

การวิเคราะห์ระบบแกวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด้านประชาชน



ปริญญานิพนธ์
ของ
ปิยพร สุวรรณรัตน์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การจัดการ

มิถุนายน 2555

การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด้านประชาชน



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การจัดการ

มิถุนายน 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การวิเคราะห์ระบบแกวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด้านประชาชน



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การจัดการ

มิถุนายน 2555

ปิยพร สุวรรณรัตน์. (2555). การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด้าน
ประชาชน. ปรินทิพนิพนธ์ ศ.ม. (เศรษฐศาสตร์การจัดการ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ คณะกรรมการควบคุม: รองศาสตราจารย์ ดร.อภัยพิ
ราชภูมิเนียม, อาจารย์ ดร.รัชพันธุ์ เขยจิตร.

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนที่ซ่อนเก็บค่าผ่านทางแบบเงิน
สด และต้นทุนที่ซ่อนเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ และเพื่อวิเคราะห์ต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบ
แถวคอยที่ด้านเก็บค่าผ่านทางของระบบการให้บริการในปัจจุบัน รวมทั้งศึกษาจำนวนที่เหมาะสม
ของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ โดยการวิเคราะห์ใช้
แบบจำลองแถวคอยที่มี 1 ขั้นตอน หลายช่องให้บริการ หลายแถวคอย หรือ $M/G/1$ ซึ่งจะเก็บ
รวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องรวมทั้งเก็บข้อมูลจากแบบสอบถามเพื่อใช้ในการประเมิน
ต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอรับบริการ ซึ่งขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้มีจำนวนเท่ากับ 400 ตัวอย่าง

ผลการศึกษาพบว่า ระบบแถวคอยที่ช่องให้บริการแบบเงินสดอัตราการเข้ารับบริการของ
ผู้โดยสารสำหรับชั่วโมงเร่งด่วน (6.00-9.00น.) มีค่าเท่ากับ 379.6 คัน/ชั่วโมง อัตราการให้บริการมี
ค่าเท่ากับ 3.9 วินาที/คัน ส่วนระบบแถวคอยที่ช่องให้บริการแบบอัตโนมัติ อัตราการเข้ารับบริการ
ของผู้โดยสารสำหรับชั่วโมงเร่งด่วน (6.00-9.00น.) มีค่าเท่ากับ 694.2 คัน/ชั่วโมง อัตราการ
ให้บริการมีค่าเท่ากับ 3.6 วินาที/คัน โดยค่าสถิติที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองแถวคอยจะ
นำมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับต้นทุนของผู้ให้บริการ และต้นทุนของผู้ใช้บริการเพื่อคำนวณต้นทุน
ทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอย โดยผลจากการวิเคราะห์สรุปได้ว่าจำนวนช่องให้บริการที่
เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดสำหรับชั่วโมงเร่งด่วนควรมี 7 ช่องให้บริการ ส่วน
ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติสำหรับชั่วโมงเร่งด่วนควรมี 6 ช่องให้บริการ ซึ่งทำให้ต้นทุน
ของระบบแถวคอยเท่ากับ 1,018.18 บาทต่อชั่วโมง

THE QUEUING ANALYSIS OF THE SECOND STAGE EXPRESSWAY USER : A CASE
STUDY OF PRACHACHUEN PAY TOLL



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Economics Degree in Managerial Economic
at Srinakharinwirot University

June 2012

Piyaporn Suwannarat. (2012). *The Queuing Analysis of the Second Stage Expressway User : A Case Study of Prachachuen Pay Toll*. Master thesis, M.Econ. (Managerial Economics). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Aotip Ratniyom and Dr. Ratchapan Choiejit.

The purposes of this research were to analyze the cost the cost of the fee for the toll way both cash and automatic at the toll gates and analyze all costs taking place at the waiting lining system of the current service system as well as to study the appropriate number of the cash and automatic collection toll gates by using one-step waiting line model analysis of multiple m M/G/1 collecting data from all the relevant units and the questionnaire to assess the opportunity loss as a result of the waiting for the service. The sampling group was equivalent to 400 samples.

The results of the study revealed that the rate of waiting line at the cash collection gates during rush hours (6.00 – 9.00 am.) was 379.6 vehicles per hour, and the rate of service was to 3.9 seconds per vehicle, whereas the waiting line at the automatic collection gates was 692.6 vehicles per hour, and the rate of service was to 3.6 seconds per vehicle. The statistics obtained from the calculation with the waiting line model would be applied for the cost analysis together with the cost of the service provider and the cost of the clients to calculate all the cost taking place in the waiting line system. The results of the analysis can be concluded that the appropriate cash collection gates during rush hours should be 7 gates while the appropriate automatic collection gates should be 6 gates. Which would make the cost of the waiting line system equivalent to 1,018.18 per hour.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด้านประชาชน
ของ
ปิยพร สุวรรณรัตน์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การจัดการ
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่ เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2555

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.อัทธิพย์ ราษฎร์นิยม)

..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.อดุลย์ สุภนต์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.รัชพันธุ์ เชนจิตร์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.อัทธิพย์ ราษฎร์นิยม)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.รัชพันธุ์ เชนจิตร์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.พิศมัย จารุจิตติพันธ์)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี ผู้วิจัยได้รับความกรุณาจาก รองศาสตราจารย์ ดร.อัททพิทย์ ราษฎร์นิยม ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่กรุณาเสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำ และแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. รัชพันธุ์ เชายจิตร กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.พิศมัย จารุจิตติพันธ์ และ อาจารย์ ดร.อดุลย์ ศุภานนท์ ที่เสียสละเวลา และให้คำแนะนำตลอดการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอบพระคุณ คุณพ่อมร คุณแม่จำเนียร พี่ๆ และเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจ และคำปรึกษาในเรื่องต่างๆ ตลอดเวลา

ขอบคุณเพื่อนๆ และน้องๆ ที่มงาน ที่เสียสละเวลามาช่วยเก็บแบบสอบถาม ขอบคุณผู้ตอบแบบสอบถามทุกคนคนที่เสียสละเวลาตอบแบบสอบถามจนครบถ้วน นอกจากนี้ขอบคุณบุคลากรในหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องที่ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและความรู้ในเรื่องด้านเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ได้แก่ การทางพิเศษแห่งประเทศไทย และบริษัททางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน)

ปิยพร สุวรรณรัตน์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	7
ความสำคัญของการวิจัย.....	7
ขอบเขตการวิจัย.....	8
ข้อตกลงเบื้องต้นในการทำวิจัย.....	9
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	9
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	12
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	13
แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีแถวคอย.....	13
ลักษณะของระบบแถวคอย	13
แบบจำลองแถวคอย.....	18
แนวคิดต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบแถวคอย.....	20
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบแถวคอย.....	22
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	28
การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง.....	28
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	29
การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	29
การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล.....	30
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	41
การวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด.....	41
การวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ.....	50
การประเมินต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอย และการหาจำนวนที่เหมาะสม ของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบ อัตโนมัติ.....	59

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	62
ความมุ่งหมายของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย และการเก็บรวบรวม	
ข้อมูล.....	62
สรุปผลการวิจัย.....	63
อภิปรายผล.....	67
ข้อเสนอแนะ.....	69
บรรณานุกรม.....	70
ภาคผนวก.....	73
ภาคผนวก ก.....	74
ภาคผนวก ข.....	77
ภาคผนวก ค.....	80
ภาคผนวก ง.....	82
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	84

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 การเปรียบเทียบจำนวนรถยนต์ทุกประเภทที่ใช้ทางพิเศษ เฉลิมมหานคร ศรีรัช ฉลองรัช บุรพาวิถิ และอุดรธยา พ.ศ. 2549-2553.....	5
2 จำนวนรถยนต์ (4 ล้อ) ที่ใช้ทางพิเศษศรีรัช (ทางด่วนชั้นที่ 2) จำแนกตามด้าน ตอปปิงประมาณ 2553.....	6
3 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	12
4 กระบวนการแถวคอยพื้นฐาน.....	14
5 ระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนเดียว มีแถวคอยแถวเดียว และมีหน่วยบริการ 1 หน่วย (single-channel-single-phase system).....	15
6 ระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนเดียว แถวคอย 1 แถวคอย แต่มีหน่วยให้บริการหลาย หน่วย โดยแต่ละหน่วยทำหน้าที่อย่างเดียวกัน (multichannel and single - phasesystem).....	16
7 ระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนเดียว แถวคอยหลายแถวและมีหน่วยให้บริการหลาย หน่วย (Multiple-channel-single-phase system).....	16
8 ระบบแถวคอยที่มีหลายขั้นตอน มีแถวคอยแถวเดียวและในแต่ละขั้นตอนมีหน่วย ให้บริการหน่วยเดียว (single-channel-multiple-phase system).....	17
9 ระบบแถวคอยที่มีหลายขั้นตอน แถวคอยหลายแถวคอย แต่ในแต่ละขั้นตอนมี หน่วยให้บริการหลายหน่วย (Multiple-channel-multiple-phase system).....	17
10 ความสัมพันธ์ของต้นทุนของระบบแถวคอย.....	22

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 การเดินทางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำแนกตามการครอบครองยานพาหนะและประเภทการเดินทาง พ.ศ. 2553.....	2
2 การเดินทางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำแนกตามการครอบครองยานพาหนะ และวัตถุประสงค์การเดินทาง พ.ศ. 2553.....	2
3 จำนวนรถยนต์ที่ใช้ทางพิเศษรวมทุกประเภทและรวมทุกสายทาง ระหว่างปีงบประมาณ 2545-2552.....	4
4 มูลค่าเวลาจำแนกตามวัตถุประสงค์ในการเดินทาง.....	23
5 ต้นทุนที่ขัดแย้งของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด.....	41
6 ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดในด้านคุณลักษณะเศรษฐกิจ และสังคม เกี่ยวกับการใช้บริการทางพิเศษ.....	43
7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอสำหรับผู้บริการชำระค่าผ่านทางแบบเงินสด.....	46
8 สรุปต้นทุนรวมที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด.....	46
9 จำนวนผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดช่วงเวลา 06.00-09.00 น.....	47
10 เวลาในการให้บริการเฉลี่ยต่อผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบ สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น.	47
11 ค่าสถิติของระบบแถวคอยสำหรับช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด.....	49
12 ต้นทุนที่ขัดแย้งของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ.....	50
13 ข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติในด้านคุณลักษณะเศรษฐกิจ และสังคม เกี่ยวกับการใช้บริการทางพิเศษ.....	52
14 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอสำหรับผู้บริการชำระค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ.....	55
15 สรุปต้นทุนรวมที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ.....	55
16 จำนวนผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติสำหรับเวลา 06.00-09.00 น.....	56
17 เวลาในการให้บริการเฉลี่ยต่อผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติสำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น.	56
18 ค่าสถิติของระบบแถวคอยสำหรับช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ.....	58

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
19 แสดงกรณีการศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ.....	59
20 จำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ วิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรื้อย้ายละ 45, 54 และ 60.....	60



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันประเทศไทยได้มีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องมาโดยตลอด ซึ่งเป็นการสร้างรากฐานให้กับประเทศและเป็นการสร้างความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจโดยผ่านโครงการก่อสร้างในงานด้านสาธารณูปโภคต่างๆของรัฐ อาทิเช่น รถไฟฟ้าขนส่งมวลชน การก่อสร้างถนน การก่อสร้างทางพิเศษ เป็นต้น ซึ่งสาธารณูปโภคต่างๆนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความเป็นอยู่ของประชาชนและเศรษฐกิจของประเทศ จะเห็นได้ว่าในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศไทยและเป็นเมืองศูนย์กลางทางเศรษฐกิจ การปกครอง สังคม และการเมือง มีการก่อสร้างสาธารณูปโภคต่างๆเกิดขึ้นมากมาย สิ่งอำนวยความสะดวกและสาธารณูปโภคต่างๆเหล่านั้นเป็นปัจจัยหนึ่งซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่จูงใจให้ประชากรจากทั่วทุกภูมิภาคของประเทศตัดสินใจย้ายมาตั้งถิ่นฐานหรือเดินทางมาเพื่อแสวงหาความเจริญ

สำหรับในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น อันเนื่องมาจากการเจริญเติบโตของคนในชุมชน และการอพยพย้ายถิ่นของคนต่างจังหวัดเข้ามาสู่กรุงเทพมหานครเพิ่มสูงขึ้นในระยะเวลาสั้นๆ ความต้องการเดินทางย่อมมีสูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้ปัจจุบันกรุงเทพมหานครมีปริมาณของยานพาหนะมากขึ้น จากข้อมูลของกรมการขนส่งทางบก รายงานว่าใน พ.ศ. 2553 มีปริมาณรถยนต์ 4 ล้อ ที่จดทะเบียนใหม่ในเขตกรุงเทพมหานครสูงถึง 352,310 คัน สูงกว่าปี 2552 ที่มีปริมาณรถยนต์จดทะเบียนใหม่เพียง 247,121 คัน ทำให้กรุงเทพมหานครมีปริมาณรถยนต์สะสมรวม 3.5 ล้านคัน หากพิจารณาจากรูปแบบการเดินทางของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครโดยส่วนใหญ่แล้วประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครนิยมเดินทางโดยรถยนต์ส่วนบุคคลมากกว่าการใช้รถสาธารณะ จะเห็นได้ว่ามีการใช้รถส่วนบุคคลมากถึง 9,812 คัน-เที่ยว/วัน มีการใช้รถส่วนสาธารณะ 6,842 คัน-เที่ยว/วัน ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 การเดินทางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำแนกตามการครอบครองยานพาหนะ และประเภทการเดินทาง พ.ศ. 2553

หน่วย : พันคน-เที่ยว/วัน

การครอบครองยานพาหนะ	ประเภทการเดินทาง			สัดส่วนการเดินทาง (%)	
	ส่วนบุคคล	ส่วน สาธารณะ	รวม	ส่วนบุคคล	ส่วนสาธารณะ
ไม่มียานพาหนะ	646	2,766	3,413	18.9	81.1
รถจักรยานยนต์ 1 คัน	1,657	874	2,531	65.5	34.5
รถยนต์ส่วนบุคคล 1 คัน	3,181	1,683	4,865	56.4	34.6
ยานพาหนะมากกว่า 1 คัน	4,328	1,519	5,846	74.0	26.0
รวม	9,812	6,842	16,654	58.9	41.1

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2553). ข้อมูลสถิติและสารสนเทศการขนส่งและจราจร. (ออนไลน์).

หากพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ในการเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคลของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครจะพบว่า ประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครมีวัตถุประสงค์ในการเดินทางที่แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่แล้วมีการเดินทางจากบ้านไปยังที่ทำงานมากที่สุดจำนวน 1,583 พันคน-เที่ยว/วัน รองลงมาคือ เดินทางจากบ้านไปยังสถานที่อื่นๆจำนวน 1,321 พันคน-เที่ยว/วัน ดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 การเดินทางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำแนกตามการครอบครองยานพาหนะ และวัตถุประสงค์การเดินทาง พ.ศ. 2553

หน่วย : พันคน-เที่ยว/วัน

การครอบครองยานพาหนะ	วัตถุประสงค์การเดินทาง				รวม
	เดินทางจาก บ้านไปที่ ทำงาน	เดินทางจาก บ้าน ไปสถานศึกษา	เดินทางจาก บ้านไปยังที่ อื่นๆ	เดินทาง อื่นๆ	
ไม่มียานพาหนะ	1,710	926	599	178	3,413
รถจักรยานยนต์ 1 คัน	1,009	486	637	399	2,531
รถยนต์ส่วนบุคคล 1 คัน	1,583	1,127	1,321	834	4,865
ยานพาหนะมากกว่า 1 คัน	2,363	1,105	1,303	1,076	5,846
รวม	6,664	3,644	3,859	2,487	16,654

ที่มา : สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2553). ข้อมูลสถิติและสารสนเทศการขนส่งและจราจร. (ออนไลน์).

จะเห็นได้ว่ารูปแบบการเดินทางของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่แล้วจะเดินทางด้วยรถยนต์ส่วนบุคคล ทำให้ในแต่ละวันปริมาณการใช้รถบนท้องถนนมีความแออัดคับคั่ง เกิดการจราจรติดขัด ส่งผลให้ต้องใช้เวลาเดินทางนานกว่าปกติและประชาชนผู้ใช้รถเกิดความเครียด นอกจากนี้ยังส่งผลให้เกิดปัญหามลภาวะทางอากาศ และความสูญเสียทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ อีกทั้งยังรวมถึงต้นทุนค่าเสียโอกาสที่เกิดจากการสูญเสียเวลาในระหว่างการเดินทางของผู้ใช้รถยนต์ และยังส่งผลต่อภาพพจน์ในทางลบต่อการท่องเที่ยวของไทยอีกด้วย

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นภาครัฐได้ตระหนักถึงปัญหา และหาแนวทางแก้ไขปัญหาการจราจรแออัดในเขตกรุงเทพมหานคร ได้จัดตั้งทางพิเศษแห่งประเทศไทยให้เป็นองค์กรรัฐวิสาหกิจสังกัดกระทรวงมหาดไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อดำเนินการก่อสร้างทางพิเศษ บำรุงรักษาทางพิเศษ จัดดำเนินการหรือควบคุมธุรกิจเกี่ยวกับระบบขนส่งมวลชน ตลอดจนดำเนินงานต่างๆ ที่เกี่ยวกับทางพิเศษ เพื่ออำนวยความสะดวกในการจราจรและขนส่ง รองรับปริมาณการจราจรและเพิ่มทางเลือกในการเดินทางให้กับประชาชนที่ใช้รถยนต์ให้เดินทางได้อย่างสะดวกรวดเร็ว และปลอดภัย บรรเทาปัญหาจราจรในเขตกรุงเทพมหานคร

จะพบว่าตั้งแต่ พ.ศ. 2545-2552 ปริมาณการจราจรบนทางพิเศษมีจำนวนรถยนต์เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าใน พ.ศ. 2551 ปริมาณรถยนต์บนทางพิเศษจะมีจำนวนลดลง แต่อย่างไรก็ตามใน พ.ศ. 2552 จำนวนรถยนต์บนทางพิเศษได้เพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งมีปริมาณมากถึง 435.17 ล้านคัน ผลจากปริมาณรถยนต์จดทะเบียนใหม่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้มีปริมาณจราจรบนทางพิเศษเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง รวมถึงการพัฒนาพื้นที่โดยรอบบริเวณแนวทางพิเศษ ประกอบกับผู้ใช้ทางหลีกเลี่ยงการจราจรติดขัดบนถนนพื้นราบจากการก่อสร้างและปรับปรุงระบบขนส่งมวลชนต่างๆ ของกรุงเทพมหานคร ส่งผลให้มีปริมาณรถเข้าสู่ระบบทางพิเศษมากขึ้น ดังแสดงในตาราง 3

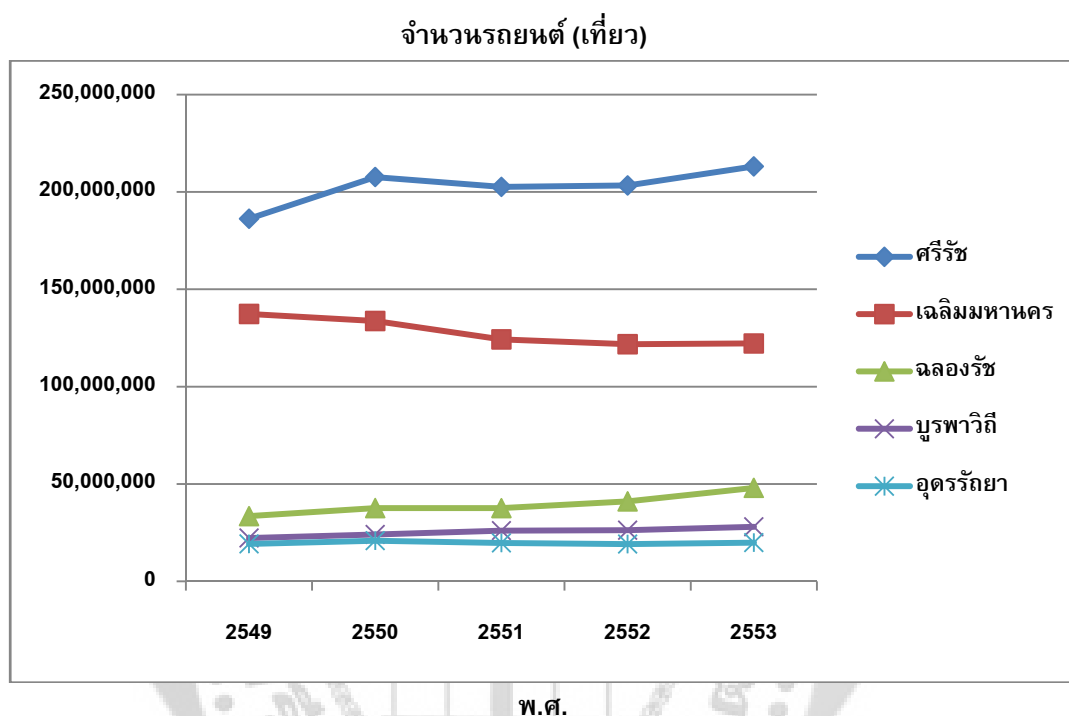
ตาราง 3 จำนวนรถยนต์ที่ใช้ทางพิเศษรวมทุกประเภทและรวมทุกสายทาง ระหว่างปีงบประมาณ 2545-2552

หน่วย : คัน

เดือน	ปีงบประมาณ							
	2545	2546	2547	2548	2549	2550	2551	2552
ต.ค./ปีก่อนหน้า	25,238,888	28,206,220	30,273,673	31,674,547	32,789,001	35,026,921	36,710,472	34,376,153
พ.ย.	25,623,334	28,874,625	32,038,726	32,250,309	33,494,330	35,868,468	36,240,518	33,589,057
ธ.ค.	25,981,251	28,857,690	32,122,424	33,334,582	34,406,602	35,940,084	34,334,554	33,982,178
ม.ค./ปีปัจจุบัน	26,854,163	29,239,493	30,588,328	31,968,850	33,504,877	35,291,098	34,728,543	33,998,042
ก.พ.	24,557,515	26,433,090	30,053,648	29,937,185	31,127,834	33,336,173	33,628,402	32,206,966
มี.ค.	27,900,671	29,924,295	32,293,140	33,707,237	35,654,429	37,298,010	36,147,973	37,480,032
เม.ย.	25,165,412	26,771,639	28,623,935	29,230,352	30,443,799	32,630,163	31,807,886	34,947,196
พ.ค.	26,768,602	28,625,684	30,613,524	31,302,934	33,187,810	35,242,909	33,510,274	37,635,699
มิ.ย.	26,395,775	29,278,374	30,407,142	31,900,248	32,907,407	35,544,689	32,792,987	38,969,956
ก.ค.	27,881,976	30,343,773	31,897,586	31,657,242	32,981,257	35,936,122	33,407,645	38,695,815
ส.ค.	28,829,015	30,553,272	30,853,912	33,106,623	34,539,771	36,687,997	34,354,641	39,809,972
ก.ย.	27,657,305	30,510,865	31,018,894	32,323,573	33,377,126	35,577,190	32,469,003	39,488,421
รวม	318,792,707	347,619,020	369,784,932	382,393,682	398,414,243	424,379,824	410,132,898	435,179,487

ที่มา : สำนักการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร

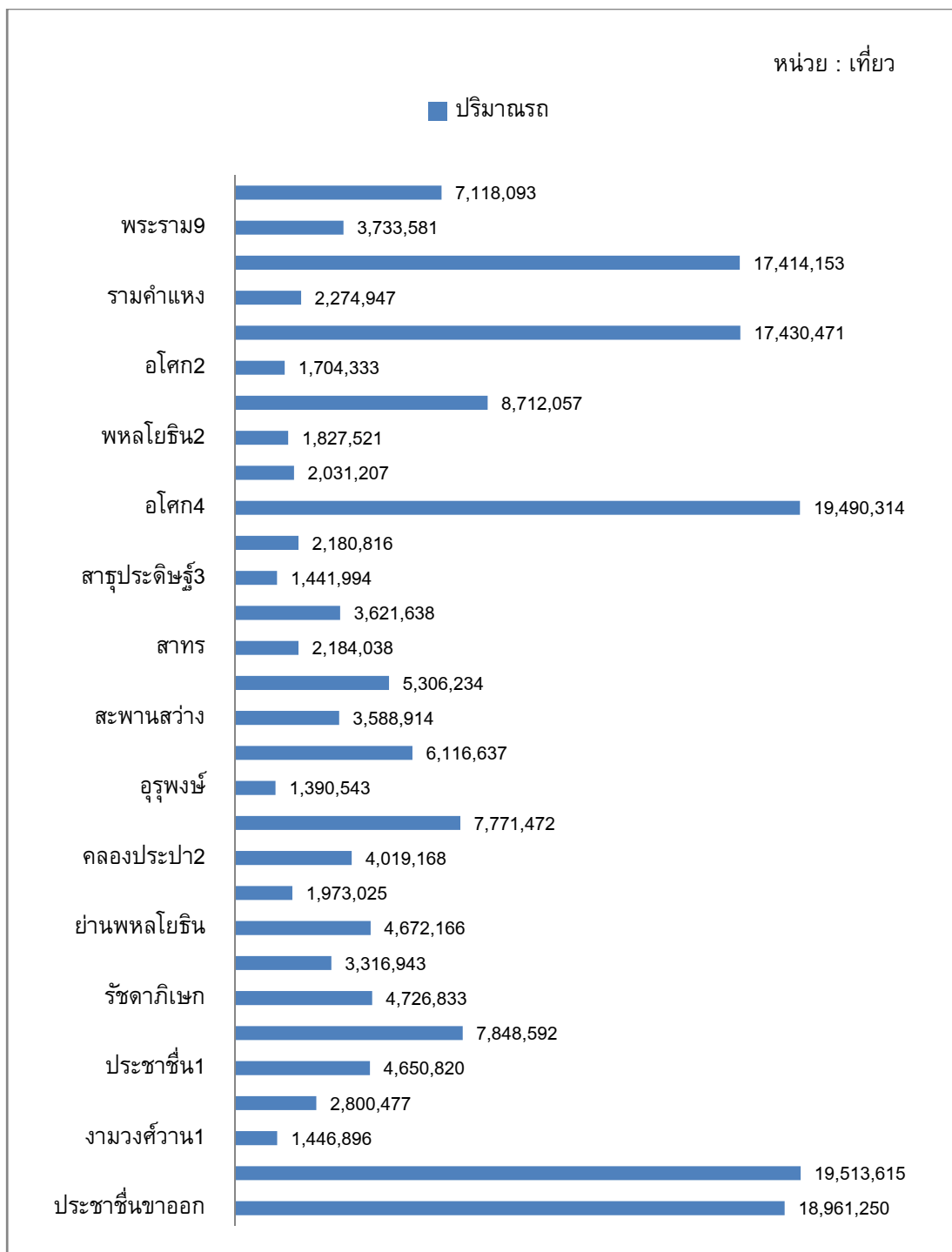
การทางพิเศษแห่งประเทศไทย (กทพ.) ได้ลงนามในสัญญากับบริษัท ทางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) ให้เป็นผู้ก่อสร้างและบริหารทางพิเศษศรีรัช ตลอดระยะเวลา 30 ปีโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของทางพิเศษในกรุงเทพมหานครให้เป็นโครงข่ายที่สมบูรณ์ ทำให้สามารถแบ่งเบาการจราจรบนทางพิเศษเฉลิมมหานคร และช่วยให้การเดินทางเข้าสู่ย่านธุรกิจใจกลางเมือง



ภาพประกอบ 1 การเปรียบเทียบจำนวนรถยนต์ทุกประเภทที่ใช้ทางพิเศษ เฉลิมมหานคร ศรีรัช ฉลองรัช บูรพาวิถี และอุดรรัถยา พ.ศ. 2549-2553

ที่มา : การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. (2553). รายงานประจำปี. (ออนไลน์).

จากภาพประกอบ 1 จะเห็นว่าตั้งแต่ พ.ศ. 2549-2553 ทางพิเศษที่มีปริมาณรถมาใช้บริการมากที่สุดเมื่อเทียบกับทางพิเศษสายอื่นๆ คือ ทางพิเศษศรีรัช รองลงมาคือทางพิเศษเฉลิมมหานคร และทางพิเศษฉลองรัช โดยทางพิเศษศรีรัชมีระยะทางรวม 38.4 กิโลเมตร ประกอบด้วยด่านเก็บค่าผ่านทางจำนวนทั้งสิ้น 30 ด่าน ใน พ.ศ. 2553 ด่านที่มีจำนวนรถยนต์ (4 ล้อ) มาใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางมากที่สุดคือ ด่านประชาชื่น (ขาเข้า) มีจำนวนรถยนต์มาใช้บริการมากถึง 1.95 ล้านคัน มีผู้ใช้บริการทางเฉลี่ยต่อวันถึง 53,462 คัน ดังแสดงในภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 จำนวนรถยนต์ (4 ล้อ) ที่ใช้ทางพิเศษศรีรัช (ทางด่วนชั้นที่ 2) จำแนกตามค่าต่างๆ
ปีงบประมาณ 2553

ที่มา : การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. (2553). รายงานประจำปี. (ออนไลน์).

ปัจจุบันปริมาณการให้บริการทางพิเศษที่ด่านประชาชนในข้างต้นจะพบว่ามีปริมาณรถที่เข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมากโดยเฉพาะในช่วงเช้า (6.00-9.00 น.) ซึ่งเป็นช่วงที่ประชาชนเดินทางเพื่อไปทำงานหรือไปธุระในที่ต่าง ๆ ทำให้หน้าด่านประชาชนมีปริมาณรถเป็นจำนวนมากก่อให้เกิดปัญหาแถวคอย ซึ่งปัญหาการรอแถวเพื่อชำระค่าผ่านทางในช่วงเช้าเป็นปัญหาใหญ่สำหรับผู้ใช้บริการมาก ดังนั้นหน่วยงานที่ให้บริการจึงต้องคำนึงถึงและให้ความสำคัญในเรื่องของความสะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย และความคุ้มค่ากับค่าใช้จ่าย เป็นอย่างมาก

สิ่งอำนวยความสะดวกที่ครบครันและระบบการให้บริการที่มีประสิทธิภาพถือเป็นปัจจัยสำคัญที่จะนำพาผู้ใช้รถเข้าสู่ระบบด่านเก็บค่าผ่านทางได้อย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันพบว่าด่านประชาชนมีช่องให้บริการเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดจำนวน 11 ช่อง และมีช่องให้บริการเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติจำนวน 2 ช่อง และพบว่ามีบางช่วงเวลาของวันเท่านั้นที่มีผู้ใช้บริการเป็นจำนวนมาก นั่นคือชั่วโมงเร่งด่วน ส่งผลให้มีผู้รอรับบริการเป็นจำนวนมากก่อให้เกิดปัญหาการรอคอย

ดังนั้นเพื่อให้การตัดสินใจเกี่ยวกับระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการด่านเก็บค่าผ่านทางที่จะนำมาซึ่งความสมดุลระหว่างต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการและต้นทุนที่เกิดจากการรอคอย งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด่านประชาชน ในชั่วโมงเร่งด่วน (6.00-9.00 น.) เพื่อพิจารณาการให้บริการในปัจจุบันและพิจารณาจำนวนผู้ให้บริการให้มีความเหมาะสมที่ทำให้ต้นทุนในระบบแถวคอยต่ำสุด เพื่อให้ระบบการให้บริการมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ตลอดจนสามารถตอบสนองความพึงพอใจแก่ผู้ใช้บริการได้สูงสุด

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด และต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ ด่านประชาชน
2. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอยที่ด่านเก็บค่าผ่านทาง ด่านประชาชน ของระบบการให้บริการในปัจจุบัน รวมทั้งศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและแบบอัตโนมัติ

ความสำคัญของการวิจัย

1. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการให้บริการที่ด่านเก็บค่าผ่านทางด่านประชาชน โดยพิจารณาถึงจำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและแบบอัตโนมัติ
2. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการให้บริการของทางพิเศษด้านอื่นๆ ต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด้านประชาชน ผู้วิจัยได้มีการกำหนดขอบเขตการวิจัย ดังนี้

1. บริเวณทางด่วนที่ทำการศึกษา คือ ด้านประชาชน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของทางพิเศษศรีรัช (ทางพิเศษชั้นที่ 2)
2. ช่วงเวลาทำการเก็บข้อมูล ได้แก่ ชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (Peak Hour) เวลา 6.00-9.00 น.
3. การคำนวณหาต้นทุนในการให้บริการและต้นทุนของผู้ใช้บริการศึกษาเฉพาะต้นทุนดำเนินการ (Operating Cost)

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย (Population) หมายถึง ประชากรที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ คือ บุคคลผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคล (4 ล้อ) ที่เคยใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย (Sample) คือ ตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มประชากรทั้งหมดในงานวิจัยฉบับนี้นั้น จะทำการสุ่มจากบุคคลผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคล (4 ล้อ) ที่เคยใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชนในช่วงเช้า (6.00-9.00 น.) แล้วทำการสุ่มตัวอย่างประชากรในเขตการปกครองที่ด้านตั้งอยู่ มีจำนวนทั้งหมด 400 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด 300 ชุด และผู้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ 100 ชุด

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ต้นทุนผู้ให้บริการ ประกอบด้วย
 - 1.1 ต้นทุนที่ชัดเจน ได้แก่
 - 1.1.1 ค่าจ้างพนักงาน
 - 1.1.2 ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการ
 - 1.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน ได้แก่
 - 1.2.1 ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุนในการจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการ
2. ต้นทุนผู้ให้บริการ ประกอบด้วย
 - 2.1 ต้นทุนที่ชัดเจน ซึ่งเป็นต้นทุนที่เป็นตัวเงิน ได้แก่

2.1.1 ต้นทุนค่าใช้บริการทางพิเศษ

2.1.2 ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

2.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน ซึ่งเป็นต้นทุนที่ไม่เป็นตัวเงิน ได้แก่

2.2.1 ต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอแถวคอยเพื่อชำระค่าผ่านทางพิเศษ

ข้อตกลงเบื้องต้นในการวิจัย

ในการวิเคราะห์ต้นทุนของผู้ให้บริการ และต้นทุนของผู้ใช้บริการที่เกิดจากการรอแถวที่ด่านเก็บค่าผ่านทาง ด้านประชาชน จะตั้งข้อสมมติไว้ว่า

1. อัตราการเข้ารับบริการมีการแจกแจงแบบปัวซอง (Poisson Distribution) เนื่องจากโดยทั่วไปแล้วการมารับบริการของลูกค้าเป็นแบบสุ่มและเป็นอิสระต่อกัน และอัตราการให้บริการมีการแจกแจงแบบปกติ เนื่องจากการบริการเป็นแบบสุ่มแต่การแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาในการไม่ใช้แบบเอกซ์โพเนนเชียล เช่น เป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปกติ หรือไม่อาจจำแนกได้ว่าเป็นการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบใด

2. กำหนดให้ช่องให้บริการที่ด่านเก็บค่าผ่านทางมีลักษณะเหมือนกัน (Identical Service Facility)

3. กำหนดให้ผู้รับบริการไม่มีการสลับสับเปลี่ยนตำแหน่งการรอกับแถวคอยอื่น

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ระบบแถวคอย หมายถึง กระบวนการที่ผู้ใช้รถเข้ามาใช้บริการทางพิเศษ โดยต้องชะลอหรือหยุดรถเพื่อรอแถวชำระค่าผ่านทาง ณ ช่องเก็บค่าผ่านทาง

2. ผู้ใช้บริการทางพิเศษ หมายถึง บุคคลผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคล (4 ล้อ) ที่ใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชน

3. ด่านเก็บค่าผ่านทาง หมายถึง ด่านให้บริการเก็บค่าผ่านทางซึ่งผู้ใช้รถต้องชำระค่าผ่านทางที่ช่องเก็บค่าผ่านทางเมื่อมีความต้องการจะเดินทางบนทางพิเศษ ได้แก่ ด้านประชาชน

4. ช่องเก็บค่าผ่านทาง หมายถึง ช่องที่มีพนักงานให้บริการชำระค่าผ่านทางด้วยเงินสด และช่องเก็บค่าผ่านทางระบบอัตโนมัติ (easy pass)

5. ด้านประชาชน (ขาเข้า) หมายถึง ด่านเก็บค่าผ่านทางตั้งอยู่ที่ถนนประชาชน

6. ต้นทุนในการให้บริการ หมายถึง มูลค่าของทรัพยากรทั้งหมดที่ใช้สำหรับการให้บริการชำระค่าผ่านทางที่ช่องเก็บค่าผ่านทาง ด้านประชาชน ประกอบด้วย

6.1 ต้นทุนที่ชัดเจนในการให้บริการ หมายถึง ต้นทุนที่จ่ายออกไปเป็นต้นทุนที่เห็นชัดเจนว่าเกี่ยวข้องกับการให้บริการเพื่อเก็บค่าผ่านทางที่ช่องเก็บค่าผ่านทาง ได้แก่

6.1.1 ค่าจ้างพนักงาน หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่การทางพิเศษแห่งประเทศไทยจ่ายให้กับพนักงานเก็บค่าผ่านทาง ในรูปของเงินเดือน ค่าล่วงเวลา เป็นต้น

6.1.2 ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการ หมายถึง เครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่อยู่ภายในช่องเก็บค่าผ่านทาง ใช้สำหรับการให้บริการเก็บค่าผ่านทาง

6.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจนในการให้บริการ หมายถึง ต้นทุนที่ไม่ได้จ่ายออกไปเป็นต้นทุนจริงๆ ที่เห็นชัดเจนว่าเกี่ยวข้องกับการให้บริการเพื่อเก็บค่าผ่านทางที่ช่องเก็บค่าผ่านทาง ได้แก่ ค่าเสียโอกาสของเงินลงทุน หมายถึง ดอกเบี้ยที่ควรจะได้รับจากการนำเงินที่จัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางไปฝากธนาคาร

7. ต้นทุนผู้ใช้บริการ หมายถึง ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดขึ้นกับผู้บริโภคที่ใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชน ประกอบด้วย

7.1 ต้นทุนที่ชัดเจนของผู้ใช้บริการ หมายถึง ต้นทุนที่จ่ายออกไปเป็นต้นทุนที่เห็นชัดเจนว่าเกี่ยวข้องกับการเข้ามารอแถวเพื่อชำระค่าผ่านทางที่ช่องเก็บค่าผ่านทาง ได้แก่

7.1.1 ค่าใช้บริการทางพิเศษ หมายถึง ค่าผ่านทางที่ผู้ใช้บริการต้องชำระที่ด่านเก็บค่าผ่านทางเพื่อเดินทางบนทางพิเศษ

7.1.2 ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง หมายถึง ค่าน้ำมันรถที่ผู้ขับรถต้องสูญเสียน้ำมันไปจากการที่ผู้ขับรถต้องชะลอหรือหยุดรถเพื่อรอแถวชำระค่าผ่านทาง ด้านประชาชน

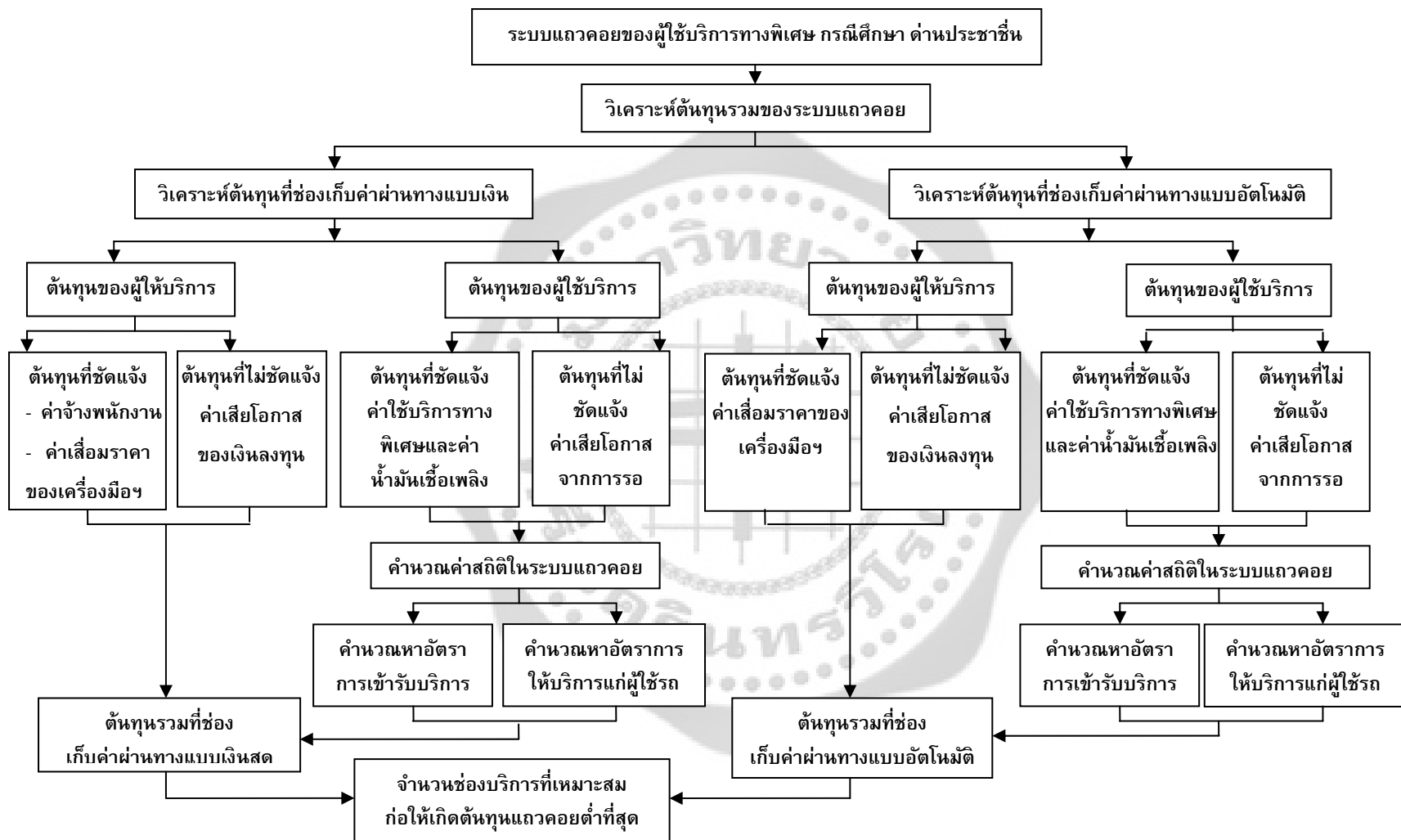
7.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจนของผู้ใช้บริการ หมายถึง ต้นทุนที่ไม่ได้จ่ายออกไปเป็นต้นทุนจริงๆ ที่เห็นชัดเจนว่าเกี่ยวข้องกับการเข้ามารอแถวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางที่ช่องเก็บค่าผ่านทาง ได้แก่ ค่าเสียโอกาสจากการรอ หมายถึง ค่าเสียโอกาสที่เกิดขึ้นจากการที่พนักงานที่ช่องเก็บค่าผ่านทางไม่สามารถให้บริการผู้ขับรถได้ทันที ทำให้ผู้ขับรถต้องเสียเวลารอคอยเพื่อชำระค่าผ่านทาง

8. ชั่วโมงเร่งด่วน (Rush Hours) หมายถึง ช่วงเวลาที่คนใช้ในการเดินทางเป็นจำนวนมากเพื่อไปทำกิจกรรมต่างๆ อาทิเช่น เดินทางไปทำงาน เดินทางไปเรียน เป็นต้น ช่วงเวลาดังกล่าว ได้แก่ 6.00-09.00 น. ของวันทำการ (จันทร์-ศุกร์)

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ศึกษาการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการด้านเก็บค่าผ่านทาง กรณีศึกษา ด้านประชาชน ในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ และการวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยโดยนำข้อมูลที่ได้มาหาต้นทุนรวมของระบบแถวคอยเพื่อไปทำการวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ และการคำนวณค่าสถิติในระบบแถวคอยเพื่อนำไปวิเคราะห์ต้นทุนในส่วนของผู้ใช้บริการ ซึ่งผู้วิจัยได้สรุปเป็นภาพประกอบดังต่อไปนี้





ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด้านประชาชน ผู้วิจัยได้ทบทวนวรรณกรรมจากตำรา บทความ และผลงานที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ระบบแถวคอย เป็นแนวทางในการศึกษา ซึ่งมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

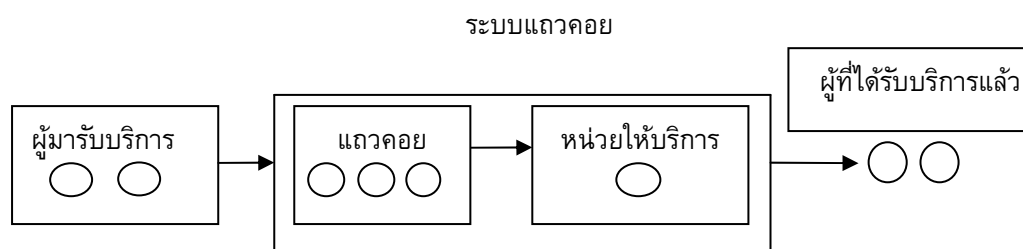
1. แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีแถวคอย
 - 1.1 องค์ประกอบพื้นฐานของระบบแถวคอย
 - 1.2 แบบจำลองแถวคอย
2. แนวคิดต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบแถวคอย
3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบแถวคอย
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดเกี่ยวกับทฤษฎีแถวคอย (Queuing theory)

ทฤษฎีแถวคอยจะมีแบบจำลองเชิงปริมาณที่มีลักษณะแตกต่างกันหลายแบบขึ้นอยู่กับรูปแบบและลักษณะของผู้เข้ามารับบริการ ลักษณะของหน่วยบริการ และลักษณะของแถวคอย นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่นๆ เช่น พฤติกรรมของผู้ที่เข้ามารับบริการที่อยู่ในระบบแถวคอย เป็นต้น ซึ่งในการศึกษาแถวคอย ผู้ศึกษาจะต้องแยกส่วนประกอบต่างๆ ของโครงสร้างระบบแถวคอยให้มีความชัดเจน เพื่อที่จะสามารถทำความเข้าใจแถวคอยนั้นๆ ได้อย่างถูกต้อง

1.1 ลักษณะของระบบแถวคอย (สุทธิมา ชำนาญเวช : 281-282)

ระบบแถวคอยประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ 1. ผู้มารับบริการ (arrivals) บางทีอาจเรียกว่าประชากรผู้รับบริการ 2. แถวคอยหรือคิว (waiting line or the queue) และ 3. ส่วนให้บริการ (service facility) ดังแสดงในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 กระบวนการแถวคอยพื้นฐาน

ที่มา : สุทธิมา ชำนาญเวช. (2552). การวิจัยดำเนินงาน = *Operations research*.

หน้า 281.

1.1.1 ลักษณะของผู้มารับบริการ

ผู้มารับบริการเป็นปัจจัยนำเข้าของระบบแถวคอย ซึ่งมีลักษณะสำคัญที่ต้องพิจารณา 3 ลักษณะ คือ

1) ขนาดประชากรผู้มารับบริการ (Calling Population/Input Source) สามารถจำแนกตามขนาดได้ 2 ลักษณะ คือ

- กลุ่มประชากรมีจำนวนมากจนนับไม่ถ้วน (Infinity) ตัวอย่างเช่น จำนวนรถยนต์คอยคิวจ่ายค่าทางพิเศษ จำนวนลูกค้าคอยคิวจ่ายเงินในร้านซูเปอร์มาร์เก็ต เป็นต้น นั่นคือทุกคนมีสิทธิ์เข้ามาใช้บริการ

- กลุ่มประชากรที่มีจำนวนที่สามารถนับถ้วนได้ (Finity) ตัวอย่างเช่น หน่วยซ่อมของสนามกอล์ฟที่มีรถตัดหญ้าทั้งหมด 5 คัน ซึ่งต้องคอยรับการซ่อมเป็นครั้งคราว เป็นต้น

2) แบบแผนการมาของผู้มารับบริการ (Pattern of arrivals) หมายถึง ลักษณะการมาถึงหน่วยให้บริการของผู้มารับบริการ สามารถแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ มีแบบแผน (Organized pattern) และไม่มีแบบแผนหรือเข้ามาโดยสุ่ม (Random order)

โดยส่วนใหญ่การวิเคราะห์ระบบแถวคอยแบบแผนการมาของผู้มารับบริการจะไม่แน่นอน นั่นคือ ไม่มีแบบแผน กล่าวคือมักกำหนดให้ลักษณะการเข้ามารับบริการเป็นแบบสุ่ม โดยกำหนดให้มีจำนวนผู้มารับบริการต่อหน่วยเวลาที่มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซองส์ (Poisson Distribution) และมีการกำหนดช่วงระยะเวลาห่างของการเข้ามาของผู้มารับบริการแต่ละคนที่ต่อเนื่องกันมีการแจกแจงความน่าจะเป็นเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential Distribution)

3) พฤติกรรมของผู้มารับบริการ (Behavior of the arrivals) ประชากรที่มารับบริการแต่ละรายมีอุปนิสัยและทัศนคติส่วนตัวแตกต่างกัน บางคนมีความอดทนสูงต่อการเข้าแถวคอย แต่บางคนไม่ชอบการเข้าแถวคอยและยินดีมารับบริการภายหลังหรืออาจใช้บริการที่อื่นที่สามารถทดแทนความต้องการได้ ในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยได้มีการกำหนดรูปแบบพฤติกรรมของผู้มารับบริการเป็น 3 ลักษณะ คือ

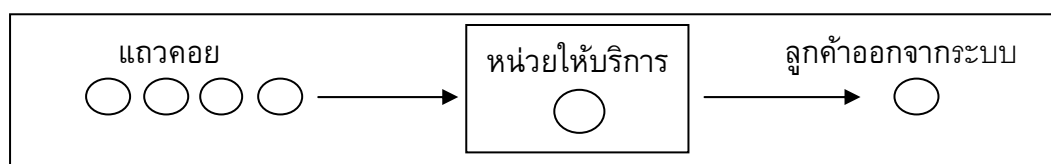
- การล้มเลิกความตั้งใจ (Reneging) หมายถึง การที่ผู้มารับบริการเข้าแถวคอยอยู่ในระยะเวลาหนึ่งแต่เกิดล้มเลิกความตั้งใจในการรอในภายหลัง ออกจากแถวคอยไป
- การสลับแถวคอย (Jockeying) หมายถึง การที่ผู้มารับบริการทำการสลับแถวไปยังแถวอื่นเพื่อหวังที่จะได้รับบริการที่เร็วที่สุด จะเกิดขึ้นในกรณีที่มีแถวคอยหลายแถว
- การยกเลิกการเข้าแถว (Balking) หมายถึง การที่ผู้มารับบริการไม่ร่วมแถวคอยตั้งแต่แรก

1.1.2 ลักษณะของระบบแถวคอย

การแบ่งรูปแบบแถวคอยผู้ให้บริการจะเป็นผู้กำหนดหรือจัดรูปแบบการให้บริการ โดยจะกำหนดว่าควรมีแถวคอยแถวเดียวหรือหลายแถว มีหน่วยให้บริการกี่หน่วย มีกี่ขั้นตอนในการให้บริการ

กัลยา วาณิชยบัญชา (2545:168-170) ได้กำหนดรูปแบบของระบบแถวคอยไว้ดังนี้

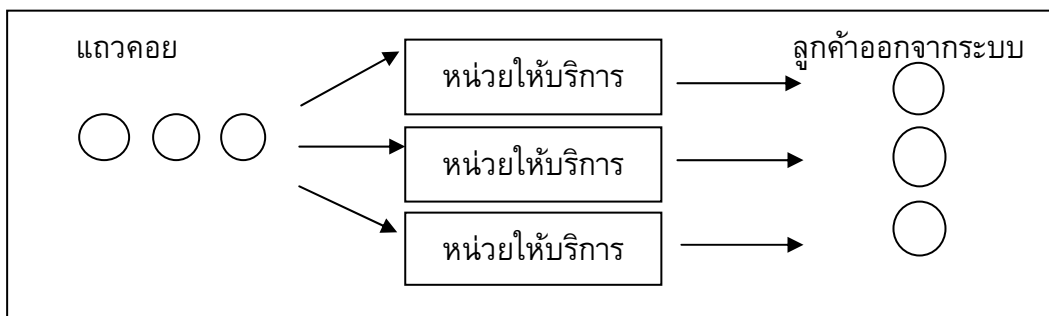
1) ระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนเดียว มีแถวคอยแถวเดียว และมีหน่วยบริการ 1 หน่วย (single-channel-single-phase system) เป็นระบบที่มีขั้นตอนเดียวในการให้บริการ และมีหน่วยให้บริการ 1 หน่วย เช่น เครื่อง ATM จำนวน 1 เครื่อง เมื่อลูกค้าได้รับบริการแล้วจะออกจากระบบไป ดังแสดงในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 แสดงระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนเดียว มีแถวคอยแถวเดียว และมีหน่วยบริการ 1 หน่วย (single-channel-single-phase system)

ที่มา : กัลยา วาณิชยบัญชา. (2545). การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. หน้า 169.

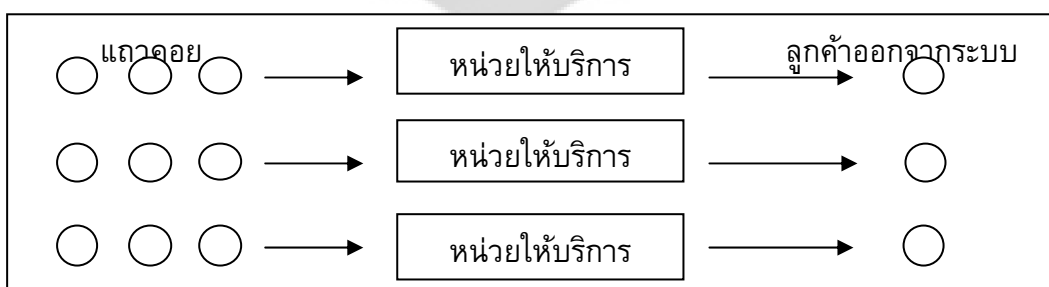
2) ระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนเดียว แถวคอย 1 แถวคอย แต่มีหน่วยให้บริการหลายหน่วย โดยแต่ละหน่วยทำหน้าที่อย่างเดียวกัน (multichannel and single-phase system) เป็นระบบที่มีขั้นตอนในการให้บริการขั้นตอนเดียว มีแถวคอยแถวเดียวแต่มีหน่วยให้บริการหลายหน่วย ลูกค้าจากแถวคอยจะเข้าไปใช้บริการจากหน่วยที่ว่าง เช่น ธนาคารขนาดใหญ่ในปัจจุบันจะจัดให้มีแถวคอยแถวเดียว แต่มีช่องให้บริการหลายช่อง ดังแสดงในภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 แสดงระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนเดียว แถวคอย 1 แถวคอย แต่มีหน่วยให้บริการหลายหน่วย โดยแต่ละหน่วยทำหน้าที่อย่างเดียวกัน (multichannel and single-phase system)

ที่มา : กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2545). การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. หน้า 169.

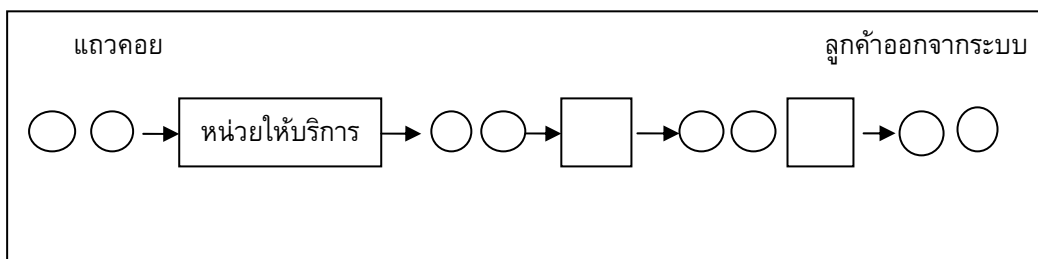
3) ระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนเดียว แถวคอยหลายแถวและมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย (Multiple-channel-single-phase system) เป็นระบบที่มีขั้นตอนในการให้บริการขั้นตอนเดียว แต่มีแถวคอยหลายแถว ในกรณีนี้เป็นรูปแบบของแถวคอยที่สอดคล้องกับกรณีศึกษา นั่นคือ ช่องเก็บค่าผ่านทางพิเศษ ดังแสดงในภาพประกอบ 7



ภาพประกอบ 7 แสดงระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนเดียว แถวคอยหลายแถวและมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย (Multiple-channel-single-phase system)

ที่มา : กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2545). การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. หน้า 169.

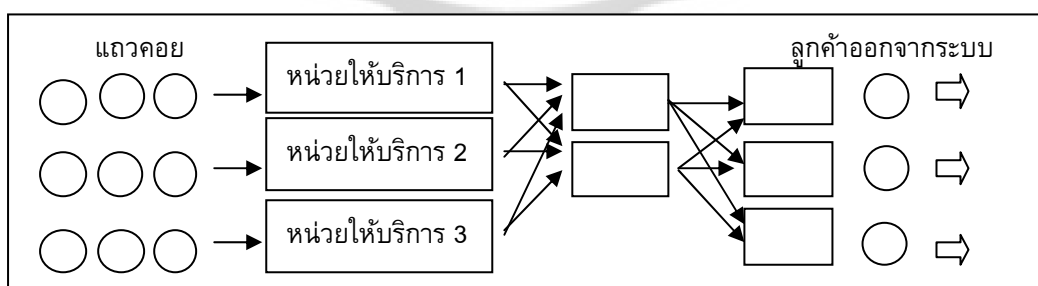
4) ระบบแถวคอยที่มีหลายขั้นตอน มีแถวคอยแถวเดียวและในแต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหน่วยเดียว (single-channel-multiple-phase system) ในระบบนี้ลูกค้าจะต้องรับบริการจากหลายหน่วยให้บริการ เช่น โรงพยาบาล คนไข้จะต้องเข้าแถวพบแพทย์แต่ละคนเป็นขั้นตอนแรก จากนั้นนำไปส่งยาจากแพทย์ไปเข้าแถวรอชำระเงิน และขั้นสุดท้าย คือรอรับยา ดังแสดงในภาพประกอบ 8



ภาพประกอบ 8 แสดงระบบแถวคอยที่มีหลายขั้นตอน มีแถวคอยแถวเดียวและในแต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหน่วยเดียว (single-channel-multiple-phase system)

ที่มา : กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2545). การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. หน้า 170.

5) ระบบแถวคอยที่มีหลายขั้นตอน แถวคอยหลายแถวคอย แต่ในแต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย (Multiple-channel-multiple-phase system) ระบบนี้ลูกค้าต้องผ่านการรับบริการจากหลายขั้นตอน เช่น โรงพยาบาลที่มีแพทย์แต่ละด้านหลายๆคน คนไข้จะรอพบแพทย์แต่ละคนแยกแถวกันและแผนกคิดเงินและจัดยาก็มีหลายหน่วย ดังแสดงในภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แสดงระบบแถวคอยที่มีหลายขั้นตอน แถวคอยหลายแถวคอย แต่ในแต่ละขั้นตอนมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย (Multiple-channel-multiple-phase system)

ที่มา : กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2545). การวิเคราะห์เชิงปริมาณ. หน้า 170.

1.1.3 ลักษณะของส่วนให้บริการ (สุทธิมา ชำนาญเวช. 2552:285)

ลักษณะสำคัญที่เกี่ยวกับหน่วยให้บริการ ได้แก่

1) ระเบียบการให้บริการ (Service Discipline) หมายถึง กฎเกณฑ์ที่ระบบนั้นใช้ในการกำหนดว่าจะให้บริการแก่ลูกค้ารายใดก่อน เช่น

- ลูกค้าที่มาก่อนจะได้รับบริการก่อน (First Come First Serve : FCFS) เช่น การรอแถวชำระค่าเงินค่าผ่านทางพิเศษ การเข้าแถวเพื่อซื้อตั๋วชมภาพยนตร์ รวมทั้งการเข้าแถวคอยเพื่อทำธุรกรรมทางการเงินที่ธนาคาร เป็นต้น

- ลูกค้าที่มาทีหลังจะได้รับบริการก่อน (Last Come First Serve : LCFS) เช่น ในระบบการผลิต ถ้าวัตถุดิบวางซ้อนกันอยู่ จะนำวัตถุดิบที่อยู่ส่วนบนมาใช้ก่อน หรือ การเข้า-ออกลิฟต์โดยสาร พบว่าคนที่เข้าหลังสุดจะต้องออกจากลิฟต์ก่อน เป็นต้น

- ลูกค้าที่มีความจำเป็นมากกว่าจะได้รับบริการก่อน เช่น ผู้ป่วยที่ได้รับบาดเจ็บสาหัส ผู้ป่วยฉุกเฉิน เป็นต้น

2) ลักษณะการให้บริการ (Service Characteristic) อาจจะเป็นแบบใดแบบหนึ่ง ดังนี้

- แบบคงที่ คือ ให้บริการลูกค้าได้เท่าๆกันในแต่ละช่วงเวลา เช่น วันละ 100 คัน ชั่วโมงละ 15 เครื่อง หรือใช้เวลาในการปิดฝาขวดน้ำอัดลมแต่ละขวดใช้เวลา 1 วินาทีเท่าๆกัน ส่วนใหญ่จะเป็นการบริการของระบบอัตโนมัติหรือลักษณะบริการที่เหมือนกัน

- แบบสุ่ม คือลูกค้าแต่ละรายมีลักษณะไม่เหมือนกัน จึงใช้เวลาในการให้บริการไม่เท่ากัน มากน้อยตามความต้องการของลูกค้า เช่น ลูกค้าที่ใช้บริการฝากถอนเงินในธนาคาร สถานีบริการน้ำมัน เป็นต้น

สำหรับการศึกษาในครั้งนี้มีลักษณะของระบบแถวคอยเป็นรูปแบบที่ 3 คือ ระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนเดียว แถวคอยหลายแถวและมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย (Multiple-channel-single-phase system) เป็นระบบที่มีขั้นตอนในการให้บริการขั้นตอนเดียว

1.2 แบบจำลองแถวคอย (Queuing Models)

โดยทั่วไปแล้วแบบจำลองระบบแถวคอยนิยมแสดงโครงสร้างของแถวคอยด้วยสัญลักษณ์ที่เรียกว่า Kendall's Notation ดังนี้ 1/2/3/4/5/6 (Claus. 1996:509) ซึ่งสัญลักษณ์ดังกล่าวนำมาเขียนเป็นแบบจำลอง ยกตัวอย่างเช่น แบบจำลองแถวคอย M/G/1/FCFS/ ∞ / ∞

หมายเลข 1 แสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของระยะเวลาห่างในการเข้ามาของลูกค้าแต่ละรายที่ต่อเนื่องกัน หรือแจกแจงความน่าจะเป็นของการเข้ามารับบริการ (จำนวนผู้เข้ามารับบริการต่อหน่วยเวลา) โดยใช้อักษรย่อ ดังนี้

- 1) M : ระยะห่างในการเข้ามาของลูกค้าแต่ละรายมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลหรือการเข้ามารับบริการมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง
- 2) D : ระยะเวลาห่างในการเข้ามาของลูกค้าแต่ละรายหรือการเข้ามารับบริการมีการแจกแจงแบบตายตัว
- 3) E_k : ระยะเวลาห่างในการเข้ามาของลูกค้าแต่ละรายหรือการเข้ามารับบริการมีการแจกแจงแบบเออร์แลงที่มี k ขั้นตอน
- 4) G : ระยะเวลาห่างในการเข้ามาของลูกค้าแต่ละรายหรือการเข้ามารับบริการมีการแจกแจงแบบทั่วไป

หมายเลข 2 แสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาในการให้บริการ โดยใช้อักษรย่อ ดังนี้

- 1) M : เวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล
- 2) D : เวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบตายตัว
- 3) E_k : เวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบเออร์แลงที่มี k ขั้นตอน
- 4) G : เวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบทั่วไป

หมายเลข 3 แสดงจำนวนผู้ให้บริการ

หมายเลข 4 แสดงระเบียบหรือเกณฑ์การให้บริการ

- 1) มาก่อนได้รับการก่อน (FCFS : First Come First Serve)
- 2) มาหลังได้รับการก่อน (LCFS : Last Come First Serve)
- 3) การบริการอย่างสุ่ม (RIRO : Service In Random Order)
- 4) การให้บริการแบบให้อภิสิทธิ์ (PRI : Priority)
- 5) การให้บริการทั่วไป (GD : General Discipline)

หมายเลข 5 แสดงจำนวนผู้รับบริการสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับได้

หมายเลข 6 แสดงขนาดกลุ่มประชากรที่มีจำนวนจำกัดหรือไม่จำกัด

ตัวอย่างเช่น รูปแบบแถวคอย $M/G/1/FCFS/\infty/\infty$ หมายถึง ระบบแถวคอยที่การเข้ามารับบริการของลูกค้ามีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวส์ซอง การแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาในการให้บริการเป็นแบบปกติ และมีหน่วยให้บริการ 1 หน่วย ใช้เกณฑ์การให้บริการลูกค้าใน

ลักษณะมาก่อนได้รับการก่อน โดยจำนวนผู้รับบริการสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับได้ และขนาดของประชากรมีไม่จำกัด

อย่างไรก็ตาม ระบบแถวคอยส่วนใหญ่มักจะมีระเบียบการให้บริการแบบมาก่อนได้รับการก่อน (FCFS) และจำนวนผู้รับบริการสูงสุดที่ระบบสามารถรองรับได้มีไม่จำกัด(∞) การแสดงข้อมูลแบบจำลองจะกระชับมากขึ้นเป็น $1/2/3$ โดยแสดงลักษณะ 3 ประการของระบบ ได้แก่ การแจกแจงความน่าจะเป็นของการรับบริการ การแจกแจงความน่าจะเป็นของเวลาในการให้บริการ และจำนวนช่องให้บริการเท่านั้น ตัวอย่างเช่น รูปแบบแถวคอย M/G/1 ซึ่งมีลักษณะเหมือนรูปแบบแถวคอยที่กล่าวมาข้างต้น

แนวคิดต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบแถวคอย

ความหมายและแนวคิดเกี่ยวกับต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

ได้มีผู้ให้ความหมายของต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ไว้ ดังนี้

วันรักษ์ มิ่งมณีนาคิน (2547:137) กล่าวว่า ต้นทุนการผลิตตามแนวคิดทางเศรษฐศาสตร์มีความหมายแตกต่างจากต้นทุนการผลิตทางบัญชีเล็กน้อย ต้นทุนการผลิตทางบัญชีหมายถึงค่าใช้จ่ายต่างๆที่ชัดเจนหรือมีการจ่ายจริงเป็นตัวเงิน สามารถแสดงหลักฐานเพื่อบันทึกงบบัญชีได้ ส่วนต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์มีขอบเขตกว้างกว่าโดยรวมต้นทุนที่ชัดเจนและไม่ชัดเจน

ดังนั้น ต้นทุนจึงหมายถึงมูลค่าของทรัพยากรที่ได้ใช้ไปในการผลิตต่างๆที่อาจจะเป็นต้นทุนทางบัญชี กล่าวคือ เป็นต้นทุนที่เห็นเป็นรูปของตัวเงินซึ่งได้มีการจ่ายไปจริงและมองเห็นเป็นตัวเงินอย่างชัดเจน ส่วนต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ จะมองเป็นเรื่องของค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ของทรัพยากรนั้นๆในการนำไปใช้ประโยชน์ทางอื่นๆ ที่เป็นมูลค่าที่มองไม่เห็นเป็นตัวเงินอย่างชัดเจน หรืออาจจะรวมไปถึงต้นทุนที่เห็นเป็นตัวเงินอย่างชัดเจนด้วย

ประเภทของต้นทุน

แนวคิดของการวิเคราะห์ต้นทุนมีการแบ่งประเภทของต้นทุนที่แตกต่างกันไป แล้วแต่วัตถุประสงค์หรือความหมายของการวิเคราะห์ รัตน สหายคณิต (2548: 159-163) ได้กล่าวไว้ว่า

1. ต้นทุนทางบัญชี (Accounting Cost) หมายถึง รายจ่ายต่างๆที่องค์กรธุรกิจจ่ายไปเป็นค่าซื้อวัตถุดิบ ค่าแรงและเงินเดือน ค่าสาธารณูปโภค ค่าเช่า ค่าดอกเบี้ย ค่าขนส่ง ค่าซ่อมแซม บำรุงรักษาเครื่องจักร ค่าโฆษณา และค่าภาษี เป็นต้น และยังรวมถึงรายจ่ายที่มีได้จ่ายออกไปจริง แต่ต้องมีการประเมินขึ้น เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าขาดทุนจากการขายสินทรัพย์ เป็นต้น

2. ต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) หมายถึง ต้นทุนที่เกิดจากการไม่ได้รับประโยชน์จากทางเลือกอื่นเนื่องจากกิจการได้ตัดสินใจดำเนินการอีกทางเลือกหนึ่ง ต้นทุนค่าเสียโอกาสเกิดขึ้นและสามารถนำไปใช้ได้หลายทางเลือก เมื่อได้ใช้ทรัพยากรไปในทางเลือกหนึ่ง ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้กับทางเลือกอื่นได้ทำให้พลาดโอกาสที่จะได้รับประโยชน์จากทางเลือกอื่น ประโยชน์จากทางเลือกอื่นที่ดีที่สุดที่ไม่ได้รับนั้นจะถือเป็นต้นทุนของทางเลือกที่ดำเนินการนั้นด้วย

3. ต้นทุนที่ชัดเจนและต้นทุนที่ไม่ชัดเจน

ต้นทุนที่ชัดเจน (Explicit Cost) หมายถึง รายจ่ายที่จ่ายออกไปจริงๆ เช่น ค่าวัตถุดิบ ค่าแรงและเงินเดือน ค่าเช่า ดอกเบี้ย และค่าโฆษณา เป็นต้น และเป็นต้นทุนที่บันทึกไว้ในบัญชีของกิจการ ซึ่งแตกต่างกับต้นทุนที่ไม่ชัดเจน (Implicit or Imputed Cost)

ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน (Implicit or Imputed Cost) หมายถึง รายจ่ายที่ไม่ได้มีการจ่ายออกไปเป็นตัวเงินจริงๆ จึงไม่ได้มีการบันทึกไว้ในบัญชีของกิจการ ทำให้มองไม่เห็นว่ามีรายจ่ายเกิดขึ้นแต่จำเป็นต้องมีการประเมินขึ้นโดยอาศัยแนวคิดเกี่ยวกับต้นทุนค่าเสียโอกาส

แนวคิดเกี่ยวกับค่าเสื่อมราคา

ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) เป็นรายการค่าใช้จ่ายที่ไม่ได้มีการจ่ายเป็นเงินสดออกไปจริงๆ เป็นการตัดจำหน่ายมูลค่าของสินทรัพย์ประเภททุนที่ใช้อยู่ในโครงการ ค่าใช้จ่ายจำนวนนี้เมื่อนำไปหักจากกระแสรายได้ที่จะนำมาคำนวณภาษีเงินได้ให้ลดต่ำลง ซึ่งหน่วยธุรกิจจะสามารถประหยัดเงินภาษีต่อไปได้เท่ากับอัตราภาษีคูณด้วยจำนวนค่าเสื่อมราคานั้นๆ ดังนั้นวิธีการคำนวณค่าเสื่อมราคาจึงมีส่วนสำคัญทำให้กระแสเงินสดสุทธิที่จะคำนวณได้แตกต่างกันไป (นราทิพย์ ชูติวงศ์.2544: 380-381)

การคิดค่าเสื่อมราคามีวิธีคิดได้หลายแบบสรุปได้ ดังนี้

1. วิธีคิดค่าเสื่อมราคาแบบ Straight Line เป็นวิธีการคิดค่าเสื่อมราคาที่เป็นที่นิยมใช้โดยทั่วไปโดยการนำเอามูลค่าทรัพย์สินตั้งแต่เริ่มแรกหักด้วยมูลค่าซากของทรัพย์สินแล้วหารด้วยอายุใช้งานของทรัพย์สินนั้นๆ เป็นต้นว่าถ้าเครื่องมือประกอบการเรียนการสอนมีอายุใช้งาน 3 ปี มีมูลค่าเริ่มแรกเท่ากับ 1.3 ล้านบาท และมีมูลค่าซากเท่ากับ 100,000 บาท เช่นนี้ ค่าเสื่อมราคาในแต่ละปีจะเท่ากับ $(1,300,000 - 100,000) / 3$ เท่ากับ 400,000 บาท

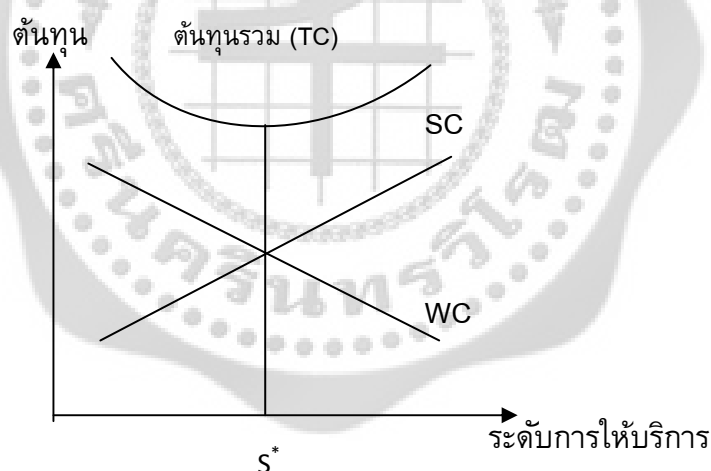
2. วิธีคิดค่าเสื่อมราคาแบบ Sum-of-Years-Digit เป็นการคิดค่าเสื่อมราคาจากอัตราส่วนของจำนวนปีของอายุใช้งานที่เหลืออยู่ของทรัพย์สินต่อผลบวกของตัวเลขแต่ละปีของการใช้งานทรัพย์สิน

3. วิธีคิดค่าเสื่อมราคาแบบ Double Declining Balance จะคิดค่าเสื่อมราคาในอัตราสองเท่าของอัตราเส้นตรง แต่เป็นการคิดค่าเสื่อมราคาจากมูลค่าของสินทรัพย์คงเหลือในแต่ละปี

ในการคิดค่าเสื่อมราคาทั้ง 3 แบบข้างต้นนั้นสามารถนำไปใช้ได้ทุกวิธีการจะเลือกนำไปใช้นั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสม สรุปได้ว่าการคิดค่าเสื่อมราคานั้นมีวิธีคิดทั่วไปอยู่ 3 วิธีด้วยกันซึ่งการนำไปใช้มีความเหมาะสม ข้อดีและข้อเสียต่างๆ ของวิธีการคิดและผลประโยชน์มากที่สุด หรือมีผลกระทบน้อยที่สุดก็จะเลือกวิธีนั้น

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบแถวคอย

การตัดสินใจเกี่ยวกับปัญหาแถวคอยมีวัตถุประสงค์หลักคือ ต้นทุนรวมต่ำที่สุดดังนั้นการตัดสินใจเกี่ยวกับระบบแถวคอยจึงจะต้องนำมาซึ่งความสมดุลระหว่างต้นทุนในการให้บริการ และต้นทุนที่เกิดจากการรอ เนื่องจากความสามารถของผู้ให้บริการที่มีมากจนเกินไปอาจทำให้เกิดต้นทุนในระบบที่สูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามความสามารถของผู้ให้บริการที่น้อยเกินไปจะก่อให้เกิดแถวคอยที่มีปริมาณมากขึ้น



ภาพประกอบ 10 แสดงความสัมพันธ์ของต้นทุนของระบบแถวคอย

ที่มา : วินัย พุทธิกุล. (2551). การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการจัดการทางธุรกิจ. หน้า194

จากภาพประกอบ 10 ความสัมพันธ์ของต้นทุนในการให้บริการและต้นทุนที่เกิดจากการรอเปลี่ยนแปลงในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อระดับการให้บริการสูงขึ้น ต้นทุนในการให้บริการก็จะสูงขึ้น แต่ต้นทุนที่เกิดจากการรอจะลดลง จะเห็นว่าการให้บริการที่ S^* จะทำให้ต้นทุนรวมต่ำที่สุด ซึ่งเกิดขึ้น ณ ตำแหน่งเดียวกันกับเมื่อต้นทุนในการให้บริการเท่ากับต้นทุนที่เกิดจากการรอ

ในระบบแถวคอยมีต้นทุนที่เกิดขึ้น 2 ส่วน คือ

1. ต้นทุนในการให้บริการ (Service Cost : SC) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการให้บริการ ซึ่งผู้ให้บริการหรือเจ้าของกิจการเป็นผู้จ่ายหรือรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ ซึ่งประกอบด้วย ค่าจ้างพนักงานให้บริการ เครื่องมือ อุปกรณ์ ค่าบำรุงรักษาเครื่องมืออุปกรณ์ต่างๆ ฯลฯ จะพบว่าค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะเพิ่มขึ้น ถ้ามีหน่วยให้บริการมากขึ้น

2. ต้นทุนที่เกิดจากการรอ (Waiting Cost : WC) เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการที่ผู้มารับบริการต้องต่อแถวคอยเพื่อรับบริการ เนื่องจากหน่วยให้บริการไม่สามารถให้บริการได้ทันที ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดการเสียโอกาสในการทำประโยชน์อื่นๆแก่ผู้มารับบริการ

การประเมินต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอจะใช้แนวคิดการศึกษาเรื่องมูลค่าของเวลา (Value of Time) เพื่อใช้ในการประเมินโครงการทางด้านการขนส่งของ Gwilliam (1997) ซึ่งถูกใช้เป็นหลักการพื้นฐานในการกำหนดมูลค่าเวลาของธนาคารโลก ได้นำเสนอการคำนวณมูลค่าเวลาที่จำแนกตามวัตถุประสงค์ในการเดินทางไว้ ดังนี้

ตาราง 4 มูลค่าเวลาจำแนกตามวัตถุประสงค์ในการเดินทาง

วัตถุประสงค์ในการเดินทาง	หลักในการประมาณค่า	ค่าเริ่มต้น	ค่าเริ่มต้น(%)
การเดินทางเพื่อประกอบธุรกิจ	การประมาณค่า	1.33w	133
การเดินทางเพื่อไปทำงานและเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ	การประมาณค่า	0.30w	30
การรอคอย	การประมาณค่า	1.5 x ค่าของวัตถุประสงค์ในการเดินทาง	
สำหรับการเดินทางเพื่อประกอบธุรกิจ		1.5 x 1.33w	199.5w
สำหรับการเดินทางไปทำงานและเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ		1.5 x 0.3w	45w

w = อัตราค่าจ้างต่อชั่วโมง

ที่มา : Kenneth M. Gwilliam. (1997). *The Value of Time in Economic Evaluation of Transport projects lesson from recent research*. (Online).

การเดินทางของผู้ใช้รถโดยสารส่วนใหญ่แล้วจะมีวัตถุประสงค์เพื่อเดินทางจากบ้านไปทำงาน และเดินทางจากที่ทำงานไปบ้าน หรือเดินทางเพื่อเหตุผลส่วนตัวอื่นๆ ดังนั้นการเดินทาง

ของผู้ใช้รถจะมีวัตถุประสงค์เพื่อการเดินทางไปทำงานและเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆซึ่งมูลค่าเวลาสำหรับการรอจะเท่ากับร้อยละ 45

และจากการศึกษาเชิงประจักษ์ของ Small and Verhoef (2007) ที่สรุปไว้ว่ามูลค่าเวลาในการเดินทางและรอคอยจะมีค่าอยู่ในช่วง 1.6-2.0 เท่าของเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ดังนั้นเพื่อให้การคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitive Analysis) ของต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอคอยอีก 2 ระดับ คือ ร้อยละ 54 ($1.8 \times 0.3w$) และ ร้อยละ 60 ($2.0 \times 0.3w$) ของอัตราค่าจ้างเฉลี่ยต่อชั่วโมง ซึ่งอัตราค่าจ้างเฉลี่ยต่อชั่วโมงจะคำนวณจากรายได้เฉลี่ยต่อเดือน/จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อเดือน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ทำการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยจะแบ่งเป็น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบแถวคอย งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทางพิเศษ ซึ่งสรุปได้ดังต่อไปนี้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบแถวคอย

แลนดอลล์ และ เบคเกอร์ (Landauer; & Becker.1989) ได้ศึกษาแนวทางในการลดเวลารอคอยของผู้โดยสาร ณ จุดตรวจความปลอดภัยของรถที่ผ่านเข้าออก โดยในช่วงเช้าของแต่ละวันมีรถส่วนบุคคลผ่านเข้ามาโดยเฉลี่ยเท่ากับ 285 คัน ซึ่งมีเพียง 1 แถวคอยที่ใช้สำหรับรอเข้ารับบริการที่จุดตรวจ และมีพนักงาน ณ จุดตรวจจำนวน 2 คน นอกจากนี้พื้นที่ในแถวคอยสามารถรองรับรถได้ประมาณ 40 คัน จึงมีผลให้รถล้นออกมานอกระบบ และส่งผลให้แถวคอยยาวมากจนกลายเป็นปัญหาหลักของระบบให้บริการ ผู้วิจัยได้ใช้การจำลองสถานการณ์ (Simulation) เพื่อเปรียบเทียบทางเลือกต่างๆว่าทางเลือกใดที่ทำให้จำนวนรถโดยเฉลี่ยในระบบแถวคอยน้อยที่สุด จากการศึกษาพบว่า ทางเลือกแรกที่มีการเพิ่มจำนวนพนักงานที่จุดตรวจจาก 2 คน เป็น 3 คน และยังคงมีเพียง 1 แถวคอย จะช่วยให้จำนวนรถโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบลดลงจาก 45.5 เป็น 28 คัน อย่างไรก็ตาม ทางเลือกนี้จะส่งผลให้ต้นทุนในระบบแถวคอยเพิ่มขึ้น ส่วนทางเลือกที่สองที่มีการเพิ่มแถวคอยเป็น 2 แถว และให้พนักงานทั้ง 2 คน อยู่ประจำที่แต่ละแถวคอย จะช่วยให้จำนวนรถเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอยลดลงเหลือ 14 คัน และส่งผลให้เวลาในการรอคอยลดลงจากเดิม 30 นาที เหลือ 12 นาที

สรุปได้ว่า ทางเลือกที่สองจะเป็นทางเลือกที่เหมาะสม โดยไม่ก่อให้เกิดต้นทุนเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังมีผลทำให้จำนวนรถส่วนบุคคลผ่านเข้ามาในระบบให้บริการเพิ่มขึ้นจาก 285 เป็น 345 คัน

หยุนหวาง และ แทงค์ (Yun, Huang; & Tang. 2007) ได้ทำการวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการจำหน่ายตั๋วโดยสารสถานีรถไฟเฉิงตู (Chengdu) โดยใช้ทฤษฎีแถวคอยพื้นฐาน m M/M/1 เปรียบเทียบกับการปรับโครงสร้างของระบบแถวคอยโดยใช้ M/M/m และการรวมแถวคอย M/M/1(Merged M/M/1) โดยแบบจำลองแถวคอย m M/M/1 คือแบบจำลองที่มี m แถวคอย ดังนั้นอัตราการเข้ารับบริการของแต่ละแถวคอยจะเท่ากับ λ/m และ $\rho = \lambda/m\mu$ และแบบจำลองแถวคอย Merged M/M/1 จะมีอัตราการให้บริการเท่ากับ $m\mu$ โดยที่ $m = 1$ ในทางทฤษฎีเวลาในการรอคอยเฉลี่ยเมื่อรวมแถวคอย M/M/1(Merged M/M/1) จะต่ำที่สุด รองลงมาคือ ระบบแถวคอยแบบ M/M/m และท้ายสุดคือระบบแถวคอยแบบ m M/M/1 โดยการรวมแถวคอย M/M/1 จะมีความเหมาะสมเมื่อมีช่องให้บริการบางช่องว่างหรือไม่ได้ให้บริการ อย่างไรก็ตามสิ่งเหล่านี้จะทำได้ยากในความเป็นจริง เนื่องจากในช่วงเวลาที่มีผู้โดยสารจำนวนมากเข้ามาใช้บริการ การปรับให้การเข้าคิวเป็นแถวเดียวจะทำให้แถวคอยยาวมาก และยากต่อการควบคุม อย่างไรก็ตามทางเลือกที่เหมาะสมคือ การรวมแถวคอยของช่องให้บริการที่อยู่ใกล้กันแทน ผลการศึกษาในส่วนแรกพบว่า ระบบแถวคอยแบบ 2 M/M/1 จะทำให้เวลาในการรอคอยโดยเฉลี่ยของลูกค้าเท่ากับ 10.05 นาที เวลาในการให้บริการเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 นาที อัตราการเข้ารับบริการ 1.12 คนต่อนาที ในขณะที่ระบบแถวคอยแบบ M/M/2 เวลาในการรอคอยเฉลี่ยของลูกค้าเท่ากับ 5.24 นาที อัตราการเข้ารับบริการเท่ากับ 2.24 คนต่อนาที ในขณะที่ Merged M/M/1 จะทำให้เวลาในการรอคอยเฉลี่ยเท่ากับ 5.02 อัตราการเข้ารับบริการเฉลี่ยเท่ากับ 2.24 คนต่อนาที เวลาในการให้บริการเฉลี่ยเท่ากับ 0.41 นาที ส่วนการศึกษาในส่วนที่สองจะเกี่ยวข้องกับนโยบายในการปิดช่องให้บริการที่มีการใช้งานน้อย เพื่อลดต้นทุนของสถานีรถไฟเฉิงตู ในขณะที่ยังคงรักษาระดับการให้บริการที่เหมาะสมไว้ได้

เมฮรี เจมเมล และ แคมมว (Mehri, Djemel; & Kammou. 2008) ได้วิเคราะห์ระบบแถวคอยของสนามบิน โดยใช้ทฤษฎีแถวคอย กรณีศึกษา A.I.M.H.B โดยจะศึกษาระบบแถวคอยในการให้บริการลงทะเบียนตั๋วโดยสารของบริษัท Tunisair ที่สนามบิน A.I.M.H.B โดยรูปแบบของระบบแถวคอยจะมีลักษณะเป็น M/M/S หรือระบบแถวคอย 1 ชั้นตอน หลายช่องให้บริการ โดยอัตราการเข้ารับบริการมีการแจกแจงแบบปัวส์ซอง (Poisson) และเวลาในการให้บริการมีการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล (Exponential) โดยต้นทุนของผู้ให้บริการที่ใช้ในการคำนวณคือ ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของการให้บริการลงทะเบียนต่อชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วย ค่าจ้างพนักงานที่เคาน์เตอร์

ค่าจ้างพนักงานในการตรวจสอบสัมภาระของผู้โดยสาร ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ในการชั่งน้ำหนัก ค่าเสื่อมราคาของระบบลงทะเบียนตัวโดยสาร ส่วนต้นทุนในการรอของผู้โดยสารจะคำนวณจากค่าจ้างของผู้โดยสารเฉลี่ยต่อชั่วโมงถ่วงน้ำหนักด้วยสัดส่วนของผู้โดยสารในแต่ละระดับรายได้ โดยจำนวนช่องในการให้บริการที่เหมาะสมจะทำให้ต้นทุนที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในระบบแถวคอยต่ำที่สุดจากการศึกษาพบว่า จำนวนช่องให้บริการที่มีอยู่ 10 ช่อง ถือเป็นจำนวนที่เหมาะสมแล้ว ดังนั้นบริษัทจึงอาจจะใช้วิธีการอื่นในการทำให้ระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น มีวารสารในบริเวณห้องโดยสาร ติดตั้งโทรทัศน์ หรือ จอทีวี เพื่อให้ผู้ให้บริการมีกิจกรรมระหว่างรอรับบริการและสามารถรอคอยได้นานขึ้น

ดำรงฤทธิ์ พลสวัสดิ์ (2551) ได้ศึกษาระบบแถวคอยการรับสมัครนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 และ 2551 โดยเก็บข้อมูลการเข้ามาสมัครทุกๆ 10 นาที ในแต่ละช่วงเวลาละ 1 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 09.00 – 16.00 น. จำนวน 6 วัน โดยการศึกษาในครั้งนี้ได้ใช้ตัวแบบแถวคอยแบบโครงข่าย (Queuing Network) ที่เป็นอนุกรมในการวิเคราะห์ ซึ่งมีจุดให้บริการ 3 จุด ได้แก่ จุดตรวจเอกสาร (แบบจำลองแถวคอยคือ M/M/1) จุดบันทึกข้อมูลนักศึกษาลงในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (แบบจำลองแถวคอยคือ M/M/C) จุดชำระเงินค่าสมัครและออกใบเสร็จ (แบบจำลองแถวคอยคือ M/M/1) จากการศึกษาพบว่า จุดตรวจเอกสารในช่วงเวลาที่ 2 ที่ 3 และ 4 ควรเพิ่มจำนวนผู้ให้บริการอีก 1 คน และในช่วงเวลาที่ 6 ควรลดจำนวนผู้ให้บริการลง 1 คน โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดจำนวนผู้มารับบริการในระบบเฉลี่ยที่เหมาะสมไว้ไม่เกิน 60 คน/ชั่วโมง และไม่ต่ำกว่า 30 คน/ชั่วโมง และเวลารอคอยของผู้มารับบริการในระบบโดยเฉลี่ยไม่ควรเกิน 1 นาที/คน และไม่ควรมากกว่า 0.5 นาที/คน

ขวัญตา ลีลากิจรุ่งเรือง (2554) ได้วิเคราะห์ต้นทุนในการให้บริการและต้นทุนค่าเสียโอกาสที่เกิดจากการรอลงทะเบียนและซื้อบัตรโดยสารของผู้ใช้บริการรถไฟฟ้าบีทีเอสและวิเคราะห์ต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอยที่ห้องแลกเหรียญและห้องจำหน่ายบัตรโดยสารของระบบการให้บริการในปัจจุบัน รวมทั้งปรับปรุงระบบการให้บริการ โดยพิจารณาจำนวนช่องให้บริการที่ก่อให้เกิดต้นทุนในระบบแถวคอยต่ำที่สุด โดยการวิเคราะห์ใช้แบบจำลอง m M/G/1 จากการศึกษา ระบบแถวคอยที่ห้องแลกเหรียญพบว่า อัตราการเข้ารับบริการของผู้โดยสารสำหรับชั่วโมงเร่งด่วน (07.00-09.00น.) มีค่าเท่ากับ 681.85 คน/ชั่วโมง เวลาในการให้บริการมีค่าเท่ากับ 8 วินาที/คน ส่วนระบบแถวคอยที่ห้องจำหน่ายบัตรโดยสาร อัตราการเข้ารับบริการของผู้โดยสารสำหรับชั่วโมงเร่งด่วน (07.00-09.00น.) และนอกชั่วโมงเร่งด่วน (13.00-15.00น.) มีค่าเท่ากับ 414.77 และ

272.20 คน/ชั่วโมง ตามลำดับ เวลาในการให้บริการสำหรับทั้งสองช่วงเวลามีค่าเท่ากับ 25 และ 20 วินาที/คน ตามลำดับ โดยค่าสถิติที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองแถวคอยจะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับต้นทุนในการให้บริการ และต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอ เพื่อคำนวณต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอย โดยผลจากการวิเคราะห์สรุปได้ว่าจำนวนช่องให้บริการที่เหมาะสมของห้องแล็บเหรียญสำหรับชั่วโมงเร่งด่วนควรจะมี 2 ช่องให้บริการ ส่วนห้องจำหน่ายบัตรโดยสารสำหรับชั่วโมงเร่งด่วน และนอกชั่วโมงเร่งด่วนควรจะมี 3 และ 2 ช่องให้บริการ ตามลำดับ

ธมธวัช ต่อชีพะ (2554) ได้วิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้โดยสารของท่าเรือกรุงเทพ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนของระบบแถวคอยของเรือผู้โดยสารที่เข้ามาใช้บริการที่ท่าเรือกรุงเทพ โดยใช้ตัวแบบแถวคอยแบบ M/EK/S ในการอธิบายพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของท่าเรือกรุงเทพรวมทั้งการวิเคราะห์ต้นทุนในส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเรือที่เข้ามาใช้บริการและท่าเรือ และศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพ โดยใช้สมมติฐานที่ว่าจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าหรือจำนวนท่าเทียบเรือจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งต้นทุนหน่วยสุดท้ายของท่าเรือเท่ากับผลประโยชน์หน่วยสุดท้ายซึ่งคือการลดค่าใช้จ่ายของเรือในท่า ผลการวิจัยพบว่า ปัจจุบันท่าเรือกรุงเทพมีอัตราการเข้ามาใช้บริการเท่ากับ 6 ลำต่อวัน และมีระยะเวลาการให้บริการเฉลี่ย 21 ชั่วโมง โดยมีระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 5.58 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 27.19 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.40 ลำ และจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 6.80 ลำ ทำให้ต้นทุนในการรอคอยของเรือผู้โดยสารเท่ากับ 423,479 บาทต่อชั่วโมง ต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือเท่ากับ 193,086 บาทต่อชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนรวมของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้โดยสารของท่าเรือกรุงเทพจึงเท่ากับ 616,565 บาทต่อชั่วโมง สำหรับจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพที่ทำให้ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการของท่าเรือกรุงเทพต่ำที่สุดและมีอัตราการใช้ท่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ ท่าเทียบเรือ 8 ท่า และปั้นจั่นหน้าท่า 16 ตัว หรือเฉลี่ยเท่ากับ 2 ตัวต่อท่า ซึ่งทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยเท่ากับ 579,307 บาทต่อชั่วโมง หรือลดลงเท่ากับ 37,258 บาทต่อชั่วโมง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงวิธีดำเนินการวิจัย การวิจัยครั้งนี้จะการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด้านประชาชน การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ ณ ด้านเก็บเงินค่าผ่านทาง คือ บุคคลผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคล (4 ล้อ) ที่ใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชน ซึ่งในปี พ.ศ. 2553 ด้านประชาชน มีจำนวนผู้ใช้ทางพิเศษ จำนวน 53,462 คนต่อวัน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ บุคคลผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคล (4 ล้อ) ที่ใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชน มีจำนวนประชากรเฉลี่ยต่อวันประมาณ 53,462 คน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขนาดตัวอย่างไว้ 400 คน โดยสูตรการคำนวณประชากรของ ทาโร ยามาเน่ (Yamane. T 1973. 727) มีสูตรดังต่อไปนี้

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

เมื่อ N = จำนวนตัวอย่างหรือขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

n = ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

e = ความน่าจะเป็นของความผิดพลาดที่ยอมรับให้เกิดขึ้นได้ (ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้เท่ากับ 0.05)

เมื่อแทนประชากรทั้งหมดลงไปจะได้กลุ่มตัวอย่างดังนี้

$$n = \frac{53,462}{1 + 53,462 (0.05)^2}$$

$$n \approx 400$$

โดยในงานวิจัยนี้จะใช้ตัวอย่างในการศึกษา 400 ตัวอย่าง

วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นที่ 1 วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบชั้นภูมิ (Stratified Random Sampling) จากจำนวนผู้ใช้บริการทางพิเศษ ด้านประาชาชน ทั้งสิ้น 53,462 ราย และกำหนดขนาดตัวอย่างในแต่ละชั้นภูมิอย่างเป็นสัดส่วนกับจำนวนประชากรที่ใช้บริการ ซึ่งมีขนาดกลุ่มตัวอย่าง 400 ราย

ขั้นที่ 2 เลือกตัวอย่างแบบบังเอิญ (Purposive Sampling) โดยเลือกสถานที่เก็บแบบสอบถามในห้างสรรพสินค้า ที่อยู่ในเขตการปกครองที่ด้านประาชาชนตั้งอยู่ ซึ่งเป็นทางผ่านชั้น-ลง ของผู้ใช้บริการทางพิเศษ โดยผู้วิจัยจะเลือกกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้บริการทางพิเศษที่ด้านประาชาชน ในช่วงเวลาเร่งด่วนเช้า 6.00-9.00 น.

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา คือ แบบสอบถามต้นทุนของผู้ใช้บริการทางพิเศษ ซึ่งเป็นคำถามเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ใช้บริการทางพิเศษ ในด้านคุณลักษณะ เศรษฐกิจ และสังคม

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามการจำแนกจากแหล่งที่มาของข้อมูล ดังนี้

1. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) คือข้อมูล queผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน อาทิเช่น การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กรม

ขนส่งทางบก สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร สำนักการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร บริษัททางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) เป็นต้น รวมถึงข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยต่างๆ และข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตที่จะเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

2. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) คือ ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้จากการเก็บรวบรวมโดยใช้แบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างจากการสัมภาษณ์ผู้ที่ใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชน และการสัมภาษณ์ของเจ้าหน้าที่แต่ละแผนกที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการเก็บค่าผ่านทาง รวมไปถึงแบบสำรวจเพื่อหาอัตราการเข้ารับบริการและอัตราการให้บริการทางพิเศษ

การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำข้อมูล

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

- เก็บข้อมูลจำนวนรถยนต์ที่เข้ามาใช้บริการทางพิเศษที่เข้ามาใช้บริการ เพื่อหาอัตราการเข้ารับบริการ และอัตราการให้บริการ ซึ่งจะใช้ข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- ข้อมูลต้นทุนของผู้ให้บริการทางพิเศษ ซึ่งจะใช้ข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
- ข้อมูลต้นทุนของผู้ใช้บริการทางพิเศษ ซึ่งจะใช้ข้อมูลจากแบบสอบถาม

2. นำข้อมูลที่ได้จากข้างต้นมาตรวจสอบความสมบูรณ์ เพื่อประมวลผลตามขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ระบบแถวคอยและคำนวณค่าสถิติในระบบแถวคอย

ระบบแถวคอยที่ด้านเก็บค่าผ่านทาง ด้านประชาชน คือ ระบบแถวคอยที่มีขั้นตอนเดียว แถวคอยหลายแถวและมีหน่วยให้บริการหลายหน่วย (Multiple-channel -single-phase system) และแบบจำลองแถวคอย คือ $m \quad M/G/1$ โดยกำหนดให้ m คือ จำนวนช่องให้บริการ (ซึ่งมีเท่ากับจำนวนแถวคอย) ดังนั้นอัตราการเข้ารับบริการของแต่ละแถวคอย คือ λ/m และอัตราการให้บริการ คือ μ โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า อัตราการเข้ารับบริการมีการแจกแจงแบบปัวซองส์ และอัตราการให้บริการมีการแจกแจงแบบปกติ โดยสูตรในการคำนวณค่าสถิติในระบบแถวคอยจะเป็นดังนี้ (Gross; & Harris. 2008)

- 1) ค่าความน่าจะเป็นที่จะไม่มีผู้รับบริการอยู่ในระบบ

$$P_0 = 1 - \rho; \rho = \lambda / \mu \quad \dots\dots\dots(1)$$

- 2) ค่าความน่าจะเป็นที่จะมีผู้รับบริการ n อยู่ในระบบ

$$P_n = (1 - \rho) \rho^n; n = 1, 2, 3, \dots, n \quad \dots\dots\dots(2)$$

- 3) จำนวนผู้รับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

$$L_q = \frac{\rho^2 + \lambda^2 \sigma_B^2}{2(1 - \rho)} \quad \dots\dots\dots(3)$$

- 4) จำนวนผู้รับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบ

$$L_s = \frac{\rho^2 + \lambda^2 \sigma_B^2}{2(1 - \rho)} + \rho \quad \dots\dots\dots(4)$$

- 5) เวลาเฉลี่ยที่ผู้รับบริการแต่ละรายอยู่ในแถวคอย

$$W_q = \frac{\rho^2 / \lambda + \lambda \sigma_B^2}{2(1 - \rho)} \quad \dots\dots\dots(5)$$

- 6) เวลาเฉลี่ยที่ผู้รับบริการแต่ละรายอยู่ในระบบ

$$W_s = \frac{\rho^2 / \lambda + \lambda \sigma_B^2}{2(1 - \rho)} + \frac{1}{\mu} \quad \dots\dots\dots(6)$$

ซึ่งในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยจะมีสัญลักษณ์ต่างๆ ในระบบ ดังนี้

λ = อัตราเข้ารับบริการของผู้รับบริการโดยเฉลี่ยต่อชั่วโมง

μ = อัตราการให้บริการของหน่วยให้บริการโดยเฉลี่ยต่อชั่วโมง

σ_B^2 = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการให้บริการ

ρ = ความน่าจะเป็นที่ระบบจะทำงาน

P_0 = ความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่ระบบจะว่าง

P_n = ความน่าจะเป็นหรือโอกาสที่จะมีผู้รับบริการ n คนในระบบ

L_s = จำนวนผู้รับบริการที่อยู่ในระบบโดยเฉลี่ยต่อชั่วโมง

L_q = จำนวนผู้รับบริการที่อยู่ในแถวโดยเฉลี่ยต่อชั่วโมง

W_s = เวลาเฉลี่ยที่ผู้รับบริการแต่ละรายอยู่ในระบบ

W_q = เวลาเฉลี่ยที่ผู้รับบริการแต่ละรายอยู่ในแถวคอย

เมื่อทำการคำนวณค่าสถิติที่กล่าวมาข้างต้น และนำจำนวนผู้ใช้รถเฉลี่ยที่อยู่ในระบบด้านประชาชน (L_s) ในชั่วโมงเร่งด่วน ไปใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนรวมของระบบแถวคอย

การประเมินต้นทุนที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอย

1. การวิเคราะห์ต้นทุนที่ซ่อนเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด ประกอบด้วย ต้นทุนในการให้บริการ และต้นทุนของผู้ใช้บริการ

1.1 การวิเคราะห์ต้นทุนในการให้บริการ ประกอบด้วย ต้นทุนที่ชัดเจน และต้นทุนที่ไม่ชัดเจน

1.1.1 ต้นทุนที่ชัดเจน พิจารณาจากค่าจ้างพนักงานเฉลี่ยต่อชั่วโมง ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการต่อชั่วโมง

ต้นทุนในการให้บริการที่ซ่อนเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด

$$C_{C1} = S_W + S_{OP} + S_{OC} + S_{IN} + S_{FS} + S_{KB} + S_{TF} + S_{AS} + S_{CP} + S_{LT} + S_{LC} + S_{OB} + S_{AV} + S_{RG}$$

โดยกำหนดให้

S_W คือ ค่าจ้างพนักงาน

S_{OP} คือ ค่าเสื่อมราคาจอคอมพิวเตอร์ (Operator VDU 17" LCD)

S_{OC} คือ ค่าเสื่อมราคาไฟจราจรจราจร (Overhead Traffic Light)

S_{IN} คือ ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์สื่อสาร (Intercom)

S_{FS} คือ ค่าเสื่อมราคาสวิตช์ฉุกเฉิน (Foot Switch)

S_{KB} คือ ค่าเสื่อมราคาคีย์บอร์ดสำหรับใช้กับคอมพิวเตอร์ (Keyboard)

S_{TF} คือ ค่าเสื่อมราคาตู้บอกราคาค่าผ่านทาง (Toll Fare Indicator with lane traffic light)

S_{AS} คือ ค่าเสื่อมราคาสัญญาณไฟเตือนด้วยแสง (Amber Security Beacon and Siren)

S_{CP} คือ ค่าเสื่อมราคาป้ายทวนสัญญาณประเภทการจ่ายเงินของประเภทรถ (Class Repeater Sign)

S_{LT} คือ ค่าเสื่อมราคาล้อง CCTV (Lane CCTV)

S_{LC} คือ ค่าเสื่อมราคาตู้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆในช่องให้บริการ (Lane Controller)

S_{OB} คือ ค่าเสื่อมราคาเซ็นเซอร์ หรือ ม่านแสง (Optical Barrier)

S_{AV} คือ ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์แยกประเภทรถ (Automatic Vehicle Classification)

S_{RG} คือ ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์บอกสัญญาณเมื่อให้บริการเสร็จ (Registration Gong)

1.1.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน พิจารณาจากค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการเก็บค่าผ่านทางพิเศษ (C_{11}) ซึ่งต้นทุนค่าเสียโอกาสในการลงทุนนี้จะอยู่ในรูปของมูลค่าดอกเบี้ยเงินฝากที่ควรจะได้รับเมื่อครบกำหนด

ดังนั้นการหาค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการเก็บเงินค่าผ่านทางพิเศษ (C_{11})

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน } (C_{11}) = \text{เงินลงทุน} \times \text{อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก (2.75\%)}$$

หมายเหตุ : อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือน ธนาคารกรุงไทย (เป็นเงื่อนไขตามกฎหมายที่ออกกฎให้บริการกับธนาคารของรัฐบาล)

1.2 การวิเคราะห์ต้นทุนของผู้ใช้บริการ ประกอบด้วย ต้นทุนที่ชัดเจน และต้นทุนที่ไม่ชัดเจน

1.2.1 ต้นทุนที่ชัดเจน พิจารณาจากค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไปจากการที่ต้องชะลอรถหรือจอดรอรอแถวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางของผู้ใช้บริการต่อชั่วโมงและพิจารณาจากค่าใช้จ่ายบริการทางพิเศษ ดังสมการ

$$C_{T1} = AC_{O1} + AC_{P1}$$

โดยกำหนดให้

AC_{O1} คือ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

AC_{P1} คือ ค่าใช้บริการทางพิเศษ

การคำนวณค่าน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรอแถวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ (C_{T1})

แผนผังสาระความรู้เรื่องการอนุรักษ์พลังงานโครงการหยุดรถชดน้ำมัน กระทรวงพลังงาน รายงานว่า หากรถติดรวม 30 นาที จะสิ้นเปลืองน้ำมัน 750 ซีซี." ดังนั้น หากรถติด 1 นาที จะสิ้นเปลืองน้ำมัน 25 ซีซี.

คำนวณหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไปจากการรอแถวเพื่อชำระเงิน

$\text{ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไป} = \text{ระยะเวลาเฉลี่ยในการรอ (นาที)} \times 25 \text{ ซีซี.}$

เมื่อได้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไปจากการรอแถวชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษแล้วนำไปคำนวณหาค่าน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรอแถวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ

คำนวณหาค่าน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรอแถวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ

โดย ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ณ วันที่ 11 ตุลาคม 2554 มีดังนี้

1. แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E10) ราคา 35.37 บาท/ลิตร
2. แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E20) ราคา 31.34 บาท/ลิตร
3. แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E85) ราคา 21.32 บาท/ลิตร
4. แก๊สโซฮอล ออกเทน 91 (Gasohol 91-E10) ราคา 32.34 บาท/ลิตร

- | | |
|----------------------------------|---------------------|
| 5. เบนซิน ออกเทน 91 (UGR 91 RON) | ราคา 35.37 บาท/ลิตร |
| 6. เบนซิน ออกเทน 95 (ULG 95 RON) | ราคา 40.82 บาท/ลิตร |
| 7. ดีเซลหมุนเร็ว (HSD, 0.035%S) | ราคา 27.49 บาท/ลิตร |

หมายเหตุ : ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ณ วันที่ 11 ตุลาคม 2554

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง 1000 ซีซี. = 1 ลิตร

สูตรในการคำนวณค่าน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรอแถวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ (A_{CO1})

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไป x ราคาน้ำมันปัจจุบัน (บาท/ซีซี.)

1.2.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน พิจารณาจากค่าเสียโอกาสที่ผู้ขับรถต้องสูญเสียไปจากการที่ต้องชะลอรถหรือจอดรถรอแถวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ ซึ่งเวลาที่ต้องสูญเสียไปนั้นอาจนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น การประเมินค่าเสียโอกาสในการรอคำนวณจากรายได้เฉลี่ยต่อชั่วโมงของผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด โดยแสดงการคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอของผู้ใช้บริการได้ดังนี้

กรณีที่ 1 การหาต้นทุนค่าเสียโอกาสที่ร้อยละ 45

$$C_{w1} = 45\% \times [\text{รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ใช้บริการ/จำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 เดือน}]$$

กรณีที่ 1 การหาต้นทุนค่าเสียโอกาสที่ร้อยละ 54

$$C_{w1} = 54\% \times [\text{รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ใช้บริการ/จำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 เดือน}]$$

กรณีที่ 1 การหาต้นทุนค่าเสียโอกาสที่ร้อยละ 60

$$C_{w1} = 60\% \times [\text{รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ใช้บริการ/จำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 เดือน}]$$

2. การวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ จะแบ่ง 2 ส่วน ได้แก่

2.1 การวิเคราะห์ต้นทุนในการให้บริการ ประกอบด้วย ต้นทุนที่ชัดเจน และต้นทุนที่ไม่ชัดเจน

2.1.1 ต้นทุนที่ชัดเจน พิจารณาจากค่าจ้างพนักงานเฉลี่ยต่อชั่วโมง ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการต่อชั่วโมง

ต้นทุนในการให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

$$C_{O2} = S_{PC} + S_{ST} + S_{GA} + S_{AX} + S_{TC} + S_{PS} + S_{OB} + S_{CU} + S_{AB} + S_{CC} + S_{UP} + S_{SS} + S_{CT}$$

โดยกำหนดให้

S_{PC} คือ ค่าเสื่อมราคาคอมพิวเตอร์ประจำตู้เก็บค่าผ่านทาง (Lane Controller Unit)

S_{ST} คือ ค่าเสื่อมราคาอุปกรณ์สื่อสาร (Sub Station Intercom)

S_{GA} คือ ค่าเสื่อมราคาสัญญาณไฟแสดงสถานะช่องทาง (สัญญาณไฟ A, X, GreenArrow)

S_{AX} คือ ค่าเสื่อมราคาสัญญาณไฟแสดงสถานะช่องทาง (สัญญาณไฟ A, X)

S_{TC} คือ ค่าเสื่อมราคาตู้บอกราคาค่าผ่านทาง (Toll Information Point Combined with Lane Traffic Light)

S_{PS} คือ ค่าเสื่อมราคาเซ็นเซอร์ (Presence Sensor)

S_{OB} คือ ค่าเสื่อมราคาเซ็นเซอร์ หรือ ม่านแสง (Optical Barrier)

S_{CU} คือ ค่าเสื่อมราคาเครื่องอ่านบัตร EASY PASS (Antenna Control Unit)

S_{AB} คือ ค่าเสื่อมราคาไม้กั้นอัตโนมัติ (Automatic Lane Barrier)

S_{CC} คือ ค่าเสื่อมราคากล้อง CCTV (CCTV Camera)

S_{UP} คือ ค่าเสื่อมราคาเครื่องจ่ายไฟสำรอง (UPS ขนาด 2 kVA สำหรับเลน)

S_{SS} คือ ค่าเสื่อมราคาเครื่องจ่ายไฟสำรอง (Static Switch)

S_{CT} คือ ค่าเสื่อมราคาชุดควบคุมสำหรับนับรถ

2.1.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน พิจารณาจากค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการเก็บค่าผ่านทางพิเศษ (C_{I2}) ซึ่งต้นทุนค่าเสียโอกาสในการลงทุนนี้จะอยู่ในรูปของมูลค่าดอกเบี้ยเงินฝากที่ควรจะได้รับเมื่อครบกำหนด

ดังนั้นการหาค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการเก็บเงินค่าผ่านทางพิเศษ (C_{I2})

$$\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน } (C_{I2}) = \text{เงินลงทุน} \times \text{อัตราดอกเบี้ยเงินฝาก}$$

หมายเหตุ : อัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำ 12 เดือน ธนาคารกรุงไทย (เป็นเงื่อนไขตามกฎหมายที่ออกกฎให้ใช้บริการกับธนาคารของรัฐบาล)

2.2 การวิเคราะห์ต้นทุนของผู้ให้บริการ ประกอบด้วย ต้นทุนที่ชัดเจน และต้นทุนที่ไม่ชัดเจน

2.2.1 ต้นทุนที่ชัดเจน พิจารณาจากค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไปจากการที่ต้องชะลอรถหรือจอดรอแถวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางของผู้ใช้บริการต่อชั่วโมงและพิจารณาจากค่าใช้บริการทางพิเศษ ดังสมการ

$$C_{T2} = AC_{O2} + AC_{P2}$$

โดยกำหนดให้

AC_{O2} คือ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

AC_{P2} คือ ค่าใช้บริการทางพิเศษ

การคำนวณค่าน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรอแถวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ (C_{T2})

“โครงการหยุดรถชดน้ำมัน กระทรวงพลังงาน รายงานว่า หากรถติดรวม 30 นาที จะสิ้นเปลืองน้ำมัน 750 ซีซี.” ดังนั้น หากรถติด 1 นาที จะสิ้นเปลืองน้ำมัน 25 ซีซี.

คำนวณหาปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไปจากการรอแถวเพื่อชำระเงิน

$$\text{ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไป} = \text{ระยะเวลาเฉลี่ยในการรอ (นาที)} \times 25 \text{ ซีซี.}$$

เมื่อได้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไปจากการรอกแหวชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษแล้ว
นำไปคำนวณหาค่าน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรอกแหวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ

คำนวณหาค่าน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรอกแหวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ

โดย ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ณ วันที่ 11 ตุลาคม 2554 มีดังนี้

1. แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E10) ราคา 35.37 บาท/ลิตร
2. แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E20) ราคา 31.34 บาท/ลิตร
3. แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E85) ราคา 21.32 บาท/ลิตร
4. แก๊สโซฮอล ออกเทน 91 (Gasohol 91-E10) ราคา 32.34 บาท/ลิตร
5. เบนซิน ออกเทน 91 (UGR 91 RON) ราคา 35.37 บาท/ลิตร
6. เบนซิน ออกเทน 95 (ULG 95 RON) ราคา 40.82 บาท/ลิตร
7. ดีเซลหมุนเร็ว (HSD, 0.035%S) ราคา 27.49 บาท/ลิตร

หมายเหตุ : ราคาน้ำมันเชื้อเพลิง ณ วันที่ 11 ตุลาคม 2554

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิง 1000 ซีซี. = 1 ลิตร

สูตรในการคำนวณค่าน้ำมันเชื้อเพลิงขณะรอกแหวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ (A_{CO_2})

ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไป x ราคาน้ำมันปัจจุบัน (บาท/ซีซี)

2.2.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน พิจารณาจากค่าเสียโอกาสที่ผู้ขับรถต้องสูญเสียไปจากการที่ต้องชะลอรถหรือจอดรอกแหวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ ซึ่งเวลาที่ต้องสูญเสียไปนั้นอาจนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่น การประเมินค่าเสียโอกาสในการรอกคำนวณจากรายได้เฉลี่ยต่อชั่วโมงของผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด โดยแสดงการคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอกของผู้ใช้บริการได้ดังนี้

กรณีที่ 1 การหาต้นทุนค่าเสียโอกาสที่ร้อยละ 45

$$C_{W2} = 45\% \times [\text{รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ใช้บริการ/จำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 เดือน}]$$

กรณีที่ 1 การหาต้นทุนค่าเสียโอกาสที่ร้อยละ 54

$$C_{W2} = 54\% \times [\text{รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ใช้บริการ/จำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 เดือน}]$$

กรณีที่ 1 การหาต้นทุนค่าเสียโอกาสที่ร้อยละ 60

$$C_{W2} = 60\% \times [\text{รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ใช้บริการ/จำนวนชั่วโมงการทำงานใน 1 เดือน}]$$

3. การประเมินต้นทุนรวมของระบบที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด และช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

สามารถแสดงสมการต้นทุนรวมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด และช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติได้ดังนี้

3.1 ต้นทุนรวมของระบบที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด (สำหรับชั่วโมงเร่งด่วน)

$$TC_1 = [m (C_{C1} + C_{I1})] + [(C_{T1} + C_{W1}) L_1]$$

3.2 ต้นทุนรวมของระบบที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ (สำหรับชั่วโมงเร่งด่วน)

$$TC_2 = [m (C_{C2} + C_{I2})] + [(C_{T2} + C_{W2}) L_2]$$

โดยกำหนดให้

TC_1 : ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดต่อชั่วโมง

TC_2 : ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติต่อชั่วโมง

m : จำนวนหน่วยให้บริการ (มีค่าเท่ากับจำนวนแถวคอย)ต่อชั่วโมง

C_{C1} : ต้นทุนที่จัดแจ้งในการให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดต่อชั่วโมง

C_{I1} : ต้นทุนที่ไม่จัดแจ้งในการให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดต่อชั่วโมง

C_{T1} : ต้นทุนที่จัดแจ้งของผู้ใช้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดต่อชั่วโมง

C_{W1} : ต้นทุนที่ไม่จัดแจ้งผู้ให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติต่อชั่วโมง

C_{C2} : ต้นทุนที่จัดแจ้งในการให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติต่อชั่วโมง

C_{I2} : ต้นทุนที่ไม่จัดแจ้งในการให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติต่อ

ชั่วโมง

C_{T2} : ต้นทุนที่จัดจ้างของผู้ให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติต่อชั่วโมง

C_{W2} : ต้นทุนที่ไม่จัดจ้างผู้ให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติต่อชั่วโมง

L_1 : จำนวนผู้ใช้รถเฉลี่ยที่อยู่ในระบบที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด

L_2 : จำนวนผู้ใช้รถเฉลี่ยที่อยู่ในระบบที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชา
ชน ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ต้นทุนที่ชองเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด
2. การวิเคราะห์ต้นทุนที่ชองเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ
3. การประเมินต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอย และการหาจำนวนที่เหมาะสมของ
ชองเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและชองเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

การวิเคราะห์ต้นทุนที่ชองเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด

การวิเคราะห์ต้นทุนที่ชองเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดประกอบด้วย ต้นทุนในการให้บริการ
และต้นทุนของผู้ใช้บริการ ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์ต้นทุนในการให้บริการ ประกอบด้วย ต้นทุนที่ชัดเจน และต้นทุนที่
ไม่ชัดเจน

1.1.1 ต้นทุนที่ชัดเจน พิจารณาจากค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับ
การให้บริการต่อชั่วโมง และค่าจ้างพนักงานต่อชั่วโมง โดยการคำนวณค่าเสื่อมราคาจะใช้เกณฑ์
หลักของกรมบัญชีกลางที่หักค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และครุภัณฑ์ไฟฟ้า ร้อยละ
33.33 และ 20 ต่อปี ตามลำดับ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 5 ต้นทุนที่ชัดเจนของชองเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด

ประเภททรัพย์สิน	อายุการใช้ งาน (ปี)	อัตราค่าเสื่อม ราคาต่อปี(%)	ค่าเสื่อมราคา บาท/ชั่วโมง
ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการต่อชั่วโมง			
1. จอคอมพิวเตอร์	3	33.33	0.139
2. ไฟลูกศรจราจร	5	20	0.087
3. อุปกรณ์สื่อสาร	5	20	0.011

ตาราง 5 (ต่อ)

ประเภททรัพย์สิน	อายุการใช้ งาน (ปี)	อัตราค่าเสื่อม ราคาต่อปี(%)	ค่าเสื่อมราคา บาท/ชั่วโมง
ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการต่อชั่วโมง			
4. สวิตช์ฉุกเฉิน	5	20	0.008
5. คีย์บอร์ดสำหรับใช้กับคอมพิวเตอร์	3	33.33	0.216
6. ตู้บอกราคาค่าผ่านทาง	5	20	0.471
7. สัญญาณไฟเตือนด้วยแสง	5	20	0.065
8. ป้ายทวนสัญญาณประเภทการ จ่ายเงินของประเภทรถ	5	20	0.272
9. กล้อง CCTV	5	20	0.264
10. ตู้ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆในช่อง ให้บริการ	5	20	0.709
11. ม่านแสง	5	20	0.444
12. อุปกรณ์แยกประเภทรถ	5	20	1.014
13. อุปกรณ์บอกสัญญาณเมื่อให้บริการ เสร็จ	5	20	0.001
รวม			3.701
ค่าจ้างพนักงานต่อชั่วโมง			91.4048
รวม			95.1058

หมายเหตุ : เกณฑ์หลักของกรมบัญชีกลางที่หักค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และครุภัณฑ์ไฟฟ้า ร้อยละ 33.33 และ 20 ต่อปี

1.1.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน พิจารณาจากค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด

ค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด

$$\begin{aligned}\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (C}_1\text{)} &= 3.701 \times 2.75\% \\ &= 0.101 \text{ บาท/ชม.}\end{aligned}$$

ดังนั้นค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด จะเท่ากับ 0.101 บาท/ชั่วโมง

1.2 การวิเคราะห์ต้นทุนของผู้ให้บริการ ประกอบด้วย ต้นทุนที่ชัดเจน และต้นทุนที่ไม่ชัดเจน

1.2.1 ต้นทุนที่ชัดเจน พิจารณาจากค่าน้ำมันเชื้อเพลิงต่อชั่วโมงและค่าใช้บริการทางพิเศษ

จากการเก็บแบบสอบถามผู้ให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดโดยเฉลี่ยแล้วใช้ประเภทน้ำมันประเภท แก๊สโซฮอล 91 และมีระยะเวลาในการรอเฉลี่ย 13.3 นาที ดังนั้นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยที่ผู้ให้บริการชำระค่าผ่านทางที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด เท่ากับ 10.75 บาท/ชั่วโมง (จากภาคผนวก ค หน้า 81) และค่าใช้บริการทางพิเศษ เท่ากับ 55 บาท ดังนั้นเมื่อนำค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยและค่าใช้บริการทางพิเศษรวมกันจะได้ต้นทุนที่ชัดเจน เท่ากับ 65.75 บาท/ชั่วโมง

1.2.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน พิจารณาจากค่าเสียโอกาสที่ผู้ขับรถต้องสูญเสียไปจากการที่ต้องชะลอรถหรือจอดรอตลอดเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ โดยการคำนวณจากรายได้เฉลี่ยต่อชั่วโมงของผู้ให้บริการทางพิเศษด้านประชาชน โดยจากการเก็บแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 300 ตัวอย่าง ให้ผลดังตาราง 6

ตาราง 6 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดในด้านคุณลักษณะ เศรษฐกิจ และสังคม เกี่ยวกับการให้บริการทางพิเศษ

คุณลักษณะ เศรษฐกิจ และสังคม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	159	39.75
หญิง	141	35.25
อายุ		
19 ปี หรือต่ำกว่า	2	0.67
20-29ปี	78	26.00
30-39ปี	101	33.67

ตาราง 6 (ต่อ)

คุณลักษณะ เศรษฐกิจ และสังคม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
อายุ (ต่อ)		
40-49ปี	82	27.33
50-59ปี	34	11.33
60ปี ขึ้นไป	3	1.00
ระดับรายได้ต่อเดือน		
15000 บาท หรือต่ำกว่า	46	15.33
15001-25000 บาท	116	38.67
25001-35000 บาท	47	15.67
65001-75000 บาท	5	1.67
75001-85000 บาท	4	1.33
85001-95000 บาท	1	0.33
95001 บาท ขึ้นไป	20	6.67
ประเภทน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้		
แก๊สโซฮอล 95 e10	57	19.00
แก๊สโซฮอล 95 e20	38	12.67
แก๊สโซฮอล 95 e85	27	9.00
แก๊สโซฮอล 91	71	23.67
เบนซิน 91	54	18.00
เบนซิน 95	4	1.33
ดีเซล	49	16.33
รวม	300	100.00

ที่มา : จากภาคผนวก ก หน้า 75

จากตาราง 6 พบว่าผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีสัดส่วนของผู้ใช้บริการเพศชายมากกว่าเพศหญิง และผู้ใช้บริการส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 30-39 ปี จำนวน 39 คน คิดเป็นร้อยละ 39 รองลงมาคือผู้ใช้บริการมีอายุอยู่ในช่วง 40-49 ปี จำนวน 82 คน คิดเป็นร้อยละ 27.33 ส่วนช่วงอายุที่มีผู้ใช้บริการน้อยที่สุดคือช่วง 19 ปีหรือต่ำกว่า จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ

0.67 ด้านระดับรายได้ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่มีระดับรายได้อยู่ในช่วง 15001-25000 บาท/เดือน จำนวน 116 คน คิดเป็นร้อยละ 38.67 รองลงมาคือผู้ใช้บริการมีระดับรายได้ในช่วง 25001-35000 บาท/เดือน จำนวน 47 คน คิดเป็นร้อยละ 15.67 และระดับรายได้ที่น้อยที่สุดคือช่วง 85,001-95,000 บาท/เดือน จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.33 สำหรับประเภทน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผู้ใช้บริการใช้มากที่สุดคือ แก๊สโซฮอล์ 91 จำนวน 71 คน คิดเป็นร้อยละ 23.67 รองลงมาคือ แก๊สโซฮอล์ 95 (e10) จำนวน 57 คน คิดเป็นร้อยละ 19 และประเภทน้ำมันที่มีผู้ใช้บริการน้อยที่สุดคือ เบนซิน 95 จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 1.33

การประเมินต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอ โดยการคำนวณจากรายได้เฉลี่ยต่อชั่วโมงของผู้ใช้บริการทางพิเศษด่านประจักษ์ โดยจากการเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 300 ตัวอย่างให้ผลดังนี้

จากการเก็บแบบสอบถามพบว่ารายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ที่ใช้ช่องบริการแบบเงินสดเท่ากับ 44,174 บาท/เดือน จำนวนวันทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 5 วัน/สัปดาห์ จำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย 8 ชั่วโมง/วัน โดยข้อมูลดังกล่าวจะนำไปคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอ ได้ผลดังต่อไปนี้

$$C_w = 45\% \times \left[\frac{44,174}{(8)(22)} \right]$$

ดังนั้นต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอมีค่าเท่ากับ 112.944 บาท/ชั่วโมง

จากนั้นทำการวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวอ่อนไหว (Sensitive Analysis) ของต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรออีก 2 ระดับ คือ ร้อยละ 54 และร้อยละ 60 ของอัตราค่าจ้างเฉลี่ยต่อชั่วโมง ได้ผลดังนี้

$$C_w = 54\% \times \left[\frac{44,174}{(8)(22)} \right]$$

ดังนั้นต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอมีค่าเท่ากับ 135.533 บาท/ชั่วโมง

$$C_w = 60\% \times \left[\frac{44,174}{(8)(22)} \right]$$

ดังนั้นต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอมีค่าเท่ากับ 150.529 บาท/ชั่วโมง

ตาราง 7 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอสำหรับผู้ให้บริการชำระค่าผ่านทางแบบเงินสด

(หน่วย : บาท/ชั่วโมง)

ร้อยละ	ต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอของผู้ให้บริการ
45	112.944
54	135.533
60	150.529

จากการวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดในส่วนของต้นทุนในการให้บริการและต้นทุนของผู้ให้บริการ สามารถสรุปจำนวนต้นทุนแต่ละส่วนได้ดังตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 8 สรุปต้นทุนรวมที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด

ต้นทุนในการให้บริการ		ต้นทุนของผู้ให้บริการ	
ต้นทุนที่ชัดเจน	ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน	ต้นทุนที่ชัดเจน	ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน
บาท/ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง
95.10	0.101	65.75	112.94

การคำนวณสถิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบแถวคอย

1. การคำนวณหาอัตราการเข้ารับบริการทางพิเศษ

การศึกษาในครั้งนี้จะเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนผู้ใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชนใน ช่วงวันที่ 9-13 มกราคม พ.ศ. 2555 สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น. โดยแสดงข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 9 จำนวนรถที่มาใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น.

(หน่วย : คัน/ชั่วโมง)

วัน/เดือน/ปี	จำนวนรถที่มาใช้บริการต่อชั่วโมง
9/1/55	291
10/1/55	380
11/1/55	405
12/1/55	412
13/1/55	410
ค่าเฉลี่ย	379.6

จากตาราง 9 พบว่าตั้งแต่วันที่ 9-13 มกราคม พ.ศ. 2555 อัตราการเข้ารับบริการเฉลี่ยต่อชั่วโมง สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น. มีค่าเท่ากับ 379.6 คัน/ชั่วโมง แต่เนื่องจากในปัจจุบันช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมี 11 ช่องให้บริการ ดังนั้นอัตราการเข้ารับบริการเฉลี่ยทั้งระบบ (λ) จะเท่ากับ 4,175.6 คัน/ชั่วโมง

2. การคำนวณหาอัตราการให้บริการแก่ผู้ใช้บริการทางพิเศษ

การศึกษาในครั้งนี้จะเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาเฉลี่ยในการเข้ารับบริการ ในช่วงวันที่ 9-13 มกราคม พ.ศ. 2555 สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น. โดยแสดงข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 10 เวลาในการให้บริการเฉลี่ยรถที่ใช้บริการ สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น.

(หน่วย : วินาที/คัน)

วัน/เดือน/ปี	เวลาในการให้บริการเฉลี่ยต่อรถที่ใช้บริการ
	1 คัน
9/1/55	4.0
10/1/55	4.0
11/1/55	3.9
12/1/55	4.0
13/1/55	3.8
เฉลี่ย	3.9
ค่าความแปรปรวน	$6.1728e^{-10}$

จากตาราง 10 พบว่าเวลาในการให้บริการเฉลี่ยต่อผู้โดยสาร 1 คน สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น. จะเท่ากับ 3.9 วินาที/คัน หรือกล่าวได้ว่าอัตราการให้บริการเท่ากับ 922.8 คัน/ชั่วโมง โดยค่าความแปรปรวนของเวลาในการให้บริการเท่ากับ $6.1728e^{-10}$ ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้อัตราการเข้ารับบริการผ่านช่องทางแบบเงินสด

3.9 วินาที ให้บริการผู้โดยสารได้ 1 คัน
60 วินาที ให้บริการผู้โดยสารได้ 15.38 คัน

1 นาที ให้บริการผู้โดยสารได้ 15.38 คัน
60 นาที ให้บริการผู้โดยสารได้ 922.8 คัน

1.3 การคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ

คำนวณสถิติของระบบแถวคอยสำหรับช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด

จากข้อมูลข้างต้น อัตราการเข้ารับบริการเฉลี่ยต่อชั่วโมงของทั้งระบบสำหรับช่วงเวลา 6.00-9.00 น. เท่ากับ 4,176.26 คัน/ชั่วโมง และอัตราการให้บริการเฉลี่ยต่อชั่วโมงสำหรับช่วงเวลา 6.00-9.00 น. เท่ากับ 922.8 คัน/ชั่วโมง หรือสรุปได้ดังนี้

$$\lambda = 4,175.6 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

$$\mu = 922.8 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

ตาราง 11 ค่าสถิติของระบบแถวคอยสำหรับช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด

ค่าสถิติ	จำนวนช่องให้บริการ						
	5	6	7	8	9	10	11
λ / m	835.12	695.93	596.51	521.95	463.95	417.56	379.6
μ	922.8	922.8	922.8	922.8	922.8	922.8	922.8
σ_B^2	$6.1728e^{-10}$	$6.1728e^{-10}$	$6.1728e^{-10}$	$6.1728e^{-10}$	$6.1728e^{-10}$	$6.1728e^{-10}$	$6.1728e^{-10}$
$\lambda / m < \mu$	835.12<922.8	695.93<922.8	596.51<922.8	521.95<922.8	463.95<922.8	417.56<922.8	379.6<922.8
ρ	0.9049848288	0.7541504118	0.6464130906	0.5656155180	0.5027633290	0.4524924144	0.4113567404
P_0	0.0950151712	0.2458495882	0.3535869094	0.4343844820	0.4972366710	0.5475075856	0.5886432596
L_q	4.3120905671	1.1572966380	0.5911835474	0.3684398202	0.2543093149	0.1870814370	0.1438080813
L_1	5.2170753959	1.9114470498	1.2375966380	0.9340553382	0.7570726439	0.6395738514	0.5551648217
W_q	0.0051634383	0.0016629498	0.0009910706	0.0007058910	0.0005481395	0.0004480349	0.0003788411
W_s	0.0062470967	0.0027466082	0.0020747291	0.0017895495	0.0016317979	0.0015316933	0.0014624995

หมายเหตุ : กำหนดให้ λ / m คือ อัตราการเข้ารับบริการต่อจำนวนช่องให้บริการ (จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยที่เข้ามารับบริการในหนึ่งหน่วยเวลา)

μ คือ อัตราการให้บริการเฉลี่ยต่อชั่วโมง

σ_B^2 คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการให้บริการ

ρ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ระบบจะทำงาน หรือความน่าจะเป็นที่ระบบจะไม่ว่าง

P_0 คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ระบบจะว่าง

L_q คือ จำนวนผู้รับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

L_1 คือ จำนวนผู้รับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบ W_q คือ เวลาเฉลี่ยที่ผู้รับบริการแต่ละรายอยู่ในแถวคอย

W_s คือ เวลาเฉลี่ยที่ผู้รับบริการแต่ละรายอยู่ในระบบ

จากตาราง 11 แสดงให้เห็นถึงค่าสถิติที่คำนวณได้ของระบบแถวคอยสำหรับช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดที่ในปัจจุบันมีทั้งหมด 11 ช่องให้บริการ โดยอัตราเข้ารับบริการของแต่ละช่องให้บริการ (λ/m) จะคำนวณจากผลหารของอัตราการเข้ารับบริการของทั้งระบบกับจำนวนช่องให้บริการ โดยเงื่อนไขที่สำคัญที่ทำให้ระบบแถวคอยอยู่ในสภาวะคงตัวคือค่า $\lambda/m < \mu$ เมื่อระบบแถวคอยมีช่องให้บริการจำนวน 11 ช่อง (ระบบปัจจุบัน) จะทำให้จำนวนลูกค้าที่อยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ (L_1) 5.2170 คัน/ชั่วโมง ถ้าลดช่องให้บริการเป็น 10, 9, 8, 7, 6, และ 5 ช่อง ตามลำดับ จะทำให้ลูกค้าที่อยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ 1.9114 คัน/ชั่วโมง, 1.2375 คัน/ชั่วโมง, 0.9340 คัน/ชั่วโมง, 0.7570 คัน/ชั่วโมง, 0.6395 คัน/ชั่วโมง, และ 0.5551 คัน/ชั่วโมง ตามลำดับ โดยจำนวนลูกค้าที่อยู่ในระบบที่คำนวณได้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนรวมในระบบแถวคอยต่อไป

การวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

2.1 การวิเคราะห์ต้นทุนในการให้บริการ ประกอบด้วยต้นทุนที่ชัดเจนและต้นทุนที่ไม่ชัดเจน

2.1.1 ต้นทุนที่ชัดเจน ประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการต่อ โดยการคำนวณค่าเสื่อมราคาจะใช้เกณฑ์หลักของกรมบัญชีกลางที่หักค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และครุภัณฑ์ไฟฟ้า ร้อยละ 33.33 และ 20 ต่อปี ตามลำดับ ดังแสดงในตารางต่อไปนี้

ตาราง 12 ต้นทุนที่ชัดเจนของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

ประเภททรัพย์สิน	อายุการใช้งาน (ปี)	อัตราค่าเสื่อมราคาต่อปี(%)	ค่าเสื่อมราคาบาท/ชั่วโมง
1. คอมพิวเตอร์ประจำตู้เก็บค่าผ่านทาง	3	33.33	2.624
2. อุปกรณ์สื่อสาร	5	20	0.011
3. สัญญาณไฟ A, X, GreenArrow	5	20	0.116
4. สัญญาณไฟ A, X	5	20	0.082
5. ตู้บอกราคาผ่านทาง	5	20	0.446
6. เซ็นเซอร์	5	20	0.023
7. เซ็นเซอร์ หรือ ม่านแสง	5	20	0.421

ตาราง 12 (ต่อ)

ประเภททรัพย์สิน	อายุการใช้ งาน (ปี)	อัตราค่าเสื่อม ราคาต่อปี(%)	ค่าเสื่อมราคา บาท/ชั่วโมง
8. เครื่องอ่านบัตร EASY PASS	5	20	1.491
9. ไม้งัดอัตโนมัติ	5	20	0.547
10. กล้อง CCTV	5	20	0.250
11. เครื่องจ่ายไฟสำรอง (UPS)	5	20	0.794
12. เครื่องจ่ายไฟสำรอง	5	20	0.158
13. ชุดควบคุมสำหรับนับรถ	5	20	0.178
รวม			7.141

หมายเหตุ : เกณฑ์หลักของกรมบัญชีกลางที่หักค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ และครุภัณฑ์ไฟฟ้า ร้อยละ 33.33 และ 20 ต่อปี

2.1.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน พิจารณาจากค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

ค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

$$\begin{aligned}\text{ค่าเสียโอกาสในการลงทุน (C}_1\text{)} &= 7.141 \times 2.75\% \\ &= 0.196 \text{ บาท/ชม.}\end{aligned}$$

ดังนั้นค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด จะเท่ากับ 0.196 บาท/ชั่วโมง

2.2 การวิเคราะห์ต้นทุนของผู้ใช้บริการ ประกอบด้วยต้นทุนที่ชัดเจน และต้นทุนที่ไม่ชัดเจน

2.2.1 ต้นทุนที่ชัดเจน พิจารณาจากค่าน้ำมันเชื้อเพลิงต่อชั่วโมงและค่าใช้บริการทางพิเศษ

จากการเก็บแบบสอบถามผู้ให้บริการที่ชั่งเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติโดยเฉลี่ยแล้ว เลือกใช้น้ำมันประเภท แก๊สโซฮอล์ 95 (e10) และมีระยะเวลาในการรอเฉลี่ย 12 นาที ดังนั้นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยที่ผู้ให้บริการชำระค่าผ่านทางที่ชั่งเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ เท่ากับ 9.70 บาท/ชั่วโมง (จากภาคผนวก ค หน้า 81) และค่าใช้บริการทางพิเศษ เท่ากับ 55 บาท ดังนั้นเมื่อนำค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยและค่าใช้บริการทางพิเศษรวมกันจะได้ต้นทุนที่ชัดเจนเท่ากับ 64.70 บาท/ชั่วโมง

2.2.2 ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน พิจารณาจากค่าเสียโอกาสที่ผู้ใช้รถต้องสูญเสียไปจากการที่ต้องชะลอรถหรือจอดรอแถวเพื่อชำระเงินค่าผ่านทางพิเศษ โดยการคำนวณจากรายได้เฉลี่ยต่อชั่วโมงของผู้ให้บริการทางพิเศษด้านประชาชน โดยจากการเก็บแบบสอบถามข้อมูลทั่วไปจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 300 ตัวอย่าง ให้ผลดังตาราง 12

ตาราง 13 ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้บริการที่ชั่งเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติในด้านคุณลักษณะเศรษฐกิจ และสังคม เกี่ยวกับการใช้บริการทางพิเศษ

คุณลักษณะเศรษฐกิจ และสังคม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	67	67
หญิง	33	33
อายุ		
19 ปี หรือต่ำกว่า	18	18
20-29ปี	39	39
30-39ปี	28	28
40-49ปี	14	14
50-59ปี	1	1
60ปี ขึ้นไป	67	67

ตาราง 13 (ต่อ)

คุณลักษณะเศรษฐกิจ และสังคม	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ระดับรายได้		
15000 หรือต่ำกว่า	7	7
15001-25000	27	27
25001-35000	15	15
65001-75000	3	3
75001-85000	2	2
85001-95000	1	1
95001 ขึ้นไป	17	17
ประเภทน้ำมันเชื้อเพลิง		
แก๊สโซฮอล 95 e10	33	33
แก๊สโซฮอล 95 e20	13	13
แก๊สโซฮอล 95 e85	11	11
แก๊สโซฮอล 91	17	17
เบนซิน 91	19	19
เบนซิน 95	1	1
ดีเซล	6	6
รวม	100	100

ที่มา : จากภาคผนวก ก หน้า 75

จากตาราง 13 พบว่าผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ มีสัดส่วนของผู้ใช้บริการเพศชายมากกว่าเพศหญิง และผู้ใช้บริการส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 30-39 ปี จำนวน 101 คน คิดเป็นร้อยละ 33.67 รองลงมาคือผู้ใช้บริการมีอายุอยู่ในช่วง 40-49 ปี จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 28 ส่วนช่วงอายุที่มีผู้ใช้บริการน้อยที่สุดคือช่วง 60ปี ขึ้นไป จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1 ด้านระดับรายได้ผู้ใช้บริการส่วนใหญ่มีระดับรายได้อยู่ในช่วง 95001 ขึ้นไป บาท/เดือน จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 17 รองลงมาคือผู้ใช้บริการมีระดับรายได้อยู่ในช่วง 45001-55000 บาท/เดือน จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 13 และระดับรายได้ที่น้อยที่สุดคือช่วง 85001-95000 บาท/เดือน จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1 สำหรับประเภทน้ำมันเชื้อเพลิงที่ผู้ใช้บริการใช้มากที่สุด

คือ แก๊สโซฮอล 95 (e10) จำนวน 33 คน คิดเป็นร้อยละ 33 รองลงมาคือ เบนซิน 91 จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 19 และประเภทน้ำมันที่มีผู้ใช้บริการน้อยที่สุดคือ เบนซิน 95 จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 1

การประเมินต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอ โดยการคำนวณจากรายได้เฉลี่ยต่อชั่วโมงของผู้ใช้บริการทางพิเศษด่านประาชชัย โดยจากการเก็บแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 300 ตัวอย่างให้ผลดังนี้

จากการเก็บแบบสอบถามพบว่ารายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ที่ใช้ช่องบริการแบบอัตโนมัติเท่ากับ 65,030 บาท/เดือน จำนวนวันทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 5 วัน/สัปดาห์ จำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ย 8 ชั่วโมง/วัน โดยข้อมูลดังกล่าวจะนำไปคำนวณต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอ ได้ผลดังต่อไปนี้

$$C_w = 45\% \times \left[\frac{65,030}{(8)(22)} \right]$$

ดังนั้นต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอมีค่าเท่ากับ 166.26 บาท/ชั่วโมง

จากนั้นทำการวิเคราะห์ความเคลื่อนไหวอ่อนไหว (Sensitive Analysis) ของต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรออีก 2 ระดับ คือ ร้อยละ 54 และร้อยละ 60 ของอัตราค่าจ้างเฉลี่ยต่อชั่วโมง ได้ผลดังนี้

$$C_w = 54\% \times \left[\frac{65,030}{(8)(22)} \right]$$

ดังนั้นต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอมีค่าเท่ากับ 199.52 บาท/ชั่วโมง

$$C_w = 60\% \times \left[\frac{65,030}{(8)(22)} \right]$$

ดังนั้นต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอมีค่าเท่ากับ 221.69 บาท/ชั่วโมง

ตาราง 14 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอสำหรับผู้ให้บริการชำระค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

(หน่วย : บาท/ชั่วโมง)

ร้อยละ	ต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอของผู้ให้บริการ
45	166.26
54	199.52
60	221.69

จากการวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติในส่วนของต้นทุนในการให้บริการและต้นทุนของผู้ให้บริการ สามารถสรุปจำนวนต้นทุนแต่ละส่วนได้ดังตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 15 สรุปต้นทุนรวมที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

ต้นทุนในการให้บริการ		ต้นทุนของผู้ให้บริการ	
ต้นทุนที่ชัดเจน	ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน	ต้นทุนที่ชัดเจน	ต้นทุนที่ไม่ชัดเจน
บาท/ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง
7.141	0.196	64.70	166.26

การคำนวณสถิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบแถวคอย

1. การคำนวณหาอัตราการเข้ารับบริการทางพิเศษ

การศึกษาในครั้งนี้จะเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนผู้ให้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชนในช่วงวันที่ 9-13 มกราคม พ.ศ. 2555 สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น. โดยแสดงข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 16 จำนวนผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ สำหรับเวลา 06.00-09.00 น.

(หน่วย : คัน/ชั่วโมง)

วัน/เดือน/ปี	จำนวนผู้ใช้บริการต่อชั่วโมง
9/1/55	571
10/1/55	715
11/1/55	705
12/1/55	738
13/1/55	742
ค่าเฉลี่ย	694.2

จากตาราง 16 พบว่าตั้งแต่วันที่ 9-13 มกราคม พ.ศ. 2555 อัตราการเข้ารับบริการเฉลี่ยต่อชั่วโมง สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น. มีค่าเท่ากับ 694.2 คัน/ชั่วโมง แต่เนื่องจากในปัจจุบันช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติมี 2 ช่องให้บริการ ดังนั้นอัตราการเข้ารับบริการเฉลี่ยทั้งระบบ (๔) จะมีเท่ากับ 1,388.4 คัน/ชั่วโมง

2. การคำนวณหาอัตราการให้บริการแก่ผู้ใช้บริการทางพิเศษ

การศึกษาในครั้งนี้จะเก็บรวบรวมข้อมูลเวลาเฉลี่ยในการเข้ารับบริการ ในช่วงวันที่ 9-13 มกราคม พ.ศ. 2555 สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น. โดยแสดงข้อมูลดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 17 เวลาในการให้บริการเฉลี่ยต่อรถที่ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น.

(หน่วย : วินาที/คน)

วัน/เดือน/ปี	เวลาในการให้บริการเฉลี่ยต่อรถที่ใช้บริการ 1 คัน
9/1/55	3.5
10/1/55	3.8
11/1/55	3.8
12/1/55	3.4
13/1/55	3.5
เฉลี่ย	3.6
ค่าความแปรปรวน	$4.98294e^{-11}$

จากตาราง 17 พบว่าเวลาในการให้บริการเฉลี่ยต่อรถที่ใช้บริการ 1 คัน สำหรับช่วงเวลา 06.00-09.00 น. จะเท่ากับ 3.6 วินาที/คัน หรือกล่าวได้ว่าอัตราการให้บริการเท่ากับ 1,000 คัน/ชั่วโมง โดยค่าความแปรปรวนของเวลาในการให้บริการเท่ากับ $4.98294e^{-11}$ ซึ่งแสดงวิธีการคำนวณได้ดังนี้

อัตราการเข้ารับบริการผ่านช่องทางแบบอัตโนมัติ

3.6 วินาที ให้บริการรถ 1 คัน

60 วินาที ให้บริการรถ 16.67 คัน

1 นาที ให้บริการรถ 16.67 คัน

60 นาที ให้บริการรถ 1,000 คัน

2.3 คำนวณสถิติของระบบแถวคอยสำหรับช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

จากข้อมูลข้างต้น อัตราการเข้ารับบริการเฉลี่ยต่อชั่วโมงของทั้งระบบ สำหรับช่วงเวลา 6.00-9.00 น. เท่ากับ 1,388.66 คัน/ชั่วโมง และอัตราการให้บริการเฉลี่ยต่อชั่วโมง สำหรับช่วงเวลา 6.00-9.00 น. เท่ากับ 1,000 คัน/ชั่วโมง หรือสรุปได้ดังนี้

$$\lambda = 1,388.4 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

$$\mu = 1,000 \text{ คัน/ชั่วโมง}$$

ตาราง 18 ค่าสถิติของระบบแถวคอยสำหรับช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

ค่าสถิติ	จำนวนช่องให้บริการ						
	2	3	4	5	6	7	8
λ / m	694.2	462.8	347.1	277.68	231.4	198.34	173.55
μ	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
σ_B^2	$4.98294e^{-11}$	$4.98294e^{-11}$	$4.98294e^{-11}$	$4.98294e^{-11}$	$4.98294e^{-11}$	$4.98294e^{-11}$	$4.98294e^{-11}$
$\lambda / m < \mu$	$694.33 < 1000$	$462.88 < 1000$	$347.16 < 1000$	$277.732 < 1000$	$231.44 < 1000$	$198.38 < 1000$	$173.58 < 1000$
ρ	0.6942000000	0.4628000000	0.3471000000	0.2776800000	0.2314000000	0.1983400000	0.1735500000
P_0	0.3058000000	0.5372000000	0.6529000000	0.7223200000	0.7686000000	0.8016600000	0.8264500000
L_q	0.7879948552	0.1993619812	0.0922686578	0.0533766368	0.0348351731	0.0245370330	0.0182231855
L_2	1.4821948552	0.6621619812	0.4393686578	0.3310566368	0.2662351731	0.2228770330	0.1917731855
W_q	0.0011351122	0.0004307735	0.0002658273	0.0001922236	0.0001505409	0.0001237120	0.0001050025
W_s	0.0021351122	0.0014307735	0.0012658273	0.0011922236	0.0011505409	0.0011237120	0.0011050025

หมายเหตุ : กำหนดให้ λ / m คือ อัตราการเข้ารับบริการต่อจำนวนช่องให้บริการ (จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยที่เข้ามาใช้บริการในหนึ่งหน่วยเวลา)

μ คือ อัตราการให้บริการเฉลี่ยต่อชั่วโมง

σ_B^2 คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของเวลาในการให้บริการ

ρ คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ระบบจะทำงาน หรือความน่าจะเป็นที่ระบบจะไม่ว่าง

P_0 คือ ค่าความน่าจะเป็นที่ระบบจะว่าง

L_q คือ จำนวนผู้รับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในแถวคอย

L_2 คือ จำนวนผู้รับบริการโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบ

W_q คือ เวลาเฉลี่ยที่ผู้รับบริการแต่ละรายอยู่ในแถวคอย

W_s คือ เวลาเฉลี่ยที่ผู้รับบริการแต่ละรายอยู่ในระบบ

จากตาราง 18 แสดงให้เห็นถึงค่าสถิติที่คำนวณได้ของระบบแถวคอยสำหรับช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติที่ในปัจจุบันมีทั้งหมด 2 ช่องให้บริการ โดยอัตราเข้ารับบริการของแต่ละช่องให้บริการ (λ/m) จะคำนวณจากผลหารของอัตราการเข้ารับบริการของทั้งระบบกับจำนวนช่องให้บริการ โดยเงื่อนไขที่สำคัญที่ทำให้ระบบแถวคอยอยู่ในสภาวะคงตัวคือ ค่า $\lambda/m < \mu$ เมื่อระบบแถวคอยมีช่องให้บริการจำนวน 2 ช่อง (ระบบปัจจุบัน) จะทำให้จำนวนลูกค้าที่อยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ (L_2) 1.4821 คัน/ชั่วโมง ถ้าเพิ่มช่องให้บริการเป็น 3, 4, 5, 6, 7 และ 8 ช่อง ตามลำดับ จะทำให้ลูกค้าที่อยู่ในระบบมีค่าเท่ากับ 0.6621 คัน/ชั่วโมง, 0.4393 คัน/ชั่วโมง, 0.3310 คัน/ชั่วโมง, 0.2662 คัน/ชั่วโมง, 0.2228 คัน/ชั่วโมง, และ 0.1917 คัน/ชั่วโมง ตามลำดับ โดยจำนวนลูกค้าที่อยู่ในระบบที่คำนวณได้จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ต้นทุนรวมในระบบแถวคอยต่อไป

การประเมินต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอยและการศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

ในการศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติของการวิจัยครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์ระหว่างกรณีต่างๆซึ่งในกรณีที่ 1 เป็นจำนวนช่องเก็บค่าผ่านทางในปัจจุบัน ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 19 แสดงการสมมติสถานการณ์จำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

กรณีที่	จำนวนช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด	จำนวนช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ
1	11	2
2	10	3
3	9	4
4	8	5
5	7	6
6	6	7
7	5	8

ตาราง 20 จำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ วิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรื้อระยะ 45, 54 และ 60

การวิเคราะห์ความ อ่อนไหวของต้นทุน ค่าเสียโอกาสในการ รื้อ	กรณีที่	จำนวนช่อง	จำนวนช่อง	ต้นทุนรวมของ	ต้นทุนรวมของ	ต้นทุนที่ต่ำที่สุด
		ให้บริการ แบบเงินสด	ให้บริการ แบบอัตโนมัติ	ระบบที่ช่อง ให้บริการแบบ เงินสด (TC ₁)	ระบบที่ช่อง ให้บริการแบบ อัตโนมัติ (TC ₂)	
45%	1	11	2	1,146.3683	102.9917	1,249.3601
	2	10	3	1,066.2280	102.8391	1,169.0672
	3	9	4	991.9941	105.5170	1,097.5111
	4	8	5	928.3776	113.1524	1,041.5301
	5	7	6	887.3511	130.8333	1,018.1845
	6	6	7	912.4226	174.9571	1,087.3798
	7	5	8	1,407.2506	357.0313	1,764.2820
54%	1	11	2	1,158.9090	109.3701	1,268.2791
	2	10	3	1,080.6754	110.2520	1,190.9274
	3	9	4	1,009.0956	114.3719	1,123.4676
	4	8	5	949.4770	124.1634	1,073.6404
	5	7	6	915.3072	145.4467	1,060.7540
	6	6	7	955.6003	196.9806	1,152.5809
	7	5	8	1,525.0991	406.3291	1,931.4283
60%	1	11	2	1,167.2342	113.6217	1,280.8560
	2	10	3	1,090.2664	115.1932	1,205.4596
	3	9	4	1,020.4487	120.2744	1,140.7231
	4	8	5	963.4841	131.5029	1,094.9870
	5	7	6	933.8662	155.1875	1,089.0538
	6	6	7	984.2643	211.6608	1,195.9251
	7	5	8	1,603.3344	439.1894	2,042.5238

จากตาราง 20 พบว่า การคำนวณต้นทุนรวมในระบบแถวคอยของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด และช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ วิเคราะห์ตามความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรื้อระยะ 45, 54 และ 60 ผลปรากฏว่าต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบจำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ สำหรับชั่วโมงเร่งด่วน (6.00-9.00 น.) จะต่ำที่สุดเมื่อมีช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด 7 ช่องให้บริการ และช่องเก็บค่าผ่าน

ทางแบบอัตโนมัติมี 6 ช่องให้บริการ ซึ่งทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยเท่ากับ 1,018.18 บาทต่อชั่วโมง



บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษกรณีศึกษา ด้านประชาชน โดยในบทนี้จะกล่าวถึงสาระสำคัญ ดังต่อไปนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล
2. สรุปผลการวิจัย
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนในการให้บริการ และต้นทุนของผู้ใช้บริการที่เกิดจากการรอแถวที่ด่านเก็บค่าผ่านทาง ด้านประชาชน
2. เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอยที่ด่านเก็บค่าผ่านทาง ด้านประชาชน ของระบบการให้บริการในปัจจุบันรวมทั้งศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและแบบอัตโนมัติโดยพิจารณาช่องการให้บริการที่ก่อให้เกิดต้นทุนในระบบแถวคอยต่ำที่สุด

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ ณ ด่านเก็บเงินค่าผ่านทาง คือ บุคคลผู้ไร้อายุนต์ส่วนบุคคล (4 ล้อ) ที่ใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชน ซึ่งในปี พ.ศ. 2553 ด้านประชาชน มีจำนวนผู้ใช้ทางพิเศษ จำนวน 53,462 คนต่อวัน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ บุคคลผู้ใช้รถยนต์ส่วนบุคคล (4ล้อ) ที่ใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชนในช่วงเวลา 6.00-9.00 น. มีจำนวนประชากรเฉลี่ยต่อวันประมาณ 53,462 คน ผู้วิจัยจึงได้กำหนดขนาดตัวอย่างไว้ 400 คน ซึ่งแบ่งเป็นผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด 300 คน และผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ 100 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทตามการจำแนกจากแหล่งที่มาของข้อมูล ดังนี้

1. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) คือข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน อาทิเช่น การทางพิเศษแห่งประเทศไทย กรมขนส่งทางบก สำนักนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร สำนักการจราจรและขนส่ง กรุงเทพมหานคร บริษัททางด่วนกรุงเทพ จำกัด (มหาชน) เป็นต้น รวมถึงข้อมูลจากเอกสารงานวิจัยต่างๆ และข้อมูลจากอินเทอร์เน็ตที่จะเป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
2. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) คือ ข้อมูลที่ผู้วิจัยได้จากการเก็บรวบรวมโดยใช้แบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่างจากการสัมภาษณ์ผู้ใช้บริการทางพิเศษ ด้านประชาชน

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิเคราะห์โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด
2. การวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ
3. การประเมินต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอย และศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

การวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด

จากการวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดพบว่า ต้นทุนในการให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดซึ่งประกอบด้วยต้นทุนที่ชัดเจนและต้นทุนที่ไม่ชัดเจน ในส่วนของต้นทุนที่ชัดเจน ได้แก่ ค่าจ้างพนักงาน มีค่าเท่ากับ 91.40 บาท/ชั่วโมง และค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการเก็บเงินค่าผ่านทาง มีค่าเท่ากับ 3.70 บาท/ชั่วโมง ดังนั้น

ต้นทุนที่ชัดเจนมีค่าเท่ากับ 95.10 บาท/ชั่วโมง ส่วนต้นทุนที่ไม่ชัดเจน คือ ค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับช่องเก็บค่าผ่าน มีค่าเท่ากับ 0.101 บาท/ชม. ดังนั้นต้นทุนรวมในการให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีค่าเท่ากับ 95.20 บาท/ชั่วโมง ในส่วนต้นทุนผู้ใช้บริการพบว่า ต้นทุนของผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดซึ่งประกอบด้วยต้นทุนที่ชัดเจนและต้นทุนที่ไม่ชัดเจน ในส่วนของต้นทุนที่ชัดเจน ได้แก่ ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไปจากการจอดหรือชะลอรถเพื่อชำระค่าผ่านทาง มีค่าเท่ากับ 10.55 บาท/ชั่วโมง และจำนวนเงินที่เสียค่าผ่านทาง มีค่าเท่ากับ 55 บาท ดังนั้นต้นทุนที่ชัดเจนมีค่าเท่ากับ 65.55 บาท/ชั่วโมง ส่วนต้นทุนที่ไม่ชัดเจนจะเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอเป็นการประเมินจากรายได้เฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทาง ซึ่งจากการเก็บแบบสอบถามพบว่า รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีค่าเท่ากับ 44,174 บาท/เดือน จำนวนวันทำงานโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5 วัน/สัปดาห์ จำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 8 ชั่วโมง/วัน ดังนั้นอัตราค่าจ้างเฉลี่ยต่อชั่วโมงของผู้ใช้บริการจะมีค่าเท่ากับ 250.98 บาท/ชั่วโมง เมื่อนำแนวคิดมูลค่าเวลามาวิเคราะห์จะได้ต้นทุนค่าเสียโอกาสเท่ากับ 112.94 บาท/ชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนของผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีค่าเท่ากับ 178.49 บาท/ชั่วโมง และผลของการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอที่ประเมินจากรายได้เฉลี่ยของผู้ใช้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดจะแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 21 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอสำหรับผู้บริการชำระค่าผ่านทางแบบเงินสด

(หน่วย : บาท/ชั่วโมง)

ร้อยละ	ต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอของผู้ใช้บริการ
45	112.944
54	135.533
60	150.529

การคำนวณค่าสถิติต่างๆที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนผู้ให้บริการ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องพบว่า ที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดสำหรับชั่วโมงเร่งด่วน อัตราการเข้ารับบริการเฉลี่ยต่อชั่วโมงของทั้งระบบเท่ากับ 4,175.6 คัน/ชั่วโมง ($\lambda = 4,175.6$ คัน/ชั่วโมง) และอัตราการให้บริการเฉลี่ยต่อชั่วโมง เท่ากับ 922.8 คัน/ชั่วโมง ($\mu = 922.8$ คัน/ชั่วโมง) และเมื่อคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอยพบว่า ถ้าด่านประชาสัมพันธ์มีช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด 11 ช่อง (ระบบปัจจุบัน) จะทำให้จำนวนผู้ให้บริการที่อยู่ในระบบ (L_1) มีค่าเท่ากับ 0.5551 คน/ชั่วโมง แต่ถ้าลดจำนวนช่องให้บริการเหลือ 7 ช่อง จะทำให้มีผู้ให้บริการที่อยู่ในระบบ 1.2375 คน/ชั่วโมง

การวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

จากการวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติพบว่า ต้นทุนในการให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติซึ่งประกอบด้วยต้นทุนที่ชัดเจนและต้นทุนที่ไม่ชัดเจน ในส่วนของต้นทุนที่ชัดเจนพิจารณาจากค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการให้บริการเก็บเงินค่าผ่านทาง มีค่าเท่ากับ 7.14 บาท/ชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนที่ชัดเจนมีค่าเท่ากับ 7.14 บาท/ชั่วโมง ส่วนต้นทุนที่ไม่ชัดเจน คือ ค่าเสียโอกาสในการลงทุนเพื่อจัดซื้อเครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับช่องเก็บค่าผ่าน มีค่าเท่ากับ 0.196 บาท/ชม. ดังนั้นต้นทุนรวมในการให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีค่าเท่ากับ 7.33 บาท/ชั่วโมง ในส่วนต้นทุนผู้ให้บริการพบว่า ต้นทุนของผู้ให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนที่ชัดเจนและต้นทุนที่ไม่ชัดเจน ในส่วนของต้นทุนที่ชัดเจน ได้แก่ ต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไปจากการจอดหรือชะลอรถเพื่อชำระค่าผ่านทาง มีค่าเท่ากับ 9.70 บาท/ชั่วโมง และจำนวนเงินที่เสียค่าผ่านทาง มีค่าเท่ากับ 55 บาท ดังนั้นต้นทุนที่ชัดเจนมีค่าเท่ากับ 64.72 บาท/ชั่วโมง ส่วนต้นทุนที่ไม่ชัดเจนจะเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอเป็นการประเมินจากรายได้เฉลี่ยของผู้ให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทาง ซึ่งจากการเก็บแบบสอบถามพบว่า รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้ให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีค่าเท่ากับ 65,030 บาท/เดือน จำนวนวันทำงานโดยเฉลี่ยเท่ากับ 5 วัน/สัปดาห์ จำนวนชั่วโมงการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 8 ชั่วโมง/วัน ดังนั้นอัตราค่าจ้างเฉลี่ยต่อชั่วโมงของผู้ให้บริการจะมีค่าเท่ากับ 369.48 บาท/ชั่วโมง เมื่อนำแนวคิดมูลค่าเวลามาวิเคราะห์จะได้ต้นทุนค่าเสียโอกาสเท่ากับ 166.26 บาท/ชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนของผู้ให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีค่าเท่ากับ 230.98 บาท/ชั่วโมง และผลของการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอที่ประเมินจากรายได้เฉลี่ยของผู้ให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดจะแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 22 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสจากการรอสำหรับผู้ให้บริการชำระค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

(หน่วย : บาท/ชั่วโมง)

ร้อยละ	ต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอของผู้ให้บริการ
45	166.26
54	199.52
60	221.69

การคำนวณค่าสถิติต่างๆที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนผู้ให้บริการ

ระบบแถวคอยที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติสำหรับชั่วโมงเร่งด่วนพบว่า อัตราการเข้ารับบริการเฉลี่ยต่อชั่วโมงของทั้งระบบเท่ากับ 1,388.4 คัน/ชั่วโมง ($\lambda = 1,388.4$ คัน/ชั่วโมง) และอัตราการให้บริการเฉลี่ยต่อชั่วโมง เท่ากับ 1,000 คัน/ชั่วโมง ($\mu = 1,000$ คัน/ชั่วโมง) และเมื่อคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอยพบว่า ถ้าด่านประชาสัมพันธ์มีช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ 2 ช่อง (ระบบปัจจุบัน) จะทำให้จำนวนผู้ให้บริการที่อยู่ในระบบ (L_2) มีค่าเท่ากับ 1.4821 คัน/ชั่วโมง แต่ถ้าเพิ่มจำนวนช่องให้บริการเป็น 6 ช่อง จะทำให้มีผู้ให้บริการที่อยู่ในระบบ 0.2662 คัน/ชั่วโมง

การประเมินต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอย และศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

การคำนวณต้นทุนรวมในระบบแถวคอยของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด และช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ วิเคราะห์ตามความอ่อนไหวของต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอร้อยละ 45, 54 และ 60 ผลปรากฏว่าต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบจำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ สำหรับชั่วโมงเร่งด่วน (6.00-9.00 น.) จะต่ำที่สุดเมื่อมีช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด 7 ช่องให้บริการ และช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติมี 6 ช่องให้บริการ ซึ่งทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยเท่ากับ 1,018.18 บาทต่อชั่วโมง

การอภิปรายผล

จากการวิเคราะห์ระบบแกวคอยของผู้ให้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด้านประชาชน สามารถแยกอภิปรายผลได้ดังนี้

การวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด การวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

จากการวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด และการวิเคราะห์ต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติพบว่า ที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีต้นทุนในการให้บริการที่สูง เนื่องจากที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีต้นทุนในส่วนของค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือและอุปกรณ์และต้นทุนค่าจ้างพนักงาน ซึ่งต้นทุนค่าจ้างพนักงานเป็นตัวที่ก่อให้เกิดต้นทุนที่สูง เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติพบว่าที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติมีต้นทุนในการให้บริการที่ต่ำกว่า เนื่องจากการจ้างพนักงานทำให้ลดต้นทุนในการให้บริการได้มาก ในส่วนต้นทุนผู้ให้บริการพบว่า ต้นทุนของผู้ให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอที่สูง เนื่องจากรายได้เฉลี่ยของผู้ให้บริการมีจำนวนค่อนข้างสูงและเวลาที่ผู้ให้บริการรอเพื่อชำระค่าผ่านทางเป็นระยะเวลาเฉลี่ยถึง 13 นาที ประกอบกับราคาน้ำมันในปัจจุบันมีราคาที่สูงมากทำให้ผู้ให้บริการมีต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอที่สูง ส่วนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ ต้นทุนของผู้ให้บริการที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติมีต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอที่สูงเช่นเดียวกัน เนื่องจากรายได้เฉลี่ยของผู้ให้บริการมีจำนวนค่อนข้างสูงและเวลาที่ผู้ให้บริการรอเพื่อชำระค่าผ่านทางเป็นระยะเวลาเฉลี่ยถึง 12 นาที ประกอบกับราคาน้ำมันในปัจจุบันมีราคาที่สูงมากทำให้ผู้ให้บริการมีต้นทุนค่าเสียโอกาสในการรอที่สูง ดังนั้นจะพบว่าที่ช่องผ่านทางแบบอัตโนมัติมีต้นทุนรวมที่ต่ำกว่าต้นทุนรวมที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด ซึ่งการนำระบบอัตโนมัติมาใช้แทนแรงงานคนจะเป็นการลดต้นทุนได้ในระยะยาว สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธิติหัตถา เย็นทรวง เรื่องการลดต้นทุนด้านแรงงานและการบริหารจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลงวัตถุดิบ กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นไม้สับ จากผลการศึกษาพบว่า การปรับปรุงดัดแปลงหางลากกระบะกึ่งพ่วงและการจัดทำ ทรัคทิลเตอร์ (Truck Tilter) ของบริษัทกรณีศึกษา สามารถลดต้นทุนการลงวัตถุดิบประเภทชิ้นไม้ สับ ในด้านค่าจ้างแรงงานคนและในส่วนของค่าจ้างรถโหลดเดอร์ (Loader) โดยสามารถลดต้นทุน ลงได้ 1.9 ล้านบาทต่อเดือน เมื่อเทียบกับปริมาณต้นวัตถุดิบที่เท่ากัน และบริษัทยังสามารถลงวัตถุดิบประเภทชิ้นไม้สับได้เพิ่มขึ้นอีกประมาณ 500 ตันต่อวัน

โดยรถบรรทุกใช้เวลารอคิวลง วัตถุประสงค์เฉลี่ยลดลง 80 นาที เหลือประมาณ 60 นาทีต่อคัน และเวลาในการลงวัตถุประสงค์เฉลี่ยลดลงคัน ละ 11 นาที เหลือประมาณ 14 นาทีต่อคัน ทำให้บริษัทสามารถตอบสนองความต้องการของกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามความต้องการของตลาดได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไพฑูรย์ พูลสุขโข โครงการวิจัยเรื่องระบบยานขนส่งลำเลียงแบบอัตโนมัติ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างระบบยานขนส่งลำเลียงแบบอัตโนมัติ โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในการลำเลียงสินค้าสามารถลดต้นทุนด้านแรงงานในการลำเลียง และลดปัญหาของผู้ปฏิบัติงานในการลำเลียงสินค้า ผลที่ได้จากการดำเนินการจัดทำโครงการวิจัย คือ สามารถสร้างรถลำเลียงสินค้าแบบอัตโนมัติที่วิ่งได้เป็นเส้นตรงตามเส้นแถบสีดำ สามารถรับน้ำหนักบรรทุกได้ 50 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 9.9 เมตร / นาที ที่ระยะทาง 15 เมตรโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นตัวสั่งการทำงานให้เซนเซอร์เป็นตัวตรวจจับเส้นสีดำและใช้มอเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนล้อหน้า โดยได้แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่

การประเมินต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นในระบบแถวคอย และศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

จำนวนที่เหมาะสมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติที่ก่อให้เกิดต้นทุนรวมที่ต่ำสุด สำหรับชั่วโมงเร่งด่วน ควรมีช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด 7 ช่องให้บริการ และช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติมี 6 ช่องให้บริการ ซึ่งทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยเท่ากับ 1,018.18 บาทต่อชั่วโมง ต้นทุนรวมของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีจำนวนที่สูงกว่าต้นทุนที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ เนื่องจากระบบช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดต้องจ้างพนักงานเพื่อให้บริการซึ่งค่าจ้างพนักงานต่อชั่วโมงก่อให้เกิดต้นทุนที่สูง ประกอบกับช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดสามารถให้บริการผู้ที่เข้ามาใช้บริการต่อชั่วโมงได้จำนวนน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการให้บริการของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธรรมวล ต่อทิฆะ เรื่องการวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือตู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพ พบว่า จำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพที่ทำให้ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการของท่าเรือกรุงเทพต่ำที่สุดและมีอัตราการใช้ท่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม คือ ท่าเทียบเรือ 8 ท่า และปั้นจั่นหน้าท่า 16 ตัว หรือเฉลี่ยเท่ากับ 2 ตัวต่อท่า ซึ่งทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยเท่ากับ 579,307 บาทต่อชั่วโมง

ข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาเรื่องการวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด้านประชาชน มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1. จากการศึกษาพบว่าที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดมีต้นทุนในการให้บริการที่สูงกว่าที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ เนื่องจากที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดจำเป็นต้องจ้างพนักงาน ซึ่งค่าจ้างพนักงานก่อให้เกิดต้นทุนที่สูง แต่หากพิจารณาเฉพาะค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์พบว่าที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติมีต้นทุนที่สูงกว่า ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพิจารณากำหนดให้หน่วยงานของรัฐรับผิดชอบในส่วนของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด และหน่วยงานของเอกชนรับผิดชอบในส่วนของช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ

2. ควรจัดสรรช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสดและแบบอัตโนมัติให้เหมาะสมกว่านี้ เนื่องจากผลการศึกษาพบว่าช่องเก็บค่าผ่านทางทั้งระบบที่ทำให้ต้นทุนต่ำสุดควรมีช่องเก็บค่าผ่านทางแบบเงินสด 7 ช่อง และช่องเก็บค่าผ่านทางแบบอัตโนมัติ 6 ช่อง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการวิเคราะห์ระบบแถวคอยเฉพาะชั่วโมงเร่งด่วนเช้า (6.00-9.00 น.) และเลือกศึกษาเฉพาะด่านประชาชนเท่านั้น ดังนั้นในการศึกษาในอนาคตควรจะศึกษาช่วงเวลาอื่น ๆ เพิ่มเติม และควรศึกษาด้านอื่น ๆ ที่มีผู้เข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมากเพื่อให้ผลการวิจัยมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

2. ในการศึกษาในครั้งนี้การศึกษาต้นทุนในการให้บริการและการศึกษาต้นทุนของผู้ใช้บริการเป็นการศึกษาเฉพาะต้นทุนการดำเนินการ (Operating Cost) ดังนั้นในการศึกษาในอนาคตควรจะศึกษาต้นทุนทั้งระบบ หรือต้นทุนในส่วนอื่นๆ ด้วย

3. ควรเพิ่มระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดและช่วยให้การคำนวณค่าสถิติต่างๆในระบบมีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น



บรรณานุกรม

- กัลยา วานิชย์บัญชา. (2545). *การวิเคราะห์เชิงปริมาณ*. กรุงเทพฯ: คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- การทางพิเศษแห่งประเทศไทย. (2553). *รายงานประจำปีฉบับล่าสุด*. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2554. จาก <http://www.exat.co.th>
- ขวัญตา ลีลากิจรุ่งเรือง. (2554). *การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการที่ห้องแลกเหรียญและห้องจำหน่ายบัตรโดยสาร กรณีศึกษา สถานีรถไฟฟ้าบีทีเอส หมอชิต*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท เศรษฐศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ดำรงฤทธิ์ พลสวัสดิ์. (2551). *รายงานการวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ระบบแถวคอย กรณีศึกษาการรับสมัครนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ*.
- ธมธวัช ต่อทีมะ. (2554). *การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้โดยสารของท่าเรือกรุงเทพ*. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท สาขา เศรษฐศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วันรักษ์ มิ่งมณีนาคน. (2547). *หลักเศรษฐศาสตร์จุลภาค*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- วิเชียร เกตุสิงห์. (2541). *สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์พิมพ์ลักษณ์.
- วินัย พุทธิกุล. (2551). *การวิเคราะห์เชิงปริมาณเพื่อการจัดการทางธุรกิจ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- รัตนา สายคณิต. (2548). *เศรษฐศาสตร์เพื่อการจัดการ*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สุทธิมา ชำนาญเวช. (2552). *การวิจัยดำเนินงาน = Operations research*. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.
- สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร. (2553). *การเดินทางในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำแนกตามการครอบครองยานพาหนะ และประเภทการเดินทาง ปี 2553*. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2554. จาก <http://www.otp.go.th>
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2554). *จำนวนลูกจ้าง ค่าจ้างเฉลี่ย จำแนกตามเพศ กรุงเทพมหานคร*. สืบค้นเมื่อ 17 มกราคม 2555. จาก <http://www.nso.go.th>.
- Clauss. (1996). *Applied management science and spreadsheet modeling*. Belmont, California: Duxbury Press.
- Gross, & Harris. (2008). *Fundamentals of Queueing Theory*. New Jersey: Wiley & Son, Inc.
- Gwilliam. (1997). *The Value of Time in Economic Evaluation of Transport projects lesson from recent research*. Retrieved September 5, 2011, from <http://trid.trb.org/view.aspx?id=501347>.

Landauer; & Becker. (1989). *Reducing Waiting Time at Security Checkpoints*.

Interfaces 19: 57-65.

Mehri, Djemel; & Kammoun. (2008). *Solving of Waiting Lines Models in the Airport Using Queuing Theory Model and Linear Programming The practice Case: A.I.M.B.*

Retrieved September 5, 2011, from

<http://www.acronymfinder.com/sitemap002Single.xml.gz>.

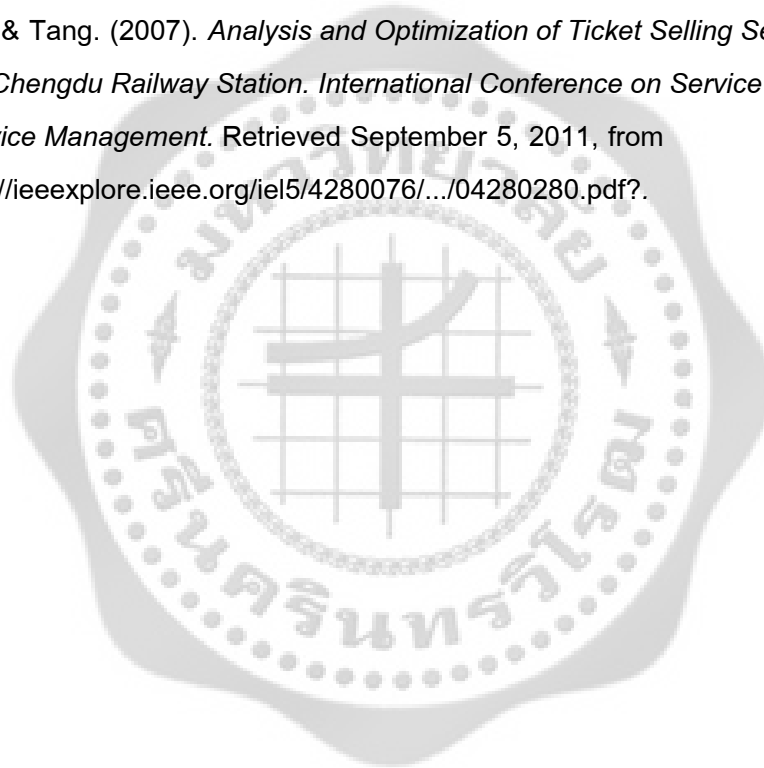
Small; & Verhoef. (2007). *The Economics of Urban Transportation*. London & Newyork: Routledge.

Yamane, T. (1973). *Statistics: An Introductory Analysis*. 3rd ed New York: Harper & Row.

Yun, Huang; & Tang. (2007). *Analysis and Optimization of Ticket Selling Service System of the Chengdu Railway Station. International Conference on Service Systems and*

Service Management. Retrieved September 5, 2011, from

<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/4280076/.../04280280.pdf?>.









แบบสอบถาม

เรื่อง

การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ
กรณีศึกษา ด้านประชาชน

แบบสอบถามฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์ระบบแถวคอยของผู้ใช้บริการทางพิเศษ กรณีศึกษา ด้านประชาชน ซึ่งเป็นวิทยานิพนธ์ระดับมหาบัณฑิต หลักสูตรเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์การจัดการ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประเมินต้นทุนของผู้ใช้บริการจากการรอแถวชำระค่าผ่านทางพิเศษ และใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลประกอบการวิจัยต่อไป

ผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ท่านตอบไปใช้ในการวิจัยเท่านั้น และ จะเก็บรักษาข้อมูลไว้เป็นความลับ จะไม่กระทบต่อผู้ตอบใด ๆ ทั้งสิ้น จึงใคร่ขอความกรุณาท่านตอบแบบสอบถามให้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านที่ได้เสียสละเวลาตอบแบบสอบถามฉบับนี้

นางสาวปิยพร สุวรรณรัตน์

นิสิตปริญญาโท

หลักสูตรเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาเศรษฐศาสตร์การจัดการ

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ และกรอกข้อความในช่องว่างให้ตรงกับความเป็นจริงของท่านมากที่สุด

1. เพศ

☐ 1. ชาย

☐ 2. หญิง

2. อายุ.....ปี

3. ท่านใช้บริการช่องเก็บค่าผ่านทางแบบใด

☐ 1. ช่องเก็บค่าผ่านทางด้วยเงินสด (Manual Lane)

☐ 2. ช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ (Easy Pass)

4. ในกรณีที่ท่านใช้บริการช่องเก็บค่าผ่านทางอัตโนมัติ (Easy Pass) โดยเฉลี่ยแล้วท่านเติมเงินในบัตร

Easy Pass เป็นจำนวนเงิน.....ต่อเดือน

5. ท่านเสียค่าบริการทางพิเศษด้านประชาชนต่อครั้งเป็นจำนวนเงิน.....บาท

6. จำนวนวันทำงานโดยเฉลี่ยต่อ 1 สัปดาห์วัน

7. จำนวนชั่วโมงทำงานโดยเฉลี่ยต่อ 1 วันชั่วโมง

8. รายรับเฉลี่ยต่อเดือน (เงินเดือน+รายได้อื่นๆ)บาท

9. ระยะเวลาเฉลี่ยในการรอแถวชำระค่าผ่านทางในชั่วโมงเร่งด่วน (6.30-9.00 น.).....นาที/ครั้ง

10. ประเภทของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ท่านใช้

☐ 1. แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E10)

☐ 2. แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E20)

☐ 3. แก๊สโซฮอล ออกเทน 95 (Gasohol 95-E85)

☐ 4. แก๊สโซฮอล ออกเทน 91 (Gasohol 91-E10)

☐ 5. เบนซิน ออกเทน 91 (UGR 91 RON)

☐ 6. เบนซิน ออกเทน 95 (ULG 95 RON)

☐ 7. ดีเซลหมุนเร็ว (HSD, 0.035%S)

☐ 8. อื่นๆ (โปรดระบุ).....

11. ค่าน้ำมันเฉลี่ยต่อเดือน.....บาท

12. ระยะเวลาเฉลี่ยในการเดินทางจากบ้านถึงที่หมายในชั่วโมงเร่งด่วน (6.00-9.00 น.)ใช้

เวลา.....นาที



ภาคผนวก ข

ข้อมูลทั่วไปของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

ข้อมูลทั่วไปของการทางพิเศษแห่งประเทศไทย

วิสัยทัศน์

การทางพิเศษแห่งประเทศไทยเป็นองค์กรที่เป็นเลิศในธุรกิจทางพิเศษ มีการเจริญเติบโตอย่างยั่งยืน โดยมีความรับผิดชอบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

ภารกิจ (พันธกิจ)

1. จัดให้มี พัฒนา/ปรับปรุงทางพิเศษให้เป็นตามมาตรฐานและปลอดภัย
2. บริการอย่างมีนวัตกรรมและคุณค่าเพิ่ม
3. บริหารจัดการสินทรัพย์อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเสริมศักยภาพการดำเนินธุรกิจทางพิเศษและประโยชน์ต่อสังคม
4. พัฒนาระบบการบริหารจัดการและการลงทุนเพื่อเพิ่มมูลค่าองค์กร

ยุทธศาสตร์

การทางพิเศษฯได้กำหนดยุทธศาสตร์ในการดำเนินงาน 3 ยุทธศาสตร์ ดังนี้

1. พัฒนาธุรกิจและบริการ เพื่อสร้างรายได้และเสริมสร้างคุณภาพการให้บริการ รวมทั้งแก้ไขปัญหาจราจร
2. เพิ่มประสิทธิภาพการบำรุงรักษา การควบคุมดูแลรักษาความปลอดภัยและคุณภาพสิ่งแวดล้อม เพื่อลดความสูญเสีย และเสริมสร้างคุณภาพชีวิตที่ดีแก่ลูกค้า ประชาชน และสังคม
3. พัฒนาการบริหารจัดการและกำกับดูแลองค์กรที่ดี เพื่อควบคุมต้นทุนและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานอย่างคุ้มค่าและเสริมสร้างขีดความสามารถในการดำเนินธุรกิจ รวมทั้งเสริมสร้างภาพลักษณ์องค์กร และคุณภาพชีวิตที่ดีแก่พนักงาน

สภาพเศรษฐกิจ

การทางพิเศษแห่งประเทศไทย เป็นหน่วยงานที่มาภารกิจหลักในการแก้ไขปัญหาจราจร โดยการก่อสร้างทางพิเศษ ซึ่งช่วยสนับสนุนการเพิ่มประสิทธิภาพการพัฒนาการขนส่งสินค้า และบริการของประเทศมาโดยตลอด ปัจจุบันการทางพิเศษฯได้ดำเนินการก่อสร้างทางพิเศษ เพื่อให้บริการต่อการสัญจรของยานพาหนะให้มีความสะดวก รวดเร็ว และปลอดภัย รวมทั้งมีส่วนในการช่วยบรรเทาการจราจรติดขัดบนถนนในพื้นที่ราบอีกด้วย โดยการทางพิเศษฯ ได้เปิดให้บริการทางพิเศษแล้วจำนวน 7 สายทาง และ 2 ทางเชื่อมต่อ ระยะทางรวมทั้งสิ้น 207.9 กิโลเมตร ดังนี้

ทางพิเศษที่เปิดให้บริการแล้ว

1. ทางพิเศษเฉลิมมหานคร ระยะทาง 27.1 กิโลเมตร
2. ทางพิเศษศรีรัช ระยะทาง 38.4 กิโลเมตร
3. ทางพิเศษฉลองรัช (ทางพิเศษสายรามอินทรา-อาจณรงค์และทางพิเศษสายรามอินทรา-วงแหวนรอบนอกกรุงเทพมหานคร) ระยะทาง 28.2 กิโลเมตร

4. ทางพิเศษอุดรรัถยา ระยะทาง 32.0 กิโลเมตร
5. ทางพิเศษบูรพาวิถี ระยะทาง 55.0 กิโลเมตร
6. ทางพิเศษสายบางนา-อาจนรงค์ ระยะทาง 4.7 กิโลเมตร
7. ทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) ระยะทาง 22.5 กิโลเมตร

และ 2 ทางเชื่อมต่อ

1. ทางยกระดับด้านทิศใต้สนามบินสุวรรณภูมิ เชื่อมทางพิเศษบูรพาวิถี (เป็นทางขึ้น-ลงเพิ่มเติมของทางพิเศษบูรพาวิถีเพื่อส่งเสริมการให้บริการสนามบินสุวรรณภูมิ)
2. ทางเชื่อมต่อทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์) กับทางพิเศษบูรพาวิถี (เป็นทางขึ้น-ลงเพิ่มเติมของทางพิเศษบูรพาวิถีเพื่อส่งเสริมการเชื่อมต่อระหว่างทางพิเศษบูรพาวิถีและทางพิเศษกาญจนาภิเษก (บางพลี-สุขสวัสดิ์))





ภาคผนวก ค
การคำนวณค่าน้ำหนักเชื้อเพลิงที่สูญเสียไป

ตารางภาคผนวก แสดงการคำนวณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไปจากการรอที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบ
เงินสด

ประเภทน้ำมัน	แก๊สโซฮอล์ ออกเทน 95 (E10)	แก๊สโซฮอล์ ออกเทน 95 (E20)	แก๊สโซฮอล์ ออกเทน 95 (E85)	แก๊สโซฮอล์ ออกเทน 91	เบนซิน ออกเทน 91	เบนซิน ออกเทน 95	ดีเซลหมุนเร็ว
ราคาน้ำมัน	35.37	31.34	21.32	32.34	35.37	40.82	27.49
ระยะเวลาเฉลี่ยใน การรอ	13.33667	13.33667	13.33667	13.33667	13.33667	13.33667	13.33667
น้ำมันที่สูญเสียไป	0.333417	0.333417	0.333417	0.333417	0.333417	0.333417	0.333417
ราคาของน้ำมันที่ สูญเสียไปจากการคอย	11.79295	10.44928	7.108443	10.7827	11.79295	13.61007	9.165624
จำนวนของรถที่ใช้ น้ำมันชนิดนั้น ๆ	57	38	27	71	54	4	49
ค่าน้ำมันที่ใช้คอยแบบถ่วงน้ำหนัก				10.55714974			

ตารางภาคผนวก แสดงการคำนวณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูญเสียไปจากการรอที่ช่องเก็บค่าผ่านทางแบบ
อัตโนมัติ

ประเภทน้ำมัน	แก๊สโซฮอล์ ออกเทน 95 (E10)	แก๊สโซฮอล์ ออกเทน 95 (E20)	แก๊สโซฮอล์ ออกเทน 95 (E85)	แก๊สโซฮอล์ ออกเทน 91	เบนซิน ออกเทน 91	เบนซิน ออกเทน 95	ดีเซลหมุนเร็ว
ราคาน้ำมัน	35.37	31.34	21.32	32.34	35.37	40.82	27.49
ระยะเวลาเฉลี่ยใน การรอ	12.18	12.18	12.18	12.18	12.18	12.18	12.18
น้ำมันที่สูญเสียไป	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
ราคาของน้ำมันที่ สูญเสียไปจากการคอย	10.77	9.54303	6.49194	9.84753	10.77017	12.42969	8.370705
จำนวนของรถที่ใช้ น้ำมันชนิดนั้น ๆ	19	13	11	31	19	1	6
ค่าน้ำมันที่ใช้คอยแบบถ่วงน้ำหนัก				9.7266435			



ภาคผนวก ง

จำนวนลูกจ้าง ค่าจ้างเฉลี่ย จำแนกตามเพศ กรุงเทพมหานคร

ตารางผนวก ง จำนวนลูกจ้าง ค่าจ้างเฉลี่ย จำแนกตามเพศ กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2551 – 2554

เพศ	2551 (2008)				2552 (2009)				2553 (2010)				2554 (2011)			
	ไตรมาสที่ 1	ไตรมาสที่ 2	ไตรมาสที่ 3	ไตรมาสที่ 4	ไตรมาสที่ 1	ไตรมาสที่ 2	ไตรมาสที่ 3	ไตรมาสที่ 4	ไตรมาสที่ 1	ไตรมาสที่ 2	ไตรมาสที่ 3	ไตรมาสที่ 4	ไตรมาสที่ 1	ไตรมาสที่ 2	ไตรมาสที่ 3	ไตรมาสที่ 4
จำนวนลูกจ้าง	2,663	2,739	2,599	2,568	2,558	2,522	2,556	2,584	2,531	2,431	2,425	2,476	2,448	2,454	2,539	2,549
ชาย	1,328	1,380	1,284	1,274	1,255	1,233	1,238	1,252	1,237	1,175	1,202	1,224	1,185	1,190	1,237	1,238
หญิง	1,334	1,360	1,315	1,294	1,302	1,289	1,318	1,332	1,294	1,256	1,223	1,252	1,263	1,264	1,302	1,311
ค่าจ้างเฉลี่ย	15,245	14,670	14,821	15,120	14,826	14,767	14,630	15,366	15,080	15,702	16,383	16,142	15,667	15,094	16,961	16,627
ชาย	16,219	15,854	15,794	16,366	15,937	15,564	15,463	16,580	16,738	16,743	17,059	17,339	17,004	16,031	18,359	17,431
หญิง	14,275	13,469	13,871	13,894	13,756	14,004	13,849	14,225	13,495	14,728	15,718	14,970	14,413	14,211	15,633	15,867

ที่มา : การสำรวจภาวะการทำงานของประชากร สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวปิยพร สุวรรณรัตน์
วันเดือนปีเกิด	19 เมษายน 2527
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	24 ซอยประชาบำรุง1 อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง 93000
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2546	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนพัทลุง จังหวัดพัทลุง
พ.ศ.2550	เศรษฐศาสตรบัณฑิต (ศ.บ.) คณะเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ จากมหาวิทยาลัยทักษิณ
พ.ศ.2555	เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต (ศ.ม.) สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์การจัดการ สำนักวิชาเศรษฐศาสตร์และนโยบายสาธารณะ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ