

แบบจำลองการกระจายการเดินทาง

4.1 คำนำ

แบบจำลองการกระจายการเดินทาง เป็นการวิเคราะห์เพื่อที่จะจำลองปริมาณการเดินทางจากพื้นที่หนึ่ง (Zone) ไปยังพื้นที่อื่น ๆ (Zone) ให้อยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ ผลจากการจำลองจะทำให้ทราบถึงการกระจายของการเดินทางในพื้นที่ต่าง ๆ ในปัจจุบัน ซึ่งสามารถพยากรณ์การกระจายนี้ไปในอนาคตได้ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจพฤติกรรมและสภาพการณ์การเดินทางในอนาคต อันจะทำให้เข้าใจถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

การสร้างแบบจำลองการกระจายของการเดินทาง (4,6) สามารถทำได้หลายวิธีแต่ละวิธีก็มีทฤษฎีพื้นฐานที่แตกต่างกันไปแต่โดยทั่วไปแล้ว สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 วิธีใหญ่ ๆ

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

ในที่นี้เลือกใช้แบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลองนี้อธิบายการกระจายของการเดินทางที่เหมาะสมกับการจัดระบบพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ย่อย พร้อมทั้งนำค่าของเวลาในการเดินทางเข้ามาเป็นข้อพิจารณาเพื่อแยกแยะการกระจายของการเดินทาง ในเมืองขนาดเล็กที่มีเวลาในการเดินทางค่อนข้างแน่นอน การใช้แบบจำลองนี้ จะได้ผลอย่างมาก ประกอบกับแบบจำลองประเภทนี้ ได้รับการทดสอบในประเทศมาแล้วว่าใช้ได้เหมาะสม พร้อมทั้งแบบจำลองนี้มีการใช้งานมากที่สุด และมีแนวทางวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงให้มีความถูกต้องและแม่นยำเหมาะสมกับสภาพเมืองได้ง่าย แบบจำลองนี้เป็นการประยุกต์เอาทฤษฎีแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน (7) (Newton's law of Gravity) ซึ่งได้คิดค้นในปี ค.ศ. 1686 มาใช้ จากทฤษฎีนี้เอง ทำให้เกิดแนวความคิดในการนำเอามาประยุกต์ใช้ในการหาจำนวน การเดินทางระหว่างพื้นที่ต่าง ๆ แบบจำลองนี้ประกอบไปด้วย 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ทฤษฎีของแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง (Gravity Model Theory)
2. การวิเคราะห์เพื่อปรับแก้แบบจำลอง (Gravity Model Calibration)

การวิเคราะห์ได้แบ่งออก ดังนี้

- วิเคราะห์แบบจำลองการกระจายการเดินทางของคน
- วิเคราะห์แบบจำลองการกระจายการเดินทางของสินค้า

การศึกษาครั้งนี้ ได้ทดสอบแบบจำลองโดยใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรม สำหรับวางแผนการคมนาคมขนส่งในเมือง เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้เป็นเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

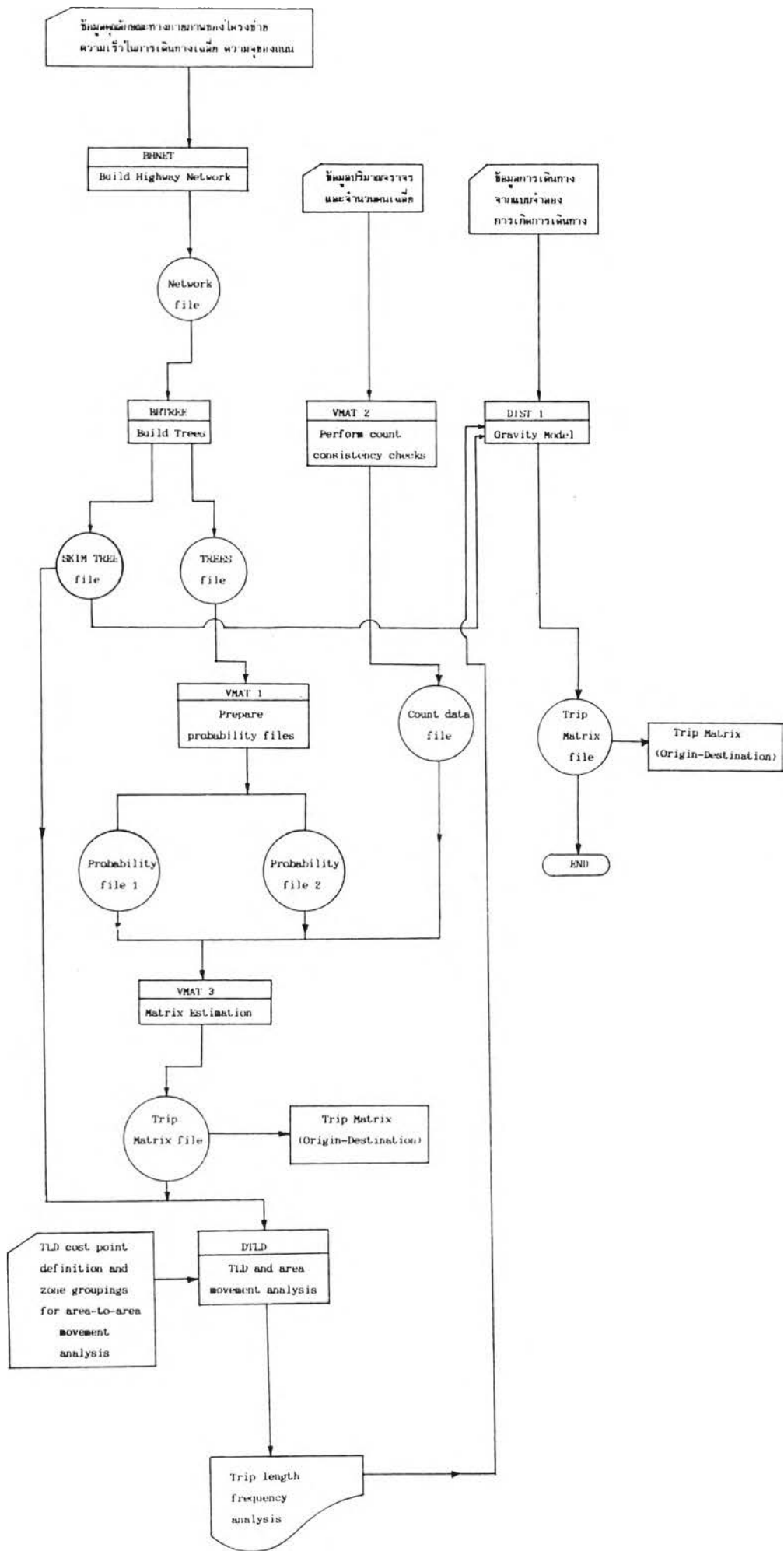
การวิเคราะห์ในส่วนนี้ เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาค่าตัวแปร และเพื่อจัดรูปแบบของข้อมูล ที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์แบบจำลอง (8) ดังรูปที่ 4.1 การวิเคราะห์ในส่วนนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของโครงข่าย
2. การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจร (Traffic Volume) และจำนวนคนเฉลี่ย (Average Passenger Occupancy)

4.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลคุณลักษณะทางกายภาพของโครงข่าย

การวิเคราะห์ในส่วนนี้ เพื่อที่จะหาเวลาในการเดินทางที่สั้นที่สุดพร้อมทั้งเส้นทางระหว่างพื้นที่ย่อย การวิเคราะห์สามารถทำได้โดยนำคุณลักษณะทางกายภาพที่ได้บันทึกลงแผ่นบันทึกข้อมูล (Diskettes) เรียบร้อยแล้วมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม BHNET และ BHTREE โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่สร้างโครงข่ายถนนในรูปของ Node และ Link และสร้างเส้นทางที่สั้นที่สุด ผลที่ได้จากการวิเคราะห์จะแยกออกเป็น 2 ส่วนคือ แนวเส้นทาง (Trees) และแนวเส้นทางที่แสดงด้วยเวลา (Skim Trees)

- 4.2.2 การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจร (Traffic Volume) และจำนวนคนเฉลี่ย (Average Passenger Occupancy)



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนในการวิเคราะห์แบบจำลองการกระจายการเดินทาง

เนื่องจาก การศึกษาชั้นตอนนี้ ศึกษาแบบจำลองการกระจายการเดินทางของคน และสินค้า (รถบรรทุก) โดยที่แบบจำลองการกระจายการเดินทางของคน มีหน่วยเป็น Person Trips ส่วนแบบจำลองการกระจายการเดินทางของสินค้า (รถบรรทุก) มีหน่วยเป็น Vehicle Trips แต่จากข้อมูลปริมาณจราจรที่เก็บตามถนนสายต่าง ๆ มีหน่วยเป็น Vehicles ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำให้การเดินทางของคนจากหน่วย Vehicle Trips ไปเป็น Person Trips โดยนำค่าจำนวนคนเฉลี่ย (Average Passenger Occupancy) ของยานพาหนะแต่ละประเภทคูณปริมาณจราจรแต่ละประเภทยานพาหนะนั้น ๆ รายละเอียดข้อมูลแสดงไว้ในตาราง 4.1 และ 4.2

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐาน

ผลจากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 4.2 จะถูกนำมาใช้เป็นข้อมูล เพื่อจะนำไปวิเคราะห์หาการกระจายของความเร็ว ในการเดินทาง ตามระยะเวลาในการเดินทาง การวิเคราะห์นี้กระทำโดยใช้โปรแกรม DTLD วิเคราะห์ความเร็วของระยะทางของการเดินทาง (Trip Length Distribution) โปรแกรมจะทำหน้าที่หาการกระจายของความเร็วของการเดินทาง พร้อมทั้งรายงานจำนวนร้อยละ ของแต่ละความเร็ว และแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟ ผลของการวิเคราะห์ แสดงอยู่ในตารางที่ 4.3 และ 4.4 และรูปที่ 4.2 และ 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปได้ว่ามูลค่าเวลาในการเดินทางเฉลี่ย สำหรับพื้นที่ศึกษามีค่าเท่ากับ 8.0770 นาที (คน) และ 8.1435 นาที (สินค้า)

4.4 การวิเคราะห์เพื่อสร้างและปรับแก้แบบจำลอง

การวิเคราะห์ในส่วนนี้ จะเป็นการวิเคราะห์ และปรับแก้ค่าของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่อยู่ในแบบจำลอง เพื่อให้ได้แบบจำลองที่เหมาะสมที่สุด ตัวพารามิเตอร์ที่สำคัญได้แก่ องค์ประกอบด้านเวลาที่มีผลต่อการเดินทาง (Friction Factor ; F-Factor) และองค์ประกอบปรับแก้จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ (Zone to Zone Adjustment Factor ; K-Factor)

การวิเคราะห์แบบจำลองแรงดึงดูดการเดินทาง (8) สามารถแบ่งออกได้ 2 ลักษณะคือ ลักษณะฟังก์ชันการกระจายแบบ Analytic (Analytic Distribution Function) และลักษณะฟังก์ชันการกระจายแบบ Empiric

ตารางที่ 4.1 ปริมาณจราจร (ADT) ตามทิศทางของแต่ละสถานีปริมาณจราจร

Sta.	Link	Date	Vehicle Types						
			PC	LB	HB	LT	MT	HT	MC
1	47-59	14/3/87	350	192	2	222	136	19	1103
1	47-59	16/3/87	442	190	3	63	120	12	1100
2	59-47	14/3/87	334	219	7	188	100	9	1268
2	59-47	16/3/87	490	221	6	99	116	16	1271
3	114-56	14/3/87	1213	189	85	333	147	162	2442
3	114-56	16/3/87	1199	212	77	220	113	95	2445
4	56-114	14/3/87	1184	210	78	389	145	173	2081
4	56-114	16/3/87	1329	188	86	371	179	240	2078
5	111-64	14/3/87	446	561	1	102	90	4	1200
5	111-64	16/3/87	356	608	1	137	104	5	1219
6	64-111	14/3/87	394	634	1	87	110	3	1181
6	64-111	16/3/87	416	587	1	121	95	2	1161
7	52-53	14/3/87	2313	866	151	615	242	239	2529
7	52-53	16/3/87	2294	840	152	659	239	248	2542
8	53-52	14/3/87	2430	684	161	673	225	232	2178
8	53-52	16/3/87	2607	710	160	470	228	223	2165
9	62-65	14/3/87	1394	1270	0	277	153	11	2976
9	62-65	16/3/87	1339	1211	12	232	155	8	3000
10	65-62	14/3/87	1074	1189	21	604	170	9	3167
10	65-62	16/3/87	1025	1248	9	752	168	12	3143
11	89-90	14/3/87	1070	230	43	231	77	236	482
11	89-90	16/3/87	989	218	46	253	77	239	516
12	90-89	14/3/87	1027	232	53	235	77	215	589
12	90-89	16/3/87	1022	244	50	299	77	212	555

ตารางที่ 4.2 ปริมาณจำนวนคนเฉลี่ย (Average Passenger Occupancy) ของยานพาหนะแต่ละประเภท

Vehicle Type	PC	LB	HB	LT	MT	HT	MC
Average Passenger Occupancy	2.01	4.48	19.63	2.02	2.15	1.75	1.47

ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์ความถี่ของระยะทาง ของการเดินทางของคน
จากข้อมูลพื้นฐาน

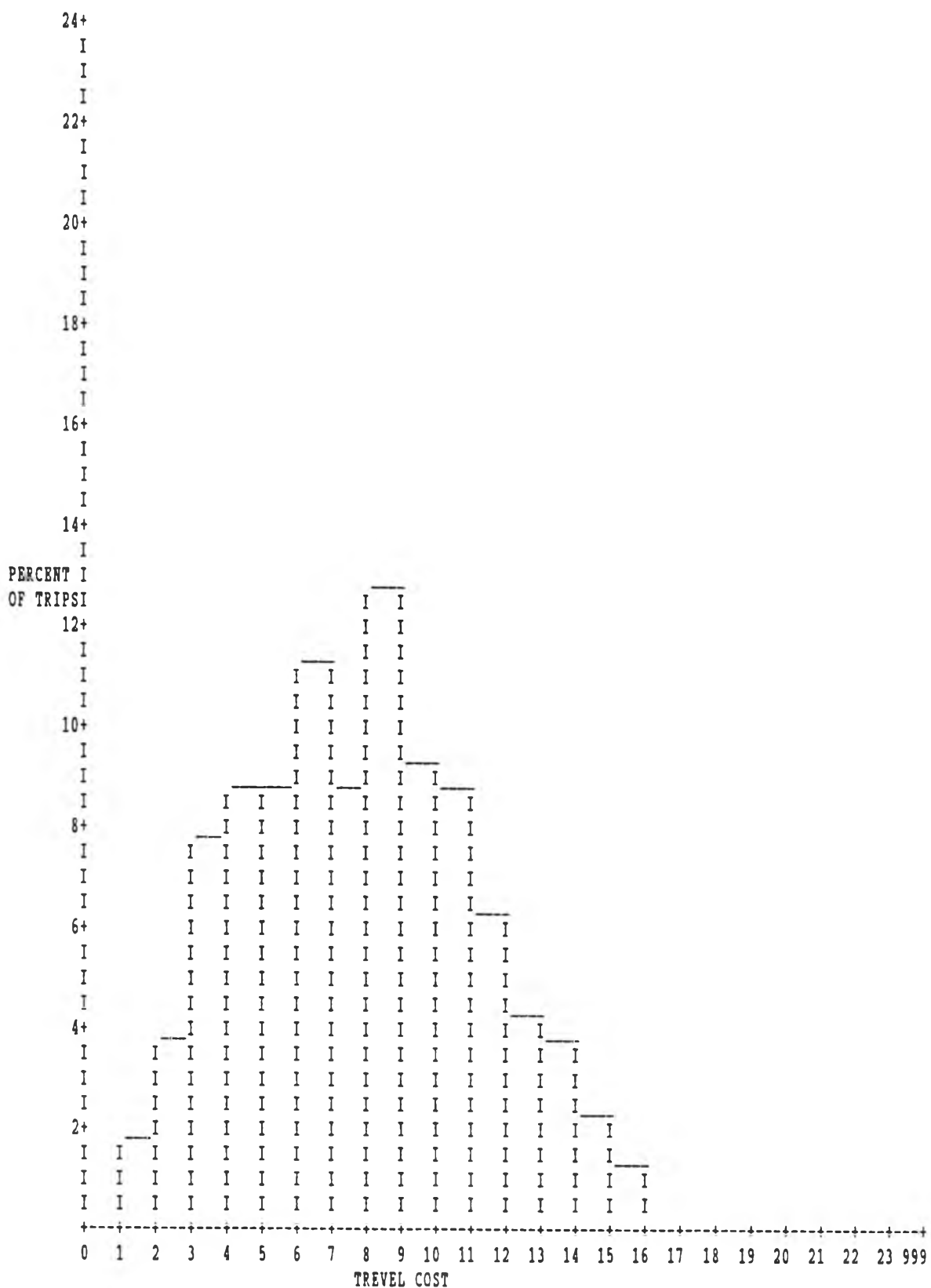
I	COST RANGE	I	TRIP IN RANGE	I	PERCENT TRIP IN RANGE	I	ACCUMULATED TRIPS	I	ACCUMULATED PERCENT	I
I	0 - 0	I	0	I	.00	I	0.	I	.00	I
I	0 - 1	I	0	I	.00	I	0.	I	.00	I
I	1 - 2	I	2332	I	1.58	I	2332.	I	1.58	I
I	2 - 3	I	5441	I	3.69	I	7773.	I	5.27	I
I	3 - 4	I	11116	I	7.54	I	18889.	I	12.81	I
I	4 - 5	I	12598	I	8.54	I	31487.	I	21.36	I
I	5 - 6	I	12918	I	8.76	I	44405.	I	30.12	I
I	6 - 7	I	16403	I	11.13	I	60808.	I	41.24	I
I	7 - 8	I	12657	I	8.58	I	73465.	I	49.83	I
I	8 - 9	I	18572	I	12.60	I	92037.	I	62.42	I
I	9 - 10	I	13652	I	9.26	I	105689.	I	71.68	I
I	10 - 11	I	13248	I	8.99	I	118937.	I	80.67	I
I	11 - 12	I	8955	I	6.07	I	127892.	I	86.74	I
I	12 - 13	I	6574	I	4.46	I	134466.	I	91.20	I
I	13 - 14	I	5848	I	3.97	I	140314.	I	95.17	I
I	14 - 15	I	3507	I	2.38	I	143821.	I	97.55	I
I	15 - 16	I	2188	I	1.48	I	146009.	I	99.03	I
I	16 - 17	I	619	I	.42	I	146628.	I	99.45	I
I	17 - 18	I	235	I	.16	I	146863.	I	99.61	I
I	18 - 19	I	577	I	.39	I	147440.	I	100.00	I
I	19 - 20	I	0	I	.00	I	147440.	I	100.00	I
I	20 - 21	I	0	I	.00	I	147440.	I	100.00	I
I	21 - 22	I	0	I	.00	I	147440.	I	100.00	I
I	22 - 23	I	0	I	.00	I	147440.	I	100.00	I
I	23 - 999	I	0	I	.00	I	147440.	I	100.00	I

TOTAL TRIP COST = 1190877 in units of 1.00
TOTAL TRIPS = 147442
AVERAGE TRIP COST = 8.0770

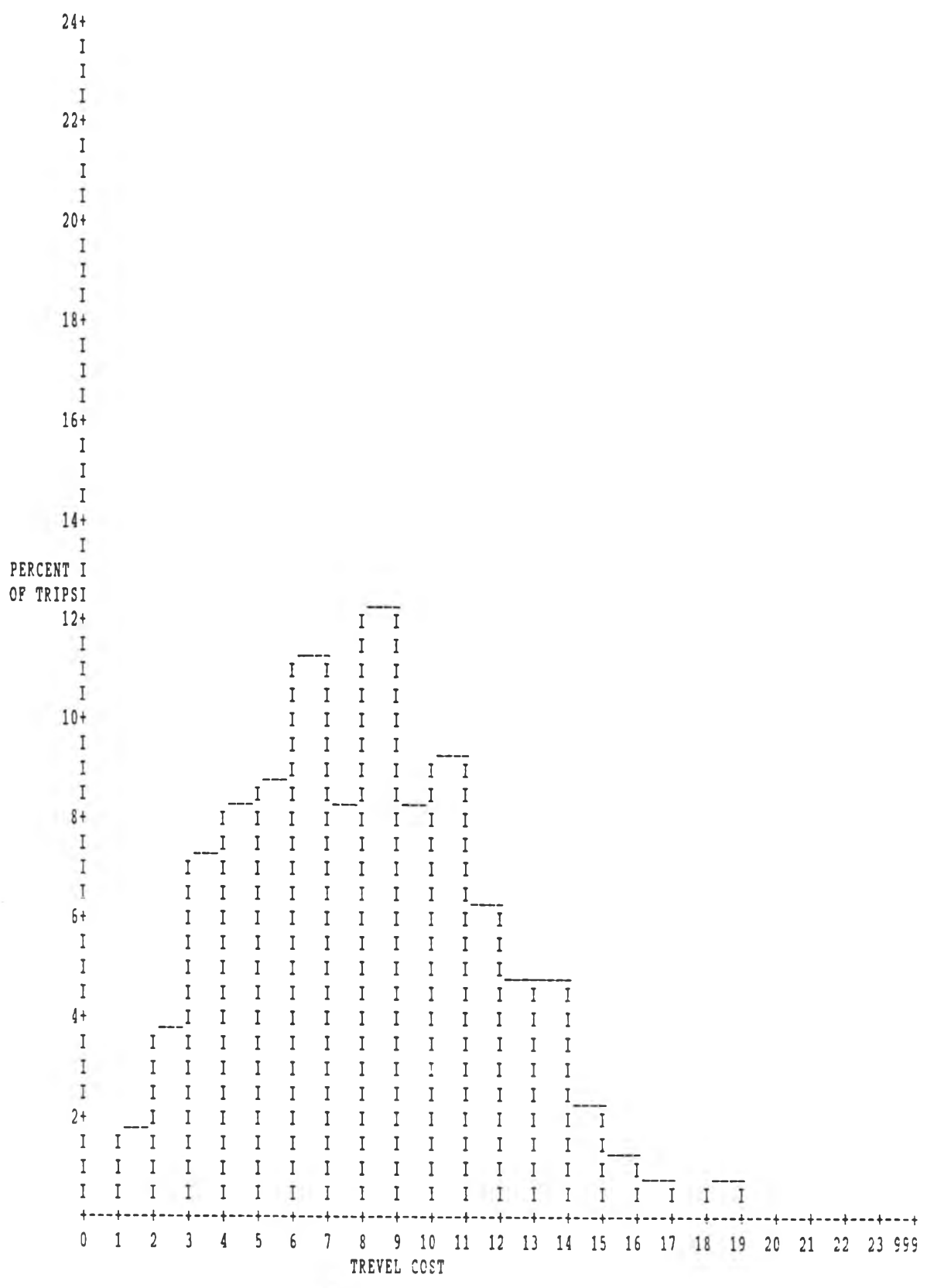
ตารางที่ 4.4 การวิเคราะห์ความถี่ของระยะทาง ของการเดินทางของสินค้า
จากข้อมูลพื้นฐาน

I	COST RANGE	I	TRIP IN RANGE	I	PERCENT TRIP IN RANGE	I	ACCUMULATED TRIPS	I	ACCUMULATED PERCENT	I
I	0 - 0	I	0	I	.00	I	0.	I	.00	I
I	0 - 1	I	0	I	.00	I	0.	I	.00	I
I	1 - 2	I	161	I	1.58	I	161.	I	1.58	I
I	2 - 3	I	377	I	3.70	I	538.	I	5.29	I
I	3 - 4	I	740	I	7.27	I	1278.	I	12.56	I
I	4 - 5	I	826	I	8.12	I	2104.	I	20.67	I
I	5 - 6	I	911	I	8.95	I	3015.	I	29.63	I
I	6 - 7	I	1167	I	11.47	I	4182.	I	41.09	I
I	7 - 8	I	860	I	8.45	I	5042.	I	49.54	I
I	8 - 9	I	1248	I	12.26	I	6290.	I	61.81	I
I	9 - 10	I	816	I	8.02	I	7106.	I	69.82	I
I	10 - 11	I	950	I	9.33	I	8056.	I	79.16	I
I	11 - 12	I	611	I	6.00	I	8667.	I	85.16	I
I	12 - 13	I	497	I	4.83	I	9164.	I	90.05	I
I	13 - 14	I	476	I	4.63	I	9640.	I	94.72	I
I	14 - 15	I	252	I	2.48	I	9892.	I	97.20	I
I	15 - 16	I	150	I	1.47	I	10042.	I	98.67	I
I	16 - 17	I	53	I	.52	I	10095.	I	99.19	I
I	17 - 18	I	19	I	.19	I	10114.	I	99.38	I
I	18 - 19	I	63	I	.62	I	10177.	I	100.00	I
I	19 - 20	I	0	I	.00	I	10177.	I	100.00	I
I	20 - 21	I	0	I	.00	I	10177.	I	100.00	I
I	21 - 22	I	0	I	.00	I	10177.	I	100.00	I
I	22 - 23	I	0	I	.00	I	10177.	I	100.00	I
I	23 - 999	I	0	I	.00	I	10177.	I	100.00	I

TOTAL TRIP COST = 82876 in units of 1.00
TOTAL TRIPS = 10177
AVERAGE TRIP COST = 8.1435



รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ความถี่ของระยะทางของการเดินทางของคน จากข้อมูลพื้นฐาน



รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์ความถี่ของระยะทางของการเดินทางของสินค้า จากข้อมูลพื้นฐาน

(Empiric Distribution Function) ในที่นี้ เพื่อความเหมาะสมของการศึกษา ได้เลือกใช้วิธีฟังก์ชันการกระจายแบบ Analytic

4.4.1 การหาค่าองค์ประกอบที่ใช้ในการปรับแก้จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ (Developing Zone to Zone Adjustment Factor ; K_{1j})

ค่า K_{1j} นี้ในการศึกษา เพื่อนำมาใช้ในแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทางบางพื้นที่ จะมีความจำเป็นมาก ที่ต้องใช้ค่า K_{1j} แต่ในบางพื้นที่ค่า K_{1j} จะไม่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ต้องคำนึงถึง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพทางเศรษฐกิจของพื้นที่ สภาพการใช้ที่ดิน และขนาดของพื้นที่ที่ทำการการศึกษา โดยทั่ว ๆ ไปแล้วพื้นที่ทำการศึกษาที่ใหญ่หรือประกอบด้วย สถานที่ทำงาน ร้านค้า หรือมีชนิดของการใช้ที่ดินมาก พื้นที่ลักษณะนี้จำเป็นที่จะต้องหาค่า K_{1j} ส่วนในพื้นที่ศึกษาเล็ก ๆ โดยทั่วไปไม่จำเป็นต้องหา

การหาค่า K_{1j} สามารถกระทำได้โดยใช้สมการ ข้างล่างนี้

$$K_{1j} = \frac{R_{1j}}{(1 - X_1 R_{1j})} \quad (4.1)$$

K_{1j} = องค์ประกอบที่ใช้ในการปรับแก้จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j

R_{1j} = อัตราส่วนของการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และ j ที่ได้จากการสำรวจ และการเดินทางที่ได้จากแบบจำลอง

X_1 = อัตราส่วนของการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และ j ที่ได้จากการสำรวจ และการเดินทางทั้งหมดที่เกิดที่พื้นที่ i

เนื่องจาก การศึกษาดังนี้ ศึกษาในพื้นที่ขนาดเล็ก และขีดจำกัดด้านเงินทุนวิจัย จึงให้ค่า K_{1j} มีค่าเท่ากับ 1 ทุกคู่พื้นที่

4.4.2 การวิเคราะห์เพื่อปรับแก้ค่าองค์ประกอบที่มีผลต่อการเดินทาง (F-Factor)

ในขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์ จำเป็นต้องกำหนดค่าของ F-Factor แต่ละค่าของ impedance ก่อน (ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ค่าเวลา เป็นค่า impedance) ค่าของ F-Factor เริ่มต้นสามารถกำหนดได้ 2 วิธีคือ ให้มีค่าเท่ากับ 1 หมดทุกค่า impedance หรือกำหนดให้เท่ากับ F-factor ของเมืองอื่นที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ในการศึกษาครั้งนี้ จะใช้ค่า F-Factor เริ่มต้นเท่ากับ 1 หมด สำหรับทุกค่า impedance

เมื่อกำหนดค่า F-Factor เริ่มต้นเรียบร้อยแล้วก็จะทำการคำนวณการกระจายของการเดินทางในแต่ละคู่พื้นที่ โดยแทนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง การกระจายการเดินทางที่คำนวณได้จะถูกนำมาจัดเป็นกลุ่มตามเวลา ที่ใช้ในการเดินทางระหว่างพื้นที่ เพื่อหาจำนวนการเดินทางรวมในแต่ละช่วงเวลาการเดินทาง ซึ่งก็คือ การกระจายความถี่การเดินทางตามเวลาในการเดินทาง (Trip Length Frequency Distribution) นั้นเอง แล้วจึงนำการกระจายนี้มาเปรียบเทียบกับที่เกิดขึ้นจริง จากนั้นก็ทำการปรับแก้ค่า F-Factor ของแต่ละช่วงเวลาในการเดินทาง โดยค่า F-Factor ค่าใหม่จะหาได้จากวิธีฟังก์ชันการกระจายแบบ Analytic

4.4.3 ฟังก์ชันการกระจายแบบ Analytic

ฟังก์ชันนี้เป็นลักษณะการวิเคราะห์ประเภท negative exponential distribution โดยที่ negative exponential distribution (9) เป็นการทดลองซ้ำ ๆ กัน โดยที่การทดลองแต่ละครั้งเป็นอิสระซึ่งกันและกัน และผลของการทดลองต้องการแต่เพียงโอกาสความน่าจะเป็น ที่ได้รับความสำเร็จเป็นครั้งที่ k ในการกระทำครั้งที่ x ฟังก์ชันการกระจายแบบ Analytic จะอยู่ในรูปสมการ

$$F(C_{ij}) = C_{ij}^{\lambda} \exp(-\beta C_{ij}) \tag{4.2}$$

$F(C_{ij})$ = ฟังก์ชันการกระจายแบบ Analytic
 C_{ij} = มูลค่าการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j
 λ, β = ค่าคงที่ ≤ 0

การคำนวณค่า β โปรแกรมจะทำการประมาณค่าไปเรื่อย ๆ ตลอดการปรับแก้แบบจำลองตามรูปสมการ ดังนี้

$$\beta_2 = \frac{\beta_1 - C_1}{C_0} \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \text{ค่ากำหนดเริ่มต้นของ } \beta \\ C_1 &= \text{มูลค่าการเดินทางเฉลี่ยที่ประมาณค่าได้โดยการ} \\ &\quad \text{ใช้ค่า } \beta_1 \\ C_0 &= \text{มูลค่าการเดินทางเฉลี่ยที่ได้จากการสังเกต} \end{aligned}$$

อย่างไรก็ตาม สมการ 4.3 ใช้สำหรับการปรับแบบจำลองรอบแรกเท่านั้น การปรับแบบจำลอง ในรอบต่อ ๆ ไปค่า β จะปรับได้จากสมการ 4.4 ดังนี้

$$\beta_{m+1} = \frac{[(C_0 - C_{m-1}) \beta_m - (C_0 - C_m) \beta_{m-1}]}{(C_m - C_{m-1})} \quad (4.4)$$

$$\begin{aligned} \beta_m &= \text{ค่า } \beta \text{ ที่ได้จากการปรับแบบจำลองรอบที่ } m \\ C_0 &= \text{มูลค่าการเดินทางเฉลี่ยที่ได้จากการสังเกต} \\ C_m &= \text{มูลค่าการเดินทางเฉลี่ยที่ประมาณค่าได้โดยการ} \\ &\quad \text{ใช้ค่า } \beta_m \text{ ของการปรับแบบจำลองรอบที่ } m \end{aligned}$$

การปรับแก้จะกระทำเป็นรอบ ๆ ไปจนได้ค่าเป็นที่พอใจ

4.4.4 การวิเคราะห์หาการกระจายของการเดินทางจากแบบจำลอง

เมื่อคำนวณค่า $F_{ij}(C_{ij})$ ของแต่ละค่า impedance (ช่วงเวลาที่ใช้ในการเดินทาง) ได้ผลเปรียบเทียบเป็นที่น่าพอใจแล้ว การวิเคราะห์ต่อไป จะเป็นการวิเคราะห์หาการกระจายของการเดินทางของแต่ละคู่พื้นที่ จากแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง ซึ่งก็คือ

$$\begin{aligned} T_{ij} &= P_i A_j F_{ij}(C_{ij}) K_{ij} r_i s_j \quad (4.5) \\ T_{ij} &= \text{จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ } i \text{ และพื้นที่ } j \\ P_i &= \text{จำนวนการเกิดการเดินทางของพื้นที่ } i \\ A_j &= \text{จำนวนการดึงดูดการเดินทางของพื้นที่ } j \end{aligned}$$

- $F_{i,j} (.) =$ องค์ประกอบที่มีผลต่อการเดินทางของการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j
- $C_{i,j} =$ มูลค่าการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j
- $K_{i,j} =$ องค์ประกอบปรับแก้จำนวนการเดินทางระหว่างพื้นที่ i และพื้นที่ j ซึ่งในการศึกษารุ่นนี้ให้เท่ากับ 1 ทุกคู่พื้นที่เดินทาง
- $r_i =$ แพลตฟอร์มของแถว (Row) ใน Trip Matrix เพื่อปรับจำนวนการเกิดการเดินทาง โดยที่
- $$\sum_{j=1}^n T_{ij} = P_i$$
- $s_j =$ แพลตฟอร์มของแถวตามหลัก (Column) ใน Trip Matrix เพื่อปรับจำนวนการดึงดูดการเดินทาง โดยที่
- $$\sum_{i=1}^n T_{ij} = A_j$$

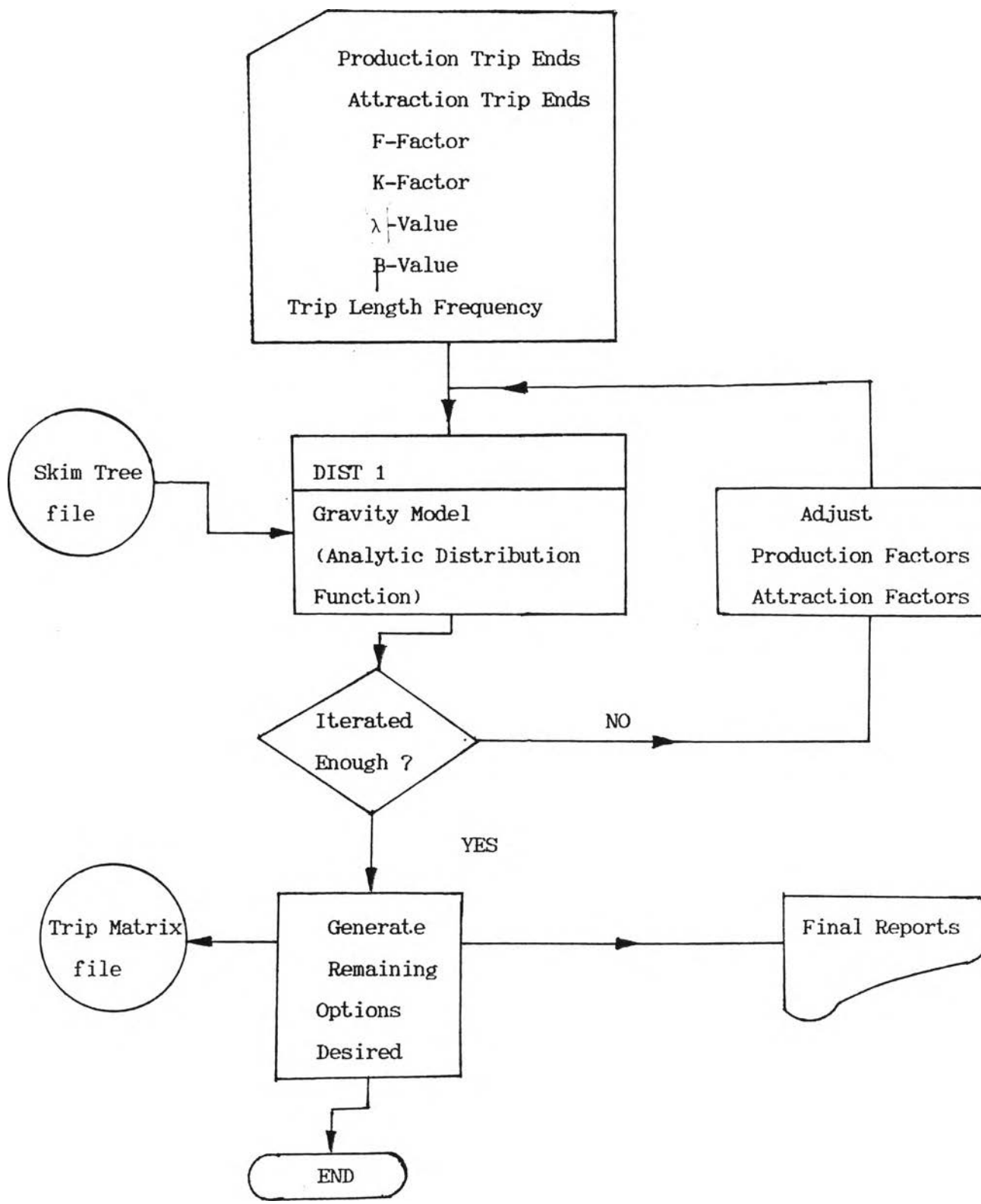
แพลตฟอร์ม r_i และ s_j โปรแกรมจะทำการคำนวณให้เองในการปรับแบบจำลองแต่ละรอบ

การวิเคราะห์ในส่วนนี้ สามารถกระทำได้โดยใช้โปรแกรม DIST 1 ประเภทแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง (Gravity Model Program) ซึ่งแผนภูมิการทำงาน แสดงอยู่ในรูป 4.4

4.5 ผลการวิเคราะห์แบบจำลอง

จากการวิเคราะห์เพื่อปรับแก้ค่าตัวแปรที่จะใช้ในแบบจำลอง และการวิเคราะห์เพื่อปรับแก้จำนวนการเดินทางของแต่ละพื้นที่ ที่ได้จากแบบจำลอง สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. มูลค่าการเดินทางของคน และสินค้ามีค่าเท่ากับ 8.0743 นาที และ 12.4821 นาที ตามลำดับ
2. จำนวนการเดินทางรวมทั้งหมด (Total Trips) ของคนและสินค้าเท่ากับ 136,967 Trips และ 6,111 Trips ตามลำดับ
3. ตารางการเดินทางของคนและสินค้า ที่คำนวณได้จากแบบจำลอง จะเป็นตารางการเดินทางชนิด Production-Attraction และ Origin-Destination ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 แผนภูมิการทำงานของโปรแกรมแบบจำลองแรงดึงดูดของการเดินทาง

รายละเอียดของผลการวิเคราะห์ แสดงไว้ในตารางที่ 4.5 ถึง 4.12
และรูป 4.5 และ 4.6

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์การปรับจำนวนการเดินทางของคนจากแบบจำลอง

ZONE	INPUT GENERATIONS	COMPUTED GENERATIONS	INPUT ATTRACTIONS	COMPUTED ATTRACTIONS	RATIO
1	2409	2409	2853	2853	1.000
2	3367	3367	5363	5363	1.000
3	2966	2966	4417	4417	1.000
4	3274	3274	4507	4607	1.000
5	3187	3187	5359	5359	1.000
6	2190	2190	5336	5336	1.000
7	3389	3389	4688	4688	1.000
8	5346	5346	6479	6479	1.000
9	2740	2740	3631	3631	1.000
10	5462	5462	8294	8294	1.000
11	4434	4434	7165	7165	1.000
12	1003	1003	1722	1722	1.000
13	2040	2040	2629	2629	1.000
14	6031	6031	9766	9766	1.000
15	6053	6053	7897	7897	1.000
16	4701	4701	5202	5202	1.000
17	1331	1331	992	992	1.000
18	2528	2528	2143	2143	1.000
19	3375	3375	4072	4072	1.000
20	4953	4953	5959	5959	1.000
21	1755	1755	2409	2409	1.000
22	1654	1654	1224	1224	1.000
23	939	939	1173	1173	1.000
24	3177	3177	4819	4819	1.000
25	6528	6528	9155	9155	1.000
26	16138	16138	10717	10717	1.000
27	2538	2538	3692	3692	1.000
28	33459	33459	7005	7005	1.000
TOTAL	136967	136967	136968	136967	1.000

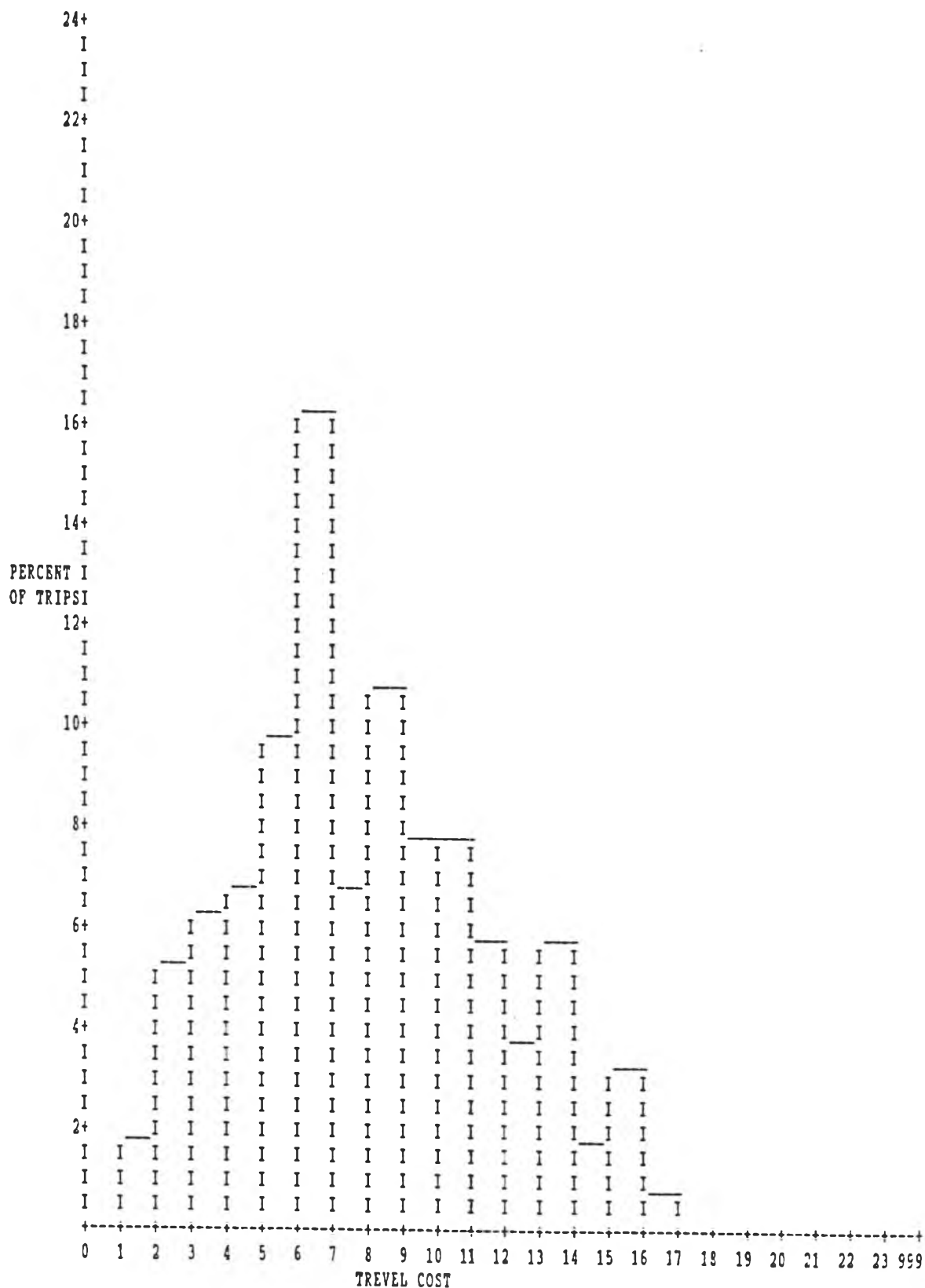
ตารางที่ 4.6 ค่าแฟคเตอร์ของแถวและแถวตามสีของ Trip Matrix ของคน
จากแบบจำลอง

ZONE	ROW FACTOR	COLUMN FACTOR
=====	=====	=====
1	214.585	0.409
2	300.786	0.814
3	313.877	0.781
4	306.492	0.719
5	310.6	0.809
6	238.132	0.534
7	340.146	0.679
8	916.932	1.832
9	661.381	1.593
10	594.21	1.526
11	742.243	2.087
12	198.069	0.6
13	233.948	0.506
14	868.258	2.369
15	704.938	1.558
16	554.097	1.031
17	266.777	0.282
18	377.277	0.457
19	385.504	0.722
20	558.352	1.039
21	221.558	0.422
22	229.705	0.212
23	116.921	0.195
24	436.817	0.781
25	1154.579	1.862
26	4060.918	4.712
27	627.163	1.315
28	8778.308	3.485
=====	=====	=====

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ความถี่ของระยะทางของการเดินทางของคน
จากแบบจำลอง

I	COST RANGE	I	TRIP IN RANGE	I	PERCENT TRIP IN RANGE	I	ACCUMULATED TRIPS	I	ACCUMULATED PERCENT	I
I	0 - 0	I	0	I	.00	I	0.	I	.00	I
I	0 - 1	I	0	I	.00	I	0.	I	.00	I
I	1 - 2	I	2540	I	1.85	I	2540.	I	1.85	I
I	2 - 3	I	6922	I	5.05	I	9462.	I	6.91	I
I	3 - 4	I	8327	I	6.08	I	17789.	I	12.99	I
I	4 - 5	I	9447	I	6.90	I	27236.	I	19.89	I
I	5 - 6	I	13335	I	9.74	I	40571.	I	29.62	I
I	6 - 7	I	22440	I	16.38	I	63011.	I	46.00	I
I	7 - 8	I	9361	I	6.83	I	72372.	I	52.84	I
I	8 - 9	I	14690	I	10.73	I	87062.	I	63.56	I
I	9 - 10	I	10532	I	7.69	I	97594.	I	71.25	I
I	10 - 11	I	10856	I	7.93	I	108450.	I	79.18	I
I	11 - 12	I	7926	I	5.79	I	116376.	I	84.97	I
I	12 - 13	I	4840	I	3.53	I	121216.	I	88.50	I
I	13 - 14	I	7759	I	5.66	I	128975.	I	94.17	I
I	14 - 15	I	2567	I	1.87	I	131542.	I	96.04	I
I	15 - 16	I	4457	I	3.25	I	135999.	I	99.29	I
I	16 - 17	I	741	I	.54	I	136740.	I	99.83	I
I	17 - 18	I	26	I	.02	I	136766.	I	99.85	I
I	18 - 19	I	201	I	.15	I	136967.	I	100.00	I
I	19 - 20	I	0	I	.00	I	136967.	I	100.00	I
I	20 - 21	I	0	I	.00	I	136967.	I	100.00	I
I	21 - 22	I	0	I	.00	I	136967.	I	100.00	I
I	22 - 23	I	0	I	.00	I	136967.	I	100.00	I
I	23 - 999	I	0	I	.00	I	136967.	I	100.00	I

TOTAL TRIP COST = 1105911 in units of 1.00
TOTAL TRIPS = 136967
AVERAGE TRIP COST = 8.0743



รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ความถี่ของการเดินทางของคนจากแบบจำลอง

ตารางที่ 4.8 ตารางการเดินทางของคนจากแบบจำลอง

GENERATION ZONE \ ATTRACTION ZONE MATRIX PRINT OUT IN UNITS OF 1.00

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	TOTAL
1	0	110	91	101	132	65	101	157	63	166	140	14	31	175	111	82	12	29	77	121	33	15	18	67	130	146	59	153	2409
2	78	0	181	155	135	66	93	136	93	228	220	37	62	403	220	163	15	36	97	152	42	15	18	68	133	291	74	157	3367
3	70	197	0	140	121	60	83	122	78	191	184	37	62	216	221	164	13	32	87	137	38	14	16	62	120	292	67	142	2966
4	82	179	148	0	162	70	98	144	91	224	216	30	50	254	180	133	20	48	130	205	56	19	19	72	141	237	99	166	3274
5	96	140	116	146	0	96	133	195	80	207	189	23	39	222	141	104	18	43	116	182	50	25	31	98	192	189	89	226	3187
6	55	80	66	73	111	0	123	132	46	139	108	13	23	127	80	59	10	23	56	97	37	25	21	101	197	106	69	233	2190
7	96	125	104	115	174	138	0	257	87	272	169	21	35	199	126	93	13	32	88	151	51	32	32	162	277	166	67	326	3389
8	149	187	155	172	259	145	257	0	328	451	430	58	53	297	188	139	20	49	131	206	62	33	40	150	291	249	100	344	5346
9	50	104	80	89	86	42	73	273	0	305	394	77	54	185	133	73	9	23	62	98	27	10	12	44	85	204	47	101	2740
10	123	240	185	205	214	120	212	662	286	0	675	51	63	425	224	166	22	53	142	224	62	27	33	123	240	296	109	283	5462
11	101	211	163	180	175	86	120	306	338	617	0	60	55	374	197	146	19	46	125	197	54	20	23	89	172	260	96	204	4134
12	11	33	30	23	20	10	14	38	61	43	56	0	46	142	114	63	4	8	14	23	6	2	3	10	20	175	11	23	1002
13	27	77	71	55	48	23	33	48	60	75	72	65	0	251	243	149	10	19	34	54	15	5	6	24	47	447	26	55	2040
14	122	399	197	219	212	104	145	214	163	400	386	157	199	0	423	270	23	56	152	239	66	24	28	107	209	751	116	247	6031
15	95	270	249	191	166	82	114	167	145	260	251	156	238	1016	0	522	28	52	119	187	52	19	22	44	164	1120	91	193	6053
16	84	237	219	168	146	72	100	147	95	229	220	102	174	396	620	0	20	39	104	165	45	16	19	74	144	818	80	170	4701
17	21	36	30	43	43	20	25	37	21	51	49	12	21	58	58	36	0	58	63	65	32	11	10	22	62	334	58	76	1331
18	45	77	64	92	90	43	54	79	44	108	104	20	34	122	95	51	0	133	137	68	23	22	22	46	89	547	122	161	2528
19	80	137	113	163	161	68	95	140	78	191	184	23	39	217	138	102	35	46	0	244	85	29	28	70	137	380	153	201	3375
20	127	218	180	258	255	117	163	222	124	304	293	36	61	345	218	162	37	91	245	0	107	49	55	120	234	402	188	344	4953
21	35	60	49	71	70	44	54	67	34	83	80	10	17	95	60	44	18	43	84	106	0	23	23	47	91	192	91	164	1755
22	31	44	37	49	70	61	68	73	25	77	60	7	13	70	45	33	12	30	58	99	48	0	27	69	127	133	63	229	1654
23	20	29	24	27	49	28	39	48	17	51	39	5	8	46	29	22	7	16	31	61	26	15	0	30	59	71	34	106	939
24	71	103	86	95	143	127	159	170	59	180	139	17	29	164	104	77	13	31	72	125	50	34	24	0	355	137	65	543	3177
25	153	223	185	205	309	274	342	368	127	389	301	37	63	354	224	166	28	67	156	270	108	73	61	393	0	296	141	1215	6528
26	240	678	627	480	417	205	246	420	421	655	631	456	433	1767	2134	1312	304	571	613	633	315	106	103	211	412	0	564	743	16138
27	55	94	78	111	110	53	65	96	53	131	126	16	26	149	94	70	29	69	134	167	84	28	28	57	111	307	0	199	2538
28	736	1071	887	982	1483	1316	1642	1763	610	1867	1442	174	302	1698	1076	796	202	492	951	1614	788	533	446	2443	4937	2171	1033	0	33459
TOTAL	2853	5363	4417	4607	5359	3536	4688	6479	3631	8294	7165	1722	2629	9766	7897	5202	992	2143	4072	5959	2409	1224	1173	4819	9155	10717	3692	7005	136967

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์การปรับจำนวนการเดินทางของสินค้า
จากแบบจำลอง

ZONE	INPUT	COMPUTED	INPUT	COMPUTED	RATIO
	GENERATIONS	GENERATIONS	ATTRACTIONS	ATTRACTIONS	
1	82	82	79	79	1.000
2	171	171	163	163	1.000
3	135	135	129	129	1.000
4	203	203	194	194	1.000
5	223	223	213	213	1.000
6	0	0	0	0	1.000
7	5	5	5	5	1.000
8	35	35	38	38	1.000
9	477	477	488	488	1.000
10	275	275	283	283	1.000
11	29	29	29	29	1.000
12	11	11	11	11	1.000
13	9	9	10	10	1.000
14	51	51	55	55	1.000
15	0	0	0	0	1.000
16	3	3	4	4	1.000
17	36	36	37	37	1.000
18	26	26	26	26	1.000
19	11	11	12	12	1.000
20	7	7	6	6	1.000
21	14	14	14	14	1.000
22	15	15	14	14	1.000
23	10	10	10	10	1.000
24	18	18	20	20	1.000
25	67	67	73	73	1.000
26	862	862	969	969	1.000
27	1076	1076	969	969	1.000
28	2260	2260	2260	2260	1.000
TOTAL	6111	6111	6111	6111	1.000

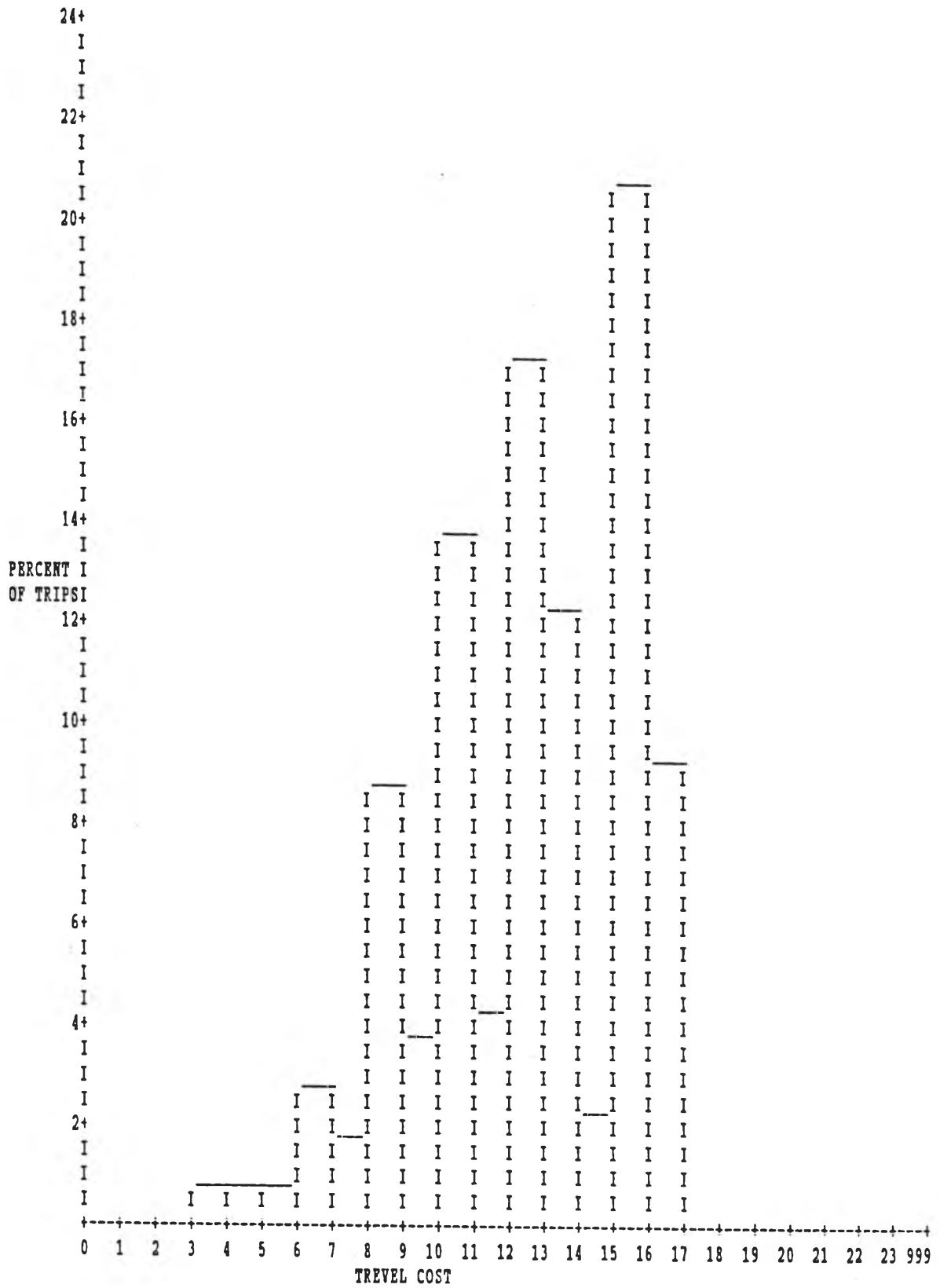
ตารางที่ 4.10 ค่าแฟคเตอร์ของแถวและแถวตามลิกของ Trip Matrix
ของสินค้า จากแบบจำลอง

ZON3	ROW FACTOR	COLUMN FACTOR
=====	=====	=====
1	2.810	0.306
2	6.017	0.649
3	4.811	0.520
4	7.154	0.773
5	7.796	0.842
6	0.000	0.000
7	0.169	0.019
8	1.284	0.157
9	19.790	2.287
10	10.043	1.166
11	1.073	0.121
12	0.429	0.049
13	0.330	0.041
14	1.881	0.229
15	0.000	0.000
16	0.108	0.016
17	1.331	0.155
18	0.924	0.104
19	0.382	0.047
20	0.241	0.023
21	0.480	0.054
22	0.512	0.054
23	0.341	0.039
24	0.610	0.077
25	2.337	0.288
26	37.814	4.740
27	45.636	4.710
28	190.759	21.551
=====	=====	=====

ตารางที่ 4.11 การวิเคราะห์ความถี่ของระยะทางการเดินทางของสินค้า
จากแบบจำลอง

COST RANGE	TRIP IN RANGE	PERCENT TRIP IN RANGE	ACCUMULATED TRIPS	ACCUMULATED PERCENT
0 - 0	0	.00	0.	.00
0 - 1	0	.00	0.	.00
1 - 2	19	.31	19.	.31
2 - 3	29	.47	48.	.78
3 - 4	56	.92	104.	1.70
4 - 5	31	.51	135.	2.21
5 - 6	39	.64	174.	2.85
6 - 7	177	2.89	351.	5.74
7 - 8	96	1.57	447.	7.31
8 - 9	545	8.91	992.	16.22
9 - 10	220	3.60	1212.	19.82
10 - 11	833	13.62	2045.	33.44
11 - 12	263	4.30	2308.	37.74
12 - 13	1066	17.43	3374.	55.18
13 - 14	758	12.40	4132.	67.57
14 - 15	150	2.45	4282.	70.02
15 - 16	1264	20.67	5546.	90.70
16 - 17	554	9.06	6100.	99.75
17 - 18	3	.05	6103.	99.80
18 - 19	12	.20	6115.	100.00
19 - 20	0	.00	6115.	100.00
20 - 21	0	.00	6115.	100.00
21 - 22	0	.00	6115.	100.00
22 - 23	0	.00	6115.	100.00
23 - 999	0	.00	6115.	100.00

TOTAL TRIP COST = 76328 in units of 1.00
TOTAL TRIPS = 6111
AVERAGE TRIP COST = 12.4821



รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์ความถี่ของระยะทางการเดินทางของสินค้าจากแบบจำลอง

ตารางที่ 4.12 ตารางการเดินทางของสินค้าจากแบบจำลอง

GENERATION ZONE \ ATTRACTION ZONE MATRIX PRINT OUT IN UNITS OF 1.00

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	TOTAL	
1	0	2	1	2	2	6	0	0	5	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	10	45	82	
2	2	0	3	4	4	0	0	1	10	6	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	21	21	93	171	
3	1	3	0	3	3	0	0	1	8	5	0	0	0	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	2	25	24	111	203	
4	2	4	3	0	5	0	0	1	12	7	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	26	27	125	223	
5	2	4	3	5	0	0	0	1	13	7	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	5	
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	19	35	
8	0	1	1	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	61	272	477	
9	4	9	7	11	12	0	0	2	0	10	2	1	1	3	0	0	2	1	1	1	1	1	1	1	2	33	34	153	275	
10	3	5	4	7	7	0	0	1	10	0	1	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	3	16	29	
11	0	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	11	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	9	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	6	27	51	
14	0	1	1	1	1	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	19	36	
17	0	1	0	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	14	26	
18	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	11	
19	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	7	
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	8	14	
21	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	9	15	
22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	6	10	
23	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	10	18	
24	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	8	39	67	
25	1	1	1	1	2	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	4	3	1	1	2	1	1	1	2	7	0	123	528	862
26	0	10	15	21	22	0	1	4	57	30	3	1	1	6	0	0	5	4	2	1	2	2	1	2	9	149	0	670	1076	
27	10	22	17	27	29	0	1	5	68	38	4	1	1	7	0	1	5	4	2	1	2	2	1	2	9	149	0	670	1076	
28	43	89	70	106	119	0	3	21	278	156	16	6	5	29	0	2	20	14	6	3	8	8	6	12	43	585	611	0	2260	
TOTAL	79	163	129	194	213	0	5	38	488	283	29	11	10	55	0	4	37	26	12	6	14	14	10	20	73	969	969	2260	6111	