	8194

ตารางที่ 5.20 ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี ในปี พ.ศ. 2540

AADT Year 2540

Sta. No.	Link	Route No.	Control Section	Passenger Car	Bus		Truck			Model
				PC&TAXI	LB	HB	LT	MT	HT	AADT
1	450-451	2	0101	9555	426	4691	14097	8639	7964	45372
2	458-459	2	0302	5345	968	2783	4353	1832	8983	24264
3	460-461	2	0402	3852	429	2327	4559	1767	7809	20743
4	794-795	32	0401	26983	3385	6996	9787	4475	12850	64476
5	797-798	32	0500	14865	1027	4537	7918	4585	10406	43338
6	600-802	32	0602	8241	1428	2921	5913	4082	1740	24325
7	215-803	32	0700	4859	315	1498	2087	1409	1805	11973

ตารางที่ 5.21 ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวันตลอดปี ในปี พ.ศ. 2545

AADT Year 2545

Sta. No.	Link	Route No.	Control Section	Passenger Car	Bus		Truck			Model
				PC&TAXI	LB	HB	LT	MT	HT	AADT
1	450-451	2	0101	23648	1056	11611	34889	21380	19707	112291
2	458-459	2	0302	12011	2175	6254	9781	4116	20185	54522
3	460-461	2	0402	8989	1002	5431	10640	4124	18221	48407
4	794-795	32	0401	66554	8349	17255	24141	11037	31693	159029
5	797-798	32	0500	34315	2371	10475	18278	10585	24021	100045
6	600-802	32	0602	15922	2759	5644	11424	7886	3360	46995
7	215-803	32	0700	7617	494	2348	3272	2209	2832	18772

ตารางที่ 5.22 ผลการเปรียบเทียบการเพิ่มปริมาณการจราจรจากปีฐาน

Traffic Growth Rate from Base Year

Sta. No.	Link	Route No.	Control Section	Traffic Growth Rate from Base Year				
				2531	2533	2535	2540	2545
1	450-451	2	0101	100	139	165	464	1149
2	458-459	2	0302	100	113	145	224	504
3	460-461	2	0402	100	134	140	201	469
4	794-795	32	0401	100	129	188	451	1113
5	797-798	32	0500	100	135	187	329	760
6	600-802	32	0602	100	112	154	192	370
7	215-803	32	0700	100	119	139	204	320

5.5 <u>การเปรียบเทียบวิธีการพยากรณ์ปริมาณการจราจรของโครงการศึกษาต่างๆ และวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยครั้งนี้</u>

การพยากรณ์ปริมาณการจราจรของโครงการศึกษาต่าง ๆ โดยบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาและองค์การความร่วมมือระหว่างประเทศของญี่ปุ่น ที่ได้ทำการศึกษาให้กับกรมทางหลวง มีวิธีการและทฤษฎีที่นำมาใช้ในส่วนของการพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนทางหลวงแตกต่างกัน และแตกต่างกับวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นใหม่ในงานวิจัยครั้งนี้ แต่อย่างไรก็ตามจากการทบทวนผลงานที่ผ่านมาพบว่าแนวทางหลัก ๆ ในการพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนทางหลวงในภูมิภาคมีแนวทางหลักคล้ายกัน ซึ่งสามารถสรุปวิธีการพยากรณ์ปริมาณจราจรและข้อดี-ข้อเสียของแต่ละโครงการศึกษาได้ดังนี้

1. โครงการ Studies of National and Provicial Road Network in Thailand (SRNT) พ.ศ.2522

การพยากรณ์ปริมาณการจราจรในโครงการนี้ ได้กำหนดให้ปริมาณการจราจรในอนาคตเท่ากับผลคูณของปริมาณการจราจรในปีฐานกับอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร โดยที่อัตราการเพิ่มนี้ได้พัฒนาขึ้นจากอัตราการเพิ่มของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม 2 ตัวแปร คือ จำนวนประชากร และรายได้ประชาชาติ โดยมีการพิจารณาปรับแก้อัตราการเพิ่มด้วยอิทธิพลของราคาน้ำมันในตลาดโลกด้วย ในโครงการศึกษานี้ได้แบ่งการจราจรออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การจราจรที่ขนส่งผู้โดยสาร และการจราจรที่ขนส่งสินค้า และแบ่งชนิดของยวดยานสอดคล้องกับการจัดแบ่งของกรมทางหลวง

<u>ข้อดี</u>

- มีการพิจารณาถึงผลกระทบเนื่องจากราคาน้ำมันในตลาดโลก
- พิจารณาตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม ในการวิเคราะห์อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร
- จัดแบ่งชนิดของยวดยานสอดคล้องกับการจัดแบ่งของกรมทางหลวง

<u>ข้อเสีย</u>

- อาจมีความคลาดเคลื่อนอยู่ในเกณฑ์ที่สูงเนื่องจากมีช่วงเวลาในการพยากรณ์ยาวมาก และไม่สามารถพิจารณาผลกระทบเนื่องจากราคาน้ำมันในอนาคตที่แน่นอนได้

2. โครงการ Feasibility Study and Detailed Engineering Design for Provicial Road Improvement (PRI) พ.ศ.2523

ในการพยากรณ์ปริมาณการจราจรได้แบ่งการจราจรออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การจราจรที่ขนส่งผู้โดยสาร และการจราจรที่ขนส่งสินค้า โดยกำหนดให้อัตราการเพิ่มของการจราจรที่ขนส่งผู้โดยสารมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคม 3 ตัวแปร คือ จำนวนประชากร รายได้ประชาชาติ และมูลค่าการเดินทางขนส่ง โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (Elasticity) ในการปรับให้อัตราการเพิ่มของตัวแปรเหล่านี้มีความสอดคล้องกับอัตราการเพิ่มของการจราจร ส่วนอัตราการเพิ่มการจราจรที่ขนส่งสินค้ามีหลักการวิเคราะห์เช่นเดียวกัน แต่ใช้ตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมเพียง 1 ตัว คือ มูลค่าผลิตผลทางเกษตรกรรมเป็นหลัก

ข้อดี

- พิจารณาการจราจรทุกประเภท
- จัดแบ่งชนิดของยวดยานสอดคล้องกับการจัดแบ่งของกรมทางหลวง
- พิจารณาละเอียดถึงข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคมภายในบริเวณพื้นที่อิทธิพลของโครงการนั้น

ข้อเสีย

- พิจารณาเฉพาะปริมาณการจราจรบนเส้นทางเดิมยังไม่มีการพิจารณาถึงเส้นทางที่เสนอแนะหรือเส้นทางที่จะตัดใหม่

3. โครงการศึกษาและการวิเคราะห์ความเหมาะสมโครงการก่อสร้างและปรับปรุงทาง พ.ศ.2525

ในโครงการนี้ได้พิจารณาการจราจรทั้ง 4 ประเภท คือ

ก. อัตราการเพิ่มของการจราจรปกติ มีวิธีการวิเคราะห์ 2 วิธี คือ วิธีแรกใช้วิธีแนวโน้มของข้อมูลในอดีต โดยกำหนดให้มีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของจำนวนประชากร จำนวนยวดยาน รายได้เฉลี่ย และมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของภาคหรือจังหวัด และวิธีที่สอง คือ วิธีแบบจำลองแรงดึงดูดการเดินทางอย่างง่าย โดยใช้จำนวนประชากรในพื้นที่ย่อย และ

เวลาการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อยเป็นตัวแปรหลักของแบบจำลอง

ข. การจราจรที่เกิดขึ้นใหม่เนื่องจากความสะดวกและการจราจรที่เกิดจากการพัฒนา แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 วิธี คือ

- วิธีเปรียบเทียบกับสายทางใกล้เคียงที่ได้ทำการปรับปรุงแล้ว
- วิธีศึกษาการยืดหยุ่นของความต้องการในการเดินทาง ซึ่งคำนวณได้จากการใช้สัดส่วนของค่าใช้จ่ายในการใช้ยวดยานแต่ละชนิดที่ลดลง ค่าสัดส่วนนี้เป็นองค์ประกอบของรายได้และเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทาง

ค. การจราจรที่เปลี่ยนเส้นทาง ใช้ Diversion Curve ของ AASHO

<u>ข้อดี</u>

- วิเคราะห์ละเอียดถึงการจราจรทั้ง 4 ประเภท
- มีการพิจารณาถึงอิทธิพลของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมในการวิเคราะห์อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร

<u>ข้อเสีย</u>

- ในการพยากรณ์การจราจรที่เปลี่ยนเส้นทางอาจมีความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์ที่สูง เนื่องจากได้นำสมการ Diversion ที่ศึกษาไว้ในต่างประเทศมาประยุกต์ใช้

4. โครงการ Highway Sector Project (HSP) พ.ศ.2526

การพยากรณ์ปริมาณการจราจรในโครงการนี้ได้ตั้งสมมติฐานให้อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรสำหรับยวดยานแต่ละชนิดบนแต่ละสายทางมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเพิ่มของจำนวนประชากรในระดับประเทศ รายได้ประชาชาติ จำนวนประชากรในระดับจังหวัด และมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด โดยกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของรายได้ในการปรับให้อัตราการเพิ่มมีความสอดคล้องกัน นอกจากนี้ยังได้พิจารณาถึงอัตราการเพิ่มขององค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจร ได้แก่ อัตราการเพิ่มของยวดยานที่จดทะเบียน ยอดขายยวดยานต่าง ๆ อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และการสำรวจปริมาณการจราจรรายปีประกอบกันด้วย

ข้อดี

- วิเคราะห์อัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรละเอียดถึงระดับจังหวัด
- จัดแบ่งชนิดของยวดยานสอดคล้องกับการจัดแบ่งของ กรมทางหลวง
- พิจารณาถึงตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมที่มีอิทธิพลต่ออัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรละเอียดถึงในระดับจังหวัด และละเอียดถึงสายทางแต่ละสาย
- มีการเปรียบเทียบอัตราการเพิ่มของปริมาณการจราจรกับอัตราการเพิ่มขององค์ประกอบอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อการจราจร

ข้อเสีย

- เป็นการวิเคราะห์รวมของการจราจรทุกประเภท ไม่ได้ทำการแยกประเภทของการจราจรไว้

5. โครงการ Road Development Study in the Northern Region พ.ศ. 2524 และโครงการ Road Development Study in the Northeastern Region พ.ศ. 2526

การพยากรณ์ปริมาณการจราจรของโครงการทั้งสองนี้ได้แบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ

ก. วิธี Growth Rate Method เป็นวิธีที่นำมาใช้กับเส้นทางที่พิจารณาเฉพาะการจราจรปกติเป็นหลัก ไม่คำนึงถึงการจราจรที่เปลี่ยนเส้นทางหรือการจราจรที่เกิดขึ้นใหม่เนื่องจากความสะดวกมากนัก โดยได้แบ่งการวิเคราะห์อัตราการเพิ่มของการเดินทางออกเป็น 2 ลักษณะคือ การเดินทางของคนและการเดินทางของสินค้า โดยที่อัตราการเพิ่มของการเดินทางของคนกำหนดให้ขึ้นอยู่กับอัตราการเพิ่มของจำนวนประชากร รายได้ประชาชาติของภาค(GRP) และมูลค่าการคมนาคมขนส่ง โดยได้ทำการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น เพื่อปรับอัตราการเพิ่มของตัวแปรเหล่านี้ให้มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการเพิ่มของการเดินทาง ส่วนปริมาณการเดินทางของสินค้า ได้กำหนดให้มีความสัมพันธ์กับการเดินทางของคนในรูปของสมการ Exponential สำหรับการเดินทางของสินค้าที่ไม่ใช่ผลิตผลทางเกษตรกรรม และปริมาณการเดินทางของสินค้าที่เป็นผลทางเกษตรกรรม กำหนดให้มีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผลิตผลทางเกษตรกรรมในเขตพื้นที่อิทธิพลของถนนโครงการ

ข. วิธี Assignment Method เป็นวิธีที่นำมาใช้กับเส้นทางที่มีการพิจารณาถึงการจราจรที่เปลี่ยนแปลงเส้นทางและหรือการจราจรที่เกิดขึ้นใหม่เนื่องจากความสะดวกมีมาก วิธีนี้ได้ทำการศึกษาถึงปริมาณความต้องการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย โดยจะมีการสำรวจจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทางและพัฒนาแบบจำลองแรงดึงดูดการเดินทางอย่างง่ายอธิบายสภาพการเดินทางนี้ในปีฐาน โดยใช้ตัวแปรหลัก 2 ตัวแปรคือ จำนวนประชากรในพื้นที่ย่อยและเวลาในการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย และในการพยากรณ์ปริมาณการเดินทางไปในอนาคตได้ใช้วิธีสัมประสิทธิ์การเพิ่มเช่นเดียวกับวิธี Growth Rate Method และในการพยากรณ์ปริมาณการเดินทางของสินค้ามีวิธีการเช่นเดียวกับวิธี Growth Rate Method

<u>ข้อดี</u>

- พิจารณาละเอียดถึงการจราจรทั้ง 4 ประเภท
- พิจารณาถึงตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมที่มีอิทธิพลต่อการเพิ่มของปริมาณการจราจร
- เริ่มมีการนำแบบจำลองการคมนาคมขนส่งมาประยุกต์ใช้ ซึ่งน่าจะให้ผลที่ถูกต้องมากขึ้น

<u>ข้อเสีย</u>

- สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการสำรวจข้อมูลมาก เนื่องจากต้องทำการสำรวจจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทางเป็นจำนวนมาก
- การสำรวจจุดต้นทางจุดปลายทางอาจมีความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์สูง

6. โครงการ Road Development Study in the Central Region พ.ศ. 2532

การพยากรณ์ปริมาณการจราจรในโครงการนี้ได้นำแบบจำลองการคมนาคมขนส่งสมัยใหม่มาประยุกต์ใช้ โดยได้นำแบบจำลองแรงดึงดูดการเดินทาง (Gravity Model) มาดัดแปลงให้อยู่ในแบบที่ง่ายต่อการวิเคราะห์ โดยใช้ตัวแปรหลัก 2 ตัวแปรคือ จำนวนยวดยานที่จดทะเบียนภายในพื้นที่ย่อย และเวลาการเดินทางระหว่างพื้นที่ย่อย ซึ่งได้กำหนดพื้นที่ย่อยละเอียดถึงระดับอำเภอ นอกจากนี้ยังได้พิจารณาถึงปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นเป็นกรณีพิเศษจากโครงการพัฒนาชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกไว้ด้วย

ข้อดี

- ศึกษาปริมาณความต้องการเดินทางของพื้นที่ย่อยระดับอำเภอซึ่งมีความละเอียดมากขึ้น
- สามารถพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนเส้นทางที่เสนอแนะ หรือเส้นทางที่จะตัดใหม่ได้
- จัดแบ่งชนิดของยวดยานสอดคล้องกับการจัดแบ่งของ กรมทางหลวง
- มีการพิจารณาปริมาณการเดินทางที่เกิดขึ้นเป็นกรณีพิเศษด้วย นอกเหนือจากปริมาณการเดินทางในกรณีปกติ

ข้อเสีย

- ข้อมูลจำนวนยวดยานในพื้นที่ย่อยระดับอำเภอจะต้องประมาณขึ้น โดยใช้สัดส่วนของมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด ซึ่งอาจจะมีความผิดพลาดมาก และจะทำให้แบบจำลองแรงดึงดูดการเดินทางที่พัฒนาขึ้นเกิดความผิดพลาดตามไปด้วย

7. โครงการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ในการการพยากรณ์ปริมาณการจราจร ได้นำแบบจำลองการคมนาคมขนส่งในเมือง (Urban Transportation Modelling) มาประยุกต์ใช้กับโครงข่ายทางหลวงในภูมิภาค โดยได้ทำการประมาณตารางการเดินทางขึ้น โดยเทคนิคการประมาณตารางการเดินทางจากปริมาณการจราจร (Matrix Estimation from Traffic Count) โดยใช้พื้นที่ศึกษาในระดับประเทศ และจัดแบ่งพื้นที่ย่อยในระดับจังหวัด จากตารางการเดินทางและปริมาณการเดินทางที่จุดปลายในปีฐาน ได้นำมาพัฒนาแบบจำลองเพื่ออธิบายสภาพการเดินทางในปีปัจจุบัน โดยกำหนดให้มีความสัมพันธ์กับตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมที่มีความสัมพันธ์กับการเดินทางมาก ได้แก่ จำนวนประชากร มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด จำนวนยวดยานที่จดทะเบียนในที่นี้ใช้เฉพาะจำนวนรถยนต์นั่งส่วนบุคคลและรถปิคอัพ และมูลค่าการคมนาคมขนส่งและการสื่อสารของจังหวัด โดยได้พัฒนาแบบจำลองโดยวิธีสัมประสิทธิ์การเพิ่ม ซึ่งมีหลักการคือ กำหนดให้อัตราการเพิ่มของการเดินทางมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมข้างต้น และใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นในการปรับอัตราการเพิ่มให้มีความสัมพันธ์กันโดยตรง จากค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มนี้ ได้นำมาประมาณตารางการเดินทางในปีอนาคต และประยุกต์ใช้แบบจำลองการจัดเส้นทางการเดินทางในการจัดสรรปริมาณการเดินทางลงบนโครงข่ายทางหลวง โดยวิธี Equilibrium Assingnment โดยกำหนดให้ขึ้นอยู่กับเวลาในการ

เดินทางเพียงอย่างเดียว

ข้อดี

- ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายได้มากเนื่องจากไม่ต้องทำการสำรวจข้อมูลจุดต้นทางจุดปลายทางการเดินทาง หรือสำรวจเพียงเล็กน้อยเพื่อใช้เป็นข้อมูลตารางการเดินทางเริ่มต้นหรือเพื่อใช้ในการทดสอบความถูกต้องของตารางการเดินทางที่ได้ประมาณขึ้น
- สามารถพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนเส้นทางที่เสนอแนะหรือเส้นทางที่จะตัดแนวเส้นทางใหม่ได้
- เป็นวิธีที่ทำการวิเคราะห์ความต้องของการเดินทางที่ละเอียดถึงพื้นที่ย่อยระดับจังหวัด ซึ่งข้อมูลต่าง ๆ ในระดับจังหวัดมีการรวบรวมไว้โดยสมบูรณ์อยู่แล้ว จึงมีความสะดวกในการนำไปใช้งานได้มาก

ข้อเสีย

- เป็นการพยากรณ์รวมของการจราจรทุกประเภทที่เป็นการเดินทางระหว่างจังหวัด ซึ่งเป็นการจราจรที่เพิ่มขึ้นจากสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมที่เพิ่มขึ้นตามปกติ และยังไม่ได้ทำการแยกประเภทของการจราจรไว้
- สามารถพยากรณ์ปริมาณการจราจรได้เฉพาะทางหลวงสายหลักเท่านั้น ในกรณีของทางหลวงจังหวัด วิธีการนี้ยังไม่ครอบคลุมถึง เนื่องจากได้พัฒนาโครงข่ายทางหลวงเฉพาะเส้นทางสายหลักไว้เท่านั้น

จากการทบทวนผลงานที่ผ่านมาและการวิจัยในครั้งนี้พบว่าการพยากรณ์ปริมาณการจราจรบนทางหลวงมีหลักการส่วนใหญ่คล้ายกัน กล่าวคือ ได้นำตัวแปรด้านเศรษฐกิจและสังคมซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ จำนวนประชากร จำนวนยวดยานที่จดทะเบียน รายได้ และมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมของจังหวัด มาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับปริมาณการจราจร แต่ในส่วนของรายละเอียดเทคนิคและวิธีการพยากรณ์ จะมีความแตกต่างกันไปตามแนวสมมติฐานของแต่ละโครงการศึกษาดังกล่าวข้างต้น