



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต

ปริญญา

เศรษฐศาสตร์

เศรษฐศาสตร์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือตู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพ

Cost Analysis of Queuing System for Container Vessel at Port of Bangkok

นามผู้วิจัย นางสาวมรวิไล ต่อทิมา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ดำรงธรรม วิรุฬหผล, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ธนาธิกร เหล่าสุทธิ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ชูชีพ พิพัฒน์ศิริ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพ

Cost Analysis of Queuing System for Container Vessel at Port of Bangkok

โดย

นางสาวธมรวัธ ต่อทิมะ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชมสวัสดิ์ ต่อทิฆะ 2554: การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือดู้
สินค้าของท่าเรือกรุงเทพ ปริญญาเศรษฐศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตร์ ภาควิชา
เศรษฐศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ดำรงวรรณ วิรุพพผล,
ศ.ด. 87 หน้า

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาต้นทุนของระบบแถวคอยของเรือดู้สินค้าน้ำที่เข้า
มารับบริการที่ทำเรือกรุงเทพ โดยใช้ตัวแบบแถวคอยแบบ M/Ek/S ในการอธิบายพฤติกรรมการ
เคลื่อนไหวของเรือในท่าเรือกรุงเทพร่วมกับการวิเคราะห์ต้นทุนในส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเรือที่
เข้ามารับบริการและท่าเรือ และศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของ
ท่าเรือกรุงเทพ โดยใช้สมมุติฐานที่ว่าจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าหรือจำนวนท่าเทียบเรือจะเพิ่มขึ้นจน
กระทั่งต้นทุนหน่วยสุดท้ายของท่าเรือเท่ากับผลประโยชน์หน่วยสุดท้ายซึ่งคือการลดค่าใช้จ่าย
ของเรือในท่า

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจุบันท่าเรือกรุงเทพมีอัตราการเข้ามารับบริการเท่ากับ 6 ลำต่อวันและ
มีระยะเวลาการให้บริการเฉลี่ย 21 ชั่วโมง โดยมีระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 5.58 ชั่วโมง
ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 27.19 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.40 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ใน
ในท่าเท่ากับ 6.80 ลำ ทำให้ต้นทุนในการรอคอยของเรือดู้สินค้าน้ำเท่ากับ 423,479 บาทต่อชั่วโมง
ต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือเท่ากับ 193,086 บาทต่อชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนรวมของระบบ
แถวคอยในการให้บริการเรือดู้สินค้าน้ำของท่าเรือกรุงเทพจึงเท่ากับ 616,565 บาทต่อชั่วโมง สำหรับ
จำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพที่ทำให้ต้นทุนของระบบ
แถวคอยในการให้บริการของท่าเรือกรุงเทพต่ำที่สุดและมีอัตราการใช้ท่าอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม
คือ ท่าเทียบเรือ 8 ท่าและปั้นจั่นหน้าท่า 16 ตัวหรือเฉลี่ยเท่ากับ 2 ตัวต่อท่า ซึ่งทำให้ต้นทุนรวม
ของระบบแถวคอยเท่ากับ 579,307 บาทต่อชั่วโมงหรือลดลงเท่ากับ 37,258 บาทต่อชั่วโมง

Tomtawan Torteeka 2011: Cost Analysis of Queuing System for Container Vessel at Port of Bangkok. Master of Economics, Major Field: Economics, Department of Economics. Thesis Advisor: Associate Professor Darawan Virunhaphol, Ph.D.
87 pages.

The propose of this study was to analyze the total cost of queuing system for Container Vessel at Port of Bangkok by using M/Ek/S queuing model to describe the movement of ships at Port of Bangkok with the cost analysis related to ships and ports. Another aim was to find out the optimal number of berths and cranes combinations that minimized total cost of queuing system in the Port of Bangkok. This study use assumption that the number of berths or cranes will increase until marginal cost equals marginal benefit, which is to reduce the cost of ships in port.

This study found the arrival rate at the Port of Bangkok was 6 ships per day. The average service time per ship was 21 hours and the average waiting time per ship was 5.58 hours. The average time that a ship spent at the port was 27.19 hours and average number of waiting ships was 1.40 ships and average number of ships in port was 6.80 ships. Thus, the cost of container vessels waiting was 423,479 baht per hour, the cost of services at the Port was 193,086 baht per hour and the cost of queuing systems at the port of Bangkok was 616,565 baht per hour. The study concluded that the optimal berths and cranes combinations that minimized total cost of queuing system in the Port of Bangkok is 8 berths and 2 cranes per berth. Thus, the total cost of the queuing system was 579,307 baht per hour or decreased 37,258 baht per hour.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงมาได้ด้วยความกรุณาของผู้ให้ข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าทุกท่าน ตั้งแต่เรือโทชำนาญ ไชยฤทธิ์ นักบริหาร 13 ท่าเรือกรุงเทพ, คุณวีระชัย โกษาแสง ผู้อำนวยการกองซ่อมเครื่องมือท่าเรือกรุงเทพ, คุณประสม ฤกษ์ปรีดาพงษ์ ผู้อำนวยการกองท่าบริการตู้สินค้า 2 ท่าเรือกรุงเทพ, คุณโกเมน มหาปราบ หัวหน้าแผนกสารสนเทศท่าเรือกรุงเทพ, คุณวิรัช งามสุคนธ์สวัสดิ์ วิศวกรอาวุโสและคุณพิสิษฐ์ จงพงษา วิศวกร ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.คาราวรรณ วิรุฬผลและอาจารย์ ดร.ธนารักษ์ เหล่าสุทธิ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักและรอง สำหรับคำปรึกษาและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ชยันต์ พิภพลาภอนันต์ ประธานการสอบวิทยานิพนธ์, รองศาสตราจารย์ ดร.เรวัตร ธรรมาภิรมย์ ประธานการสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.รัชพันธุ์ เขยจิตร ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและชี้แนะแนวทางเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ของงานวิจัยจนทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ เรือเอกมานิช และนางนริสา ต่อทีมะ บิดา มารดา ตลอดจนครอบครัว ต่อทีมะ ที่เป็นกำลังใจให้กับผู้วิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีมาโดยตลอด

ธมธวัธ ต่อทีมะ

เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(5)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	9
ขอบเขตการวิจัย	9
ประโยชน์ที่ได้รับ	9
กรอบแนวคิดในการวิจัย	10
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	12
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	12
ทฤษฎีตัวแบบแถวคอย	12
แนวคิดการเกิดภาวะได้้อย่างเสียอย่าง	19
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	25
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	25
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	25
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	26
การวิเคราะห์ข้อมูล	27
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์	41
การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าที่เข้ามารับ	
บริการที่ทำเรือกรุงเทพ	41
การศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่า	
ของท่าเรือกรุงเทพ	47

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	63
สรุปผลการวิจัย	63
ข้อเสนอแนะ	66
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	68
ภาคผนวก	71
ภาคผนวก ก ค่าพารามิเตอร์ในระบบแถวคอย	72
ภาคผนวก ข มูลค่าการส่งออก – นำเข้าสินค้าของท่าเรือกรุงเทพตั้งแต่ เดือนมกราคม – ตุลาคม พ.ศ. 2553	75
ภาคผนวก ค ต้นทุนในการดำเนินงานของเรือผู้สินค้าขนาด 600 ทีอียู	85
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	87

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณผู้สินค้าผ่านท่าเฉลี่ยระหว่างเดือนมกราคม - ตุลาคม พ.ศ.2553	41
2	การเคลื่อนไหวของเรือในท่าของตัวแบบ M/M/S และตัวแบบ M/E _k /S	44
3	ต้นทุนต่อหน่วยต่อชั่วโมงของต้นทุนที่เกี่ยวข้องทั้งของเรือผู้สินค้าและท่าเรือ	46
4	รายละเอียดต้นทุนต่างๆของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าที่ท่าเรือกรุงเทพ	46
5	แสดงอัตราการเข้ามาให้บริการเฉลี่ยในช่วงเดือนมกราคม-ตุลาคม พ.ศ.2553	48
6	ผลการคำนวณการเคลื่อนไหวของเรือในท่ากรณีต่างๆเมื่ออัตราการเข้ามาให้บริการ 5 ลำต่อวัน	49
7	การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยกรณีต่างๆเมื่ออัตราการเข้ามาให้บริการ 5 ลำต่อวัน	51
8	กรณีที่ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลงจากระบบเดิมเมื่ออัตราการเข้ามาให้บริการ 5 ลำต่อวัน	51
9	ผลการคำนวณการเคลื่อนไหวของเรือในท่ากรณีต่างๆเมื่ออัตราการเข้ามาให้บริการ 6 ลำต่อวัน	53
10	การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยกรณีต่างๆเมื่ออัตราการเข้ามาให้บริการ 6 ลำต่อวัน	55

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
11	กรณีที่ดินทุนรวมของระบบแถวคอยลดลงจากระบบเดิมเมื่ออัตราการเข้ามาให้บริการ 6 ลำต่อวัน	56
12	ผลการคำนวณการเคลื่อนไหวของเรือในท่ากรณีต่างๆ อัตราการเข้ามาให้บริการ 7 ลำต่อวัน	57
13	การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยกรณีต่างๆเมื่ออัตราการเข้ามาให้บริการ 7 ลำต่อวัน	58
14	กรณีที่ดินทุนรวมของระบบแถวคอยลดลงจากระบบเดิมเมื่ออัตราการเข้ามาให้บริการ 7 ลำต่อวัน	59
15	การลดลงของต้นทุนรวมของระบบแถวคอยกรณีจำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและปั้นจั่นหน้าท่าเฉลี่ย 2 ตัวต่อท่าตามอัตราการเข้ามาให้บริการต่างๆเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม	61
ตารางผนวกที่		
1	ข้อมูลสถิติการส่งออกสินค้าที่รับบรรทุก ณ สำนักงานศุลกากรท่าเรือกรุงเทพ(สทก.) ตั้งแต่เดือน มกราคม - ตุลาคม 2553	76
2	ข้อมูลสถิติการนำเข้าสินค้าที่ตรวจปล่อย ณ สำนักงานศุลกากรท่าเรือกรุงเทพ(สทก.) ตั้งแต่เดือน มกราคม - ตุลาคม 2553	77
3	ESTIMATED FOREIGN FLAG CONTAINERSHIP COSTS	86

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	มูลค่านำเข้าส่งออกและมูลค่าการค้าของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2545 – 2551	1
2	ปริมาณตู้สินค้าขาออกของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2544-2552	2
3	รายได้จากการดำเนินงานของการท่าเรือแห่งประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548-2552	4
4	ปริมาณตู้สินค้าท่าเรือกรุงเทพระหว่างปี พ.ศ. 2544-2552	5
5	ประสิทธิภาพการทำงานหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพระหว่างปี พ.ศ. 2546-2550	6
6	ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ท่าและระยะเวลาในการรอคอยของเรือ	7
7	อัตรารายกขนของป็นจั่นหน้าท่าของท่าเรือประเทศต่างๆในเอเชีย	8
8	กรอบแนวคิดในการวิจัย	11
9	องค์ประกอบของตัวแบบแถวคอย	12
10	ระบบที่มีหน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนาน มีแถวคอยเพียงแถวเดียว	15
11	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการบริการและระดับการบริการ	20

สารบัญภาพ (ต่อ)

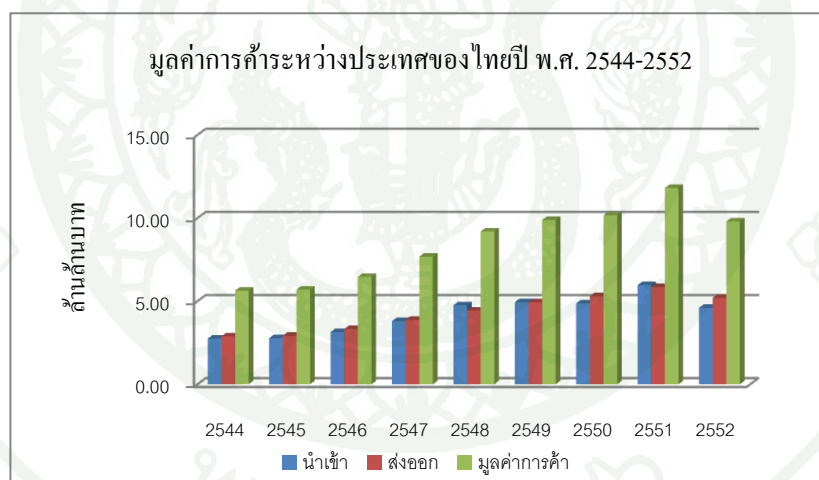
ภาพที่		หน้า
12	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการรอคอยและระดับการบริการ	20
13	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของระบบแถวคอยและระดับการบริการ	21
14	แสดง Goodness of Fit ระหว่างการแจกแจงของข้อมูลตัวอย่างกับการแจกแจงแบบปัวซองส์	42
15	แสดง Goodness of Fit ระหว่างการแจกแจงของข้อมูลตัวอย่างกับการแจกแจงแบบเออแลงค์ที่มี $k=4$	43
16	อัตราส่วนของต้นทุนทั้งหมดของท่าเรือต่อที่อยู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมงกรณีอัตราการเข้ามารับบริการต่างๆ	62

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ในยุคปัจจุบันการค้าระหว่างประเทศเป็นสิ่งที่ประเทศต่างๆ ไม่อาจจะหลีกเลี่ยงได้และนับวันก็ยิ่งทวีความสำคัญและมีการแข่งขันที่รุนแรงเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการค้าระหว่างประเทศเป็นเครื่องมือสำคัญในการสร้างความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจให้แก่ประเทศ ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่ต้องพึ่งพาการนำเข้าและส่งออกสินค้าไปยังต่างประเทศปีละหลายล้านล้านบาท โดยจากสถิติของกระทรวงพาณิชย์พบว่าประเทศไทยมีมูลค่าการค้าระหว่างประเทศเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุกๆ ปี ดังแสดงในภาพที่ 1



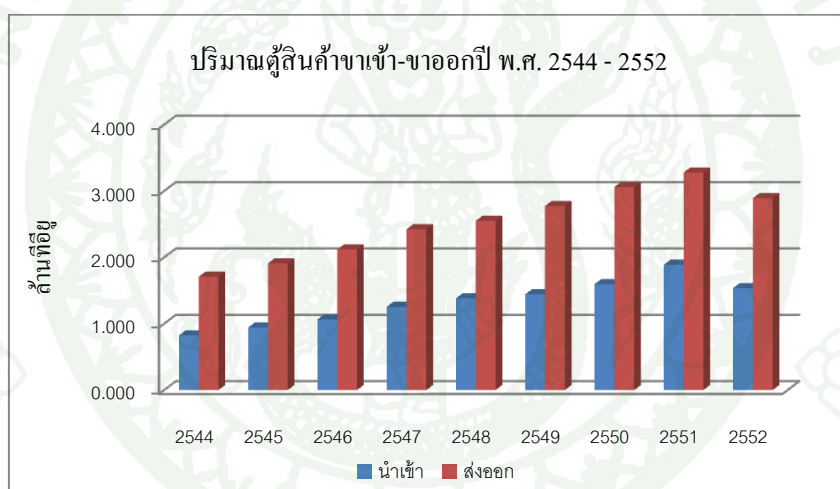
ภาพที่ 1 มูลค่านำเข้าส่งออกและมูลค่าการค้าของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2545 - 2551
ที่มา: กระทรวงพาณิชย์ (2552)

โดยในปี พ.ศ. 2552 มูลค่าการค้าระหว่างประเทศของไทยอยู่ที่ 9,795,136.4 ล้านบาท เป็นมูลค่าการนำเข้าเท่ากับ 4,600,547.8 ล้านบาท และเป็นมูลค่าการส่งออกเท่ากับ 5,194,588.6 ล้านบาท และการค้าระหว่างประเทศของประเทศไทยมักนิยมใช้การขนส่งทางทะเลเป็นหลักทั้งในการขนส่งสินค้าขาเข้าและขาออก (กรมศุลกากร, 2552) โดยในปี พ.ศ. 2552 การขนส่งสินค้าขาเข้าใช้การขนส่งทางทะเลคิดเป็น 88% ของปริมาณสินค้าทั้งหมดหรือเท่ากับ 90,702,000 ตัน มีมูลค่า

เท่ากับ 3,085,635 ล้านบาทหรือคิดเป็น 67% ของมูลค่าการนำเข้าทั้งหมด สำหรับการขนส่งสินค้าขาออกใช้การขนส่งทางทะเลคิดเป็น 90% ของปริมาณสินค้าทั้งหมดหรือเท่ากับ 91,717,000 ตัน มีมูลค่าเท่ากับ 3,370,534 ล้านบาทหรือคิดเป็น 65% ของมูลค่าการส่งออกทั้งหมด

นอกจากการขนส่งทางทะเลจะเป็นรูปแบบหลักในการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศแล้ว (กรมศุลกากร, 2552) ยังคงเป็นรูปแบบที่มีความต้องการใช้งานเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยพิจารณาจากปริมาณผู้สินค้าขาออกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 จนถึงปี พ.ศ. 2551 เพิ่มขึ้น 92 % เช่นเดียวกับปริมาณผู้สินค้าขาเข้าที่เพิ่มขึ้นถึง 129 % แต่จากการเกิดวิกฤตการณ์ทางเศรษฐกิจของโลกที่เกิดขึ้นในช่วงปี พ.ศ. 2551 จึงทำให้ในปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณผู้สินค้าทั้งขาเข้าและขาออกลดลง ดังแสดงในภาพที่

2



ภาพที่ 2 ปริมาณผู้สินค้าขาออกของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2544-2552

ที่มา: รายงานประจำปีการทำเรือแห่งประเทศไทย

ดังข้อมูลที่กล่าวมาแล้วข้างต้นแสดงให้เห็นถึงความต้องการที่มากขึ้นในการขนส่งทางทะเลของประเทศไทยจากความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นนี้ส่งผลให้ประเด็นที่มีความสำคัญตามมาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ ท่าเรือ เนื่องจากหน้าที่สำคัญของท่าเรือ คือ สถานที่เชื่อมต่อระหว่างการขนส่งภายในประเทศกับการขนส่งทางทะเลกับประเทศต่างๆ ขนถ่ายสินค้าเพื่อส่งต่อไปให้รูปแบบการขนส่งอื่นๆ เช่น รถยนต์ รถไฟในการทำการขนส่งภายในประเทศต่อไป, เป็นจุดเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิต ผู้ขนส่งสินค้า ผู้รับสินค้ารวมถึงพื้นที่แนวหลัง อีกทั้งมีหน้าที่ในการเก็บรักษาและเป็น

ศูนย์กลางการกระจายสินค้าให้กับอุตสาหกรรมต่างๆที่อยู่ในท่าเรือและอุตสาหกรรมในประเทศนั้นๆและยังช่วยให้สินค้าเดินทางไปถึงมือผู้รับทันเวลาและแข่งขันได้ในราคาที่เหมาะสม

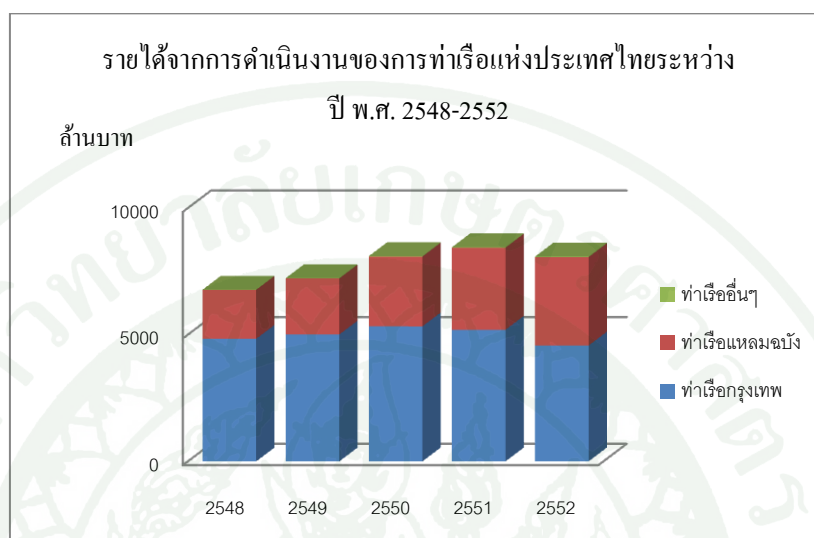
ดังนั้นในปัจจุบันท่าเรือของประเทศต่างๆทั้งในภูมิภาคอาเซียนและระดับโลกกำลังทำการแข่งขันเพื่อเพิ่มผลผลิตในการขนส่งทางทะเล รวมทั้งให้ความสำคัญกับการจัดการและการบริหารท่าเรือในการจัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ เช่น ท่าเทียบเรือ โรงพักสินค้า อุปกรณ์ยกขนสินค้าที่มีประสิทธิภาพ มีความทันสมัยเพียงพอ ตรงกับความต้องการของผู้ใช้บริการ และประสานการทำงานร่วมกันกับองค์ประกอบอื่นๆของท่าเรือในการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของท่าเรือเพื่อเป็นปัจจัยสนับสนุนการทำการค้าระหว่างประเทศ

สำหรับประเทศไทยนั้นมีท่าเรือที่มีบทบาทสำคัญในการให้บริการอยู่หลายท่า แต่ท่าเรือที่เปิดให้บริการแก่ผู้ประกอบการธุรกิจระหว่างประเทศในการขนถ่ายสินค้านำเข้าและส่งออกมายาวนานกว่า 50 ปีและเป็นท่าเรือที่มีความสำคัญต่อยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศมาอย่างต่อเนื่องก็คือ ท่าเรือกรุงเทพ ท่าเรือกรุงเทพเป็นท่าเรืออยู่ในความดูแลของการท่าเรือแห่งประเทศไทยซึ่งเป็นรัฐวิสาหกิจสาธารณูปโภคในสังกัดกระทรวงคมนาคม โดยมีวัตถุประสงค์ของการดำเนินงาน คือ สร้างโอกาสในการขนส่งทางน้ำของประเทศและช่วยกระตุ้นการพัฒนาเศรษฐกิจของภูมิภาคดำเนินงานโดยก่อให้เกิดกำไรสูงสุดและทำให้มีการจ้างงานสูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

นอกจากท่าเรือกรุงเทพจะสร้างรายได้ให้กับประเทศมาเป็นระยะเวลายาวนานแล้ว ท่าเรือกรุงเทพยังเป็นแหล่งรายได้จากการดำเนินงานส่วนใหญ่ของการท่าเรือแห่งประเทศไทยอีกด้วยดังแสดงในภาพที่ 3 โดยในแต่ละปีท่าเรือกรุงเทพสร้างรายได้ให้กับกับการท่าเรือแห่งประเทศไทยประมาณ 4,000-5,000 ล้านบาท หรือคิดเป็นร้อยละ 60 ของรายได้จากการดำเนินงานทั้งหมด โดยรายได้ส่วนใหญ่ของท่าเรือกรุงเทพเป็นรายได้เกี่ยวกับสินค้า รองลงมาเป็นรายได้เกี่ยวกับเรือ

สำหรับการให้บริการ ท่าเรือกรุงเทพให้บริการทั้งในส่วนของสินค้าทั่วไปและประเภทตู้สินค้าแต่เรือที่เข้ามาใช้บริการจะเป็นเรือตู้สินค้าเป็นหลัก โดยในปี พ.ศ. 2552 มีปริมาณเรือตู้สินค้าคิดเป็นร้อยละ 81 ของเรือที่เข้ามาใช้บริการทั้งหมดหรือเท่ากับ 2049 ลำและเป็นเรือสินค้าประมาณร้อยละ 19 โดยการให้บริการเรือตู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพได้เปิดให้บริการตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 การบรรทุกและขนถ่ายตู้สินค้าที่ท่าเรือกรุงเทพมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปีจนท่าเรือกรุงเทพเริ่มแออัดเนื่องจากเครื่องมือทุ่นแรงที่จำเป็นสำหรับบรรทุกและขนถ่ายและเคลื่อนย้ายตู้สินค้ามีไม่เพียงพอ

จนกระทั่งปี พ.ศ. 2530-2531 เกิดภาวะความแออัดอย่างรุนแรงการทำเรือฯจึงได้เร่งพัฒนาท่าเทียบเรือเชื่อมตะวันออกเป็นท่าเทียบเรือ

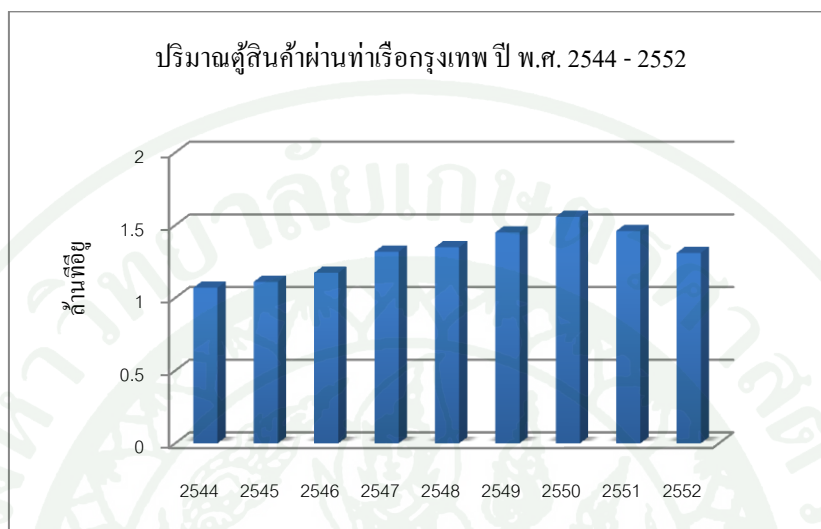


ภาพที่ 3 รายได้จากการดำเนินงานของการท่าเรือแห่งประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2548-2552
ที่มา: รายงานประจำปีการท่าเรือแห่งประเทศไทย (2548-2552)

ตู้สินค้าโดยคิดตั้งขึ้นจันทันท่าในระยะเริ่มแรกจำนวน 7 คันและได้จัดซื้อเพิ่มเติมและจัดซื้อเพื่อทดแทนของเก่าที่หมดอายุการใช้งานในปี พ.ศ. 2551 จนปัจจุบันมีจำนวนทั้งสิ้น 14 คัน รวมทั้งได้มีการปรับปรุงพื้นที่หลังท่าให้สามารถวางตู้สินค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งจัดหาเครื่องมือทุนแรงบริเวณหลังท่าเพื่อใช้จัดเรียงตู้สินค้าและนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้พัฒนาระบบปฏิบัติงานให้เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Services) ตามโครงการพัฒนาท่าเรือสู่ท่าเรืออิเล็กทรอนิกส์ (e-Port) ทำให้ท่าเรือกรุงเทพมีวิสัยทัศน์ในการรับตู้สินค้าเพิ่มขึ้นเป็น 1.4 ล้านทีอียู (รายงานการท่าเรือแห่งประเทศไทยประจำปี, 2551)

สำหรับปริมาณตู้สินค้าที่ผ่านท่าเรือกรุงเทพ ในปี พ.ศ.2537 รัฐบาลมีนโยบายจำกัดปริมาณตู้สินค้าผ่านท่าเรือกรุงเทพให้อยู่ที่ 1 ล้านทีอียูเพื่อสนับสนุนการใช้ท่าเรือแหลมฉบังและลดความแออัดของท่าเรือกรุงเทพ รวมทั้งมีการคาดการณ์ว่าผลจากการขยายท่าเรือแหลมฉบังในปี พ.ศ. 2548 จะทำให้ปริมาณตู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพลดลง (อดิสรณ์ อโนทัยสินทวีและศศิภัทร นันทคุปต์, 2547)

อย่างไรก็ตามปริมาณผู้สินค้ายังคงขยายตัวอย่างต่อเนื่องและมีจำนวนมากกว่า 1 ล้านทียูมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ปริมาณผู้สินค้าผ่านท่าเรือกรุงเทพระหว่างปี พ.ศ. 2544-2552

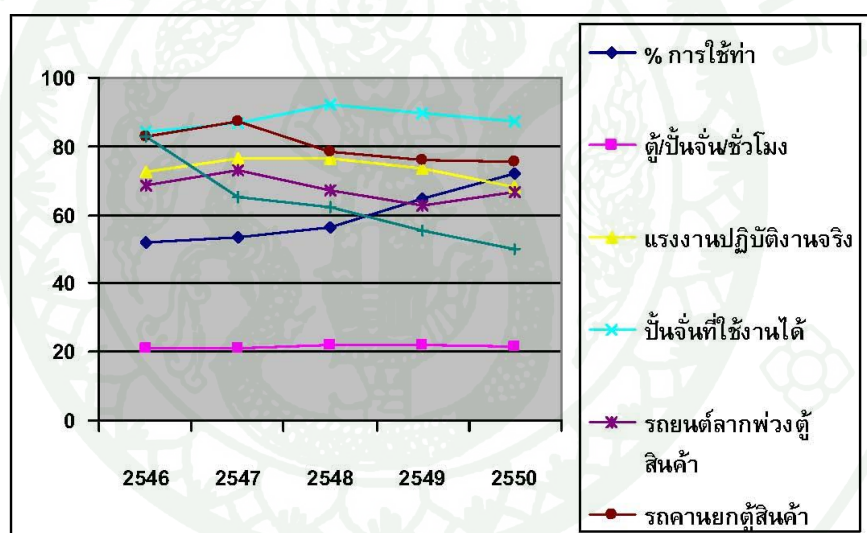
ที่มา: รายงานประจำปีการท่าเรือแห่งประเทศไทย (2552)

ในปี พ.ศ. 2550 มีจำนวนผู้สินค้าผ่านท่าเรือมากถึง 1.558 ล้านทียูซึ่งเกินกว่าความจุเป้าหมายถึง 558,000 ทียู โดยขยายตัวเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2549 เท่ากับ 7.37 % และขยายตัวเพิ่มขึ้นนับจากปี พ.ศ. 2544 ถึง 45.60% ซึ่งเป็นการขยายตัวอย่างมากในช่วง 6 ปี สาเหตุอาจเนื่องมาจากการเติบโตของเศรษฐกิจโลกในช่วงเวลาดังกล่าวซึ่งพิจารณาได้จากมูลค่าการค้าของประเทศไทยที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศซึ่งนิยมใช้การขนส่งทางทะเลเป็นหลักมีความต้องการใช้บริการเพิ่มสูงขึ้นทำให้ท่าเรือกรุงเทพซึ่งเป็นกลไกสำคัญของระบบการขนส่งทางทะเลมีปริมาณผู้สินค้าผ่านท่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน และนอกจากนี้สาเหตุอีกประการหนึ่งคือ ผู้นำเข้าส่งออกรายย่อยยังคงมีความต้องการมาใช้บริการขนส่งผู้สินค้าของตนเองผ่านท่าเรือกรุงเทพเพราะใกล้แหล่งผลิตซึ่งสะดวกในการบรรจุสินค้าเข้าสู่ตู้เพื่อส่งออกและเมื่อนำเข้าสินค้าก็สามารถกระจายสินค้าไปยังลูกค้าได้รวดเร็ว อีกทั้งยังมีต้นทุนในการขนส่งต่ำและสะดวกกว่าการใช้บริการที่ท่าเรือแหลมฉบังหรือท่าเรืออื่นๆ (การท่าเรือแห่งประเทศไทย, 2547)

อย่างไรก็ตาม แม้ว่าในปี พ.ศ. 2551 และพ.ศ. 2552 มีปริมาณผู้สินค้าผ่านท่าลดลง โดยมีปริมาณผู้สินค้าผ่านท่าอยู่ที่ 1.46 และ 1.31 ตามลำดับ แต่มีการคาดการณ์ว่าปริมาณผู้สินค้าในปี

พ.ศ.2553 จะขยายตัวเพิ่มขึ้นตามภาวะเศรษฐกิจโลกที่มีแนวโน้มฟื้นตัวอย่างค่อยเป็นค่อยไป เนื่องจากปริมาณตู้สินค้าในเดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีจำนวนเท่ากับ 593,436 ที่อู่โดยเพิ่มขึ้น 77,385 ที่อู่หรือเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 15 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันของปีก่อน (โลจิสติกส์ไคเจสต์, 2553)

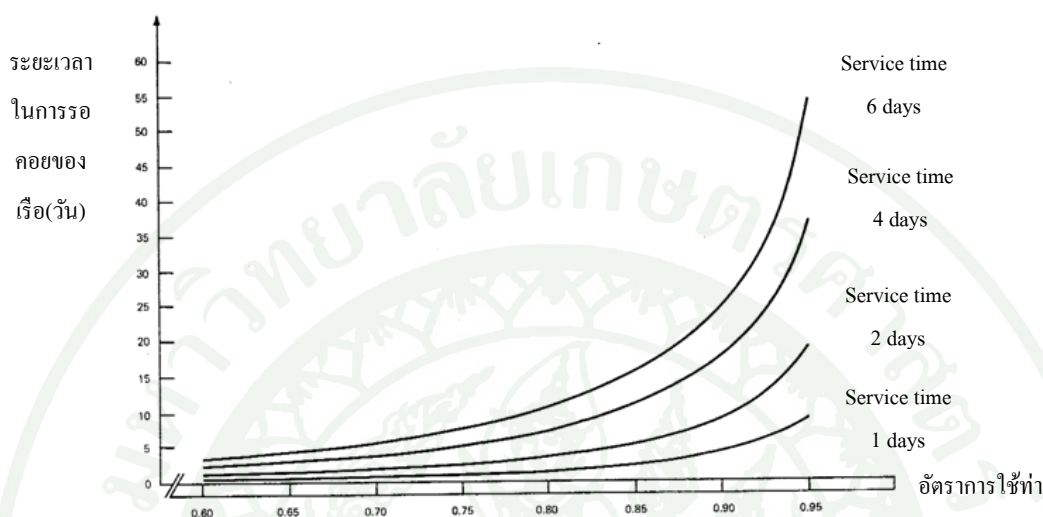
จากการที่ท่าเรือกรุงเทพมีปริมาณตู้สินค้าผ่านท่าจำนวนมากจึงส่งผลให้อัตราการใช้ท่า (Berth Occupancy) ของท่าเรือกรุงเทพนั้นมีความเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ศศิธร ณะกิจไพโรจน์และสันตชัย รัตตนนท์, 2550) ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยในปี พ.ศ. 2548 ถึง พ.ศ. 2550 ท่าเรือกรุงเทพมีอัตราการใช้ท่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คือจากร้อยละ 57 เป็นร้อยละ 72 หรือเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 15 ในช่วงเวลาสองปี



ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพการทำงานหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพระหว่างปี พ.ศ. 2546-2550
ที่มา: ศศิธร ณะกิจไพโรจน์และสันตชัย รัตตนนท์ (2550)

โดยสภาพที่เหมาะสมของท่าเรือตามมาตรฐานของ ESCAP/UNDP นั้นควรมีอัตราการใช้ท่าที่ประมาณร้อยละ 60-70 (การทำเรือแห่งประเทศไทย, ม.ป.ป.) แต่เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าอัตราการใช้ท่าของท่าเรือกรุงเทพในปี พ.ศ. 2550 มีค่าเกินกว่าร้อยละ 70 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าท่าเรือกรุงเทพเริ่มเกิดภาวะความแออัดในระยะเริ่มต้น ซึ่งปัญหานี้เป็นปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนเนื่องจากอัตราการใช้ท่าที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะเวลาในการรอคอยของเรือ คือหากอัตราการใช้ท่ามีค่าถึงระดับหนึ่งที่จะเริ่มเกิดภาวะความแออัด การเพิ่มขึ้นของอัตราการใช้ท่าเพียง

เล็กน้อยส่งผลให้ระยะเวลาในการรอคอยของเรือเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (World Bank, 2003) ดังแสดงในภาพที่ 6



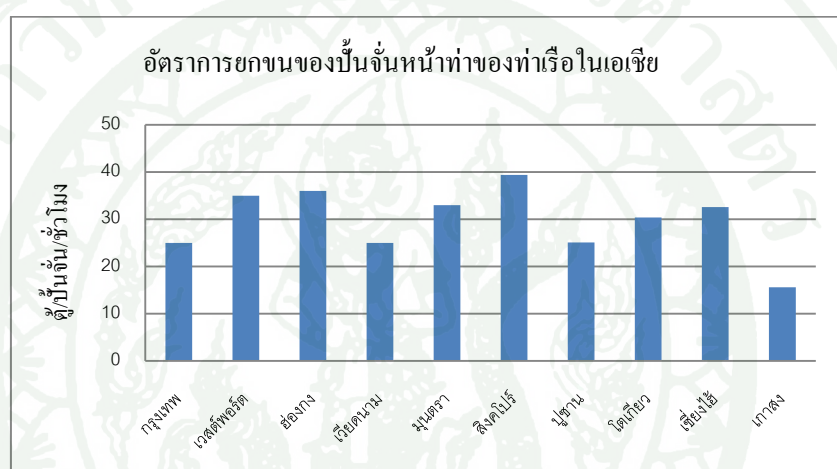
ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ท่าและระยะเวลาในการรอคอยของเรือ
ที่มา: De Monie (1987)

ดังนั้นหากปล่อยให้เกิดภาวะความแออัดดำเนินต่อไป จะส่งผลเสียต่อการรอคอยของเรือที่จะเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณ ผลที่ตามมาคือเรือสินค้าต้องรอแถวรับบริการก่อให้เกิดต้นทุนแก่ผู้มาใช้บริการท่าเรือซึ่งก็คือเจ้าของเรือทั้งในด้านเวลาและค่าใช้จ่าย ทั้งในส่วนของการใช้จ่ายดอกเบี้ย, ค่าใช้จ่ายลูกเรือ, ค่าใช้จ่ายซ่อมแซมและบำรุงรักษา, ค่าประกันภัย, ค่าเชื้อเพลิง และค่าใช้จ่ายอื่นๆ (Nathan Associates Inc., 2004)

ในขณะที่อัตราการใช้ท่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในทางกลับกันอุปกรณ์ในการยกขน เช่น ปั่นจันทน์ท่า รถยนต์ลากพ่วงตู้สินค้าและรถคานยกตู้สินค้ารวมถึงแรงงานที่มีความสำคัญต่อการขนถ่ายสินค้าหน้าท่ามีแนวโน้มที่จะลดลง และจากการสำรวจ วิจัยความพึงพอใจของผู้ใช้บริการท่าเรือแห่งประเทศไทยในสองครั้งล่าสุด คือปี พ.ศ. 2549 และปี พ.ศ. 2551 พบว่าผลการสำรวจทั้งสองครั้งท่าเรือกรุงเทพมีผลเฉลี่ยรวมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับท่าเรืออื่นๆ คือ ท่าเรือแหลมฉบัง, ท่าเรือเชียงแสน, ท่าเรือเชียงของและท่าเรือระนอง สาเหตุสำคัญ คือ ปัญหาหน้าท่ามีความไม่เพียงพอของกับความต้องการใช้บริการของสายเรือและปัญหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ยกขนสินค้า ซึ่งมีความเสื่อมสภาพและหมดอายุการใช้งานและมีจำนวนไม่เพียงพอต่อความต้องการ

ส่งผลให้เรือผู้สินค้าต้องใช้เวลาในการขนถ่ายสินค้าและเกิดการรอของเรือ ซึ่งปัญหานี้สอดคล้องกับความคิดเห็นของตัวแทนสายเรือชั้นนำที่ให้บริการท่าเรือกรุงเทพ (ปาหนัน ลัม, 2551)

ในปี พ.ศ. 2551 ท่าเรือกรุงเทพมีการจัดซื้ออุปกรณ์ขนสินค้าติดตั้งทดแทนในบางส่วนทำให้ในปัจจุบันอัตราการขนของป็นจันทน์ท่าอยู่ที่ประมาณ 25 ตู้ต่อป็นจันทน์ต่อชั่วโมงซึ่งเท่ากับค่าเฉลี่ยของอุตสาหกรรมท่าเรือ (Kim, 2010) ดังแสดงในภาพที่ 7 และในอนาคตการท่าเรือมีเป้าหมายเพิ่มอัตราการขนของป็นจันทน์ท่าให้อยู่ที่ระดับ 30 ตู้ต่อป็นจันทน์ต่อชั่วโมง



ภาพที่ 7 อัตราการขนของป็นจันทน์ท่าของท่าเรือประเทศต่างๆในเอเชีย
ที่มา: Kim (2010)

แต่อย่างไรก็ตามการลงทุนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของท่าเรือและอุปกรณ์ขนและลดระยะเวลาในการรอคอยของเรื่อนั้นย่อมต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมาก ดังนั้นการวางแผนลงทุนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของท่าเรือจะต้องทำอย่างรอบคอบ โดยจะต้องคำนึงถึงปัจจัยของทั้งการทำเรือและเรือที่เข้ามาให้บริการให้มีความสมดุลกัน ดังนั้นการวิเคราะห์ต้นทุนในการรอคอยของเรือผู้สินค้าที่เข้ามาใช้บริการของท่าเรือกรุงเทพสามารถเกิดประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องและสามารถใช้ผลการศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดการลงทุนปรับปรุงประสิทธิภาพท่าเรือกรุงเทพที่เหมาะสม ให้มีความสามารถในการรองรับความต้องการใช้ท่าที่มีอยู่ในปริมาณมากโดยมีต้นทุนรวมต่ำที่สุด คือ ต้นทุนทั้งในส่วนของการท่าเรือและเรือที่เข้ามาให้บริการ เนื่องจากท่าเรือกรุงเทพครองส่วนแบ่งการตลาดไว้อย่างต่อเนื่องและสามารถสร้างรายได้หลักให้กับประเทศ อีกทั้งท่าเรือกรุงเทพยังมีความสามารถในการให้บริการและขยายผลขีดความสามารถในการให้บริการเพื่อให้

บริการแก่ผู้ให้บริการอย่างเต็มประสิทธิภาพได้และยังเป็นการเพิ่มทางเลือกของผู้ประกอบการที่มีความต้องการใช้ท่าเรือกรุงเทพในการดำเนินธุรกิจอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาดัชนีทุนของระบบแถวคอยของเรือตู้สินค้าที่เข้ามาให้บริการที่ท่าเรือกรุงเทพ
2. เพื่อศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพ

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ เรือที่ใช้บริการท่าเรือตู้สินค้าของพื้นที่เขื่อนตะวันออกของท่าเรือกรุงเทพซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับให้บริการเฉพาะสินค้าประเภทตู้สินค้าและท่าเทียบเรือตู้สินค้า ประกอบด้วยท่าเทียบเรือ 8 ท่า คือ ท่า20A, ท่า20AB, ท่า20B, ท่า20C, ท่า20D, ท่า20E, ท่า20F และท่า20G ที่รับบริการขนถ่ายตู้สินค้าจากปั้นจั่นหน้าท่าเบอร์ 1,2,6,7,13,14,15,16 ของท่าบริการตู้สินค้า 1 และปั้นจั่นหน้าท่าเบอร์ 8,9,10,11,17,18 ของท่าบริการตู้สินค้า 2
2. ศึกษาขั้นตอนการปฏิบัติงานหน้าท่าเฉพาะในส่วนของการยกตู้สินค้าจากขึ้นเรือและการยกตู้สินค้านกลงจากเรือเท่านั้น
3. ระยะเวลาในการวิจัย คือ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2553 ถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2555

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เพื่อเป็นการเสนอทางเลือกในการจัดสรรท่าเทียบเรือและอุปกรณ์ปั้นจั่นหน้าท่าในการบริการเรือตู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพให้มีความเหมาะสม
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของท่าเรือกรุงเทพ และลดระยะเวลาในการรอคอยของเรืออันจะส่งผลให้ท่าเรือกรุงเทพสามารถดึงดูดผู้ให้บริการ เพิ่มปริมาณการค้าระหว่างประเทศและรายได้ให้แก่ประเทศ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าที่เข้ามาให้บริการที่ท่าเรือกรุงเทพมีกรอบแนวคิดในการวิจัยดังนี้ คือ การศึกษาต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพโดยใช้ตัวแบบแถวคอยแบบ $M/E_k/S: FSFC/\infty/\infty$ ซึ่งเป็นตัวแบบแถวคอยที่มีรูปแบบการเข้ามาให้บริการมีการแจกแจงแบบปัวซองส์และรูปแบบการให้บริการมีการแจกแจงแบบเออแลงค์ และเป็นระบบที่มีหน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนาน มีแถวคอยหนึ่งแถว, ระเบียบการให้บริการทุกหน่วยเหมือนกันหมด คือ ผู้ที่มาถึงก่อนจะได้รับบริการก่อน, ขนาดของแถวคอยและจำนวนของลูกค้ามีจำนวนไม่จำกัด มาใช้ในการอธิบายพฤติกรรมการณ์การเคลื่อนไหวของเรือในท่าเรือกรุงเทพ ซึ่งก็คือ ระยะเวลาในการรอคอย ระยะเวลาในการรับบริการ จำนวนเรือที่รอคอยและจำนวนเรือในท่าทั้งหมด จากนั้นนำผลจากการระบบแถวคอยดังกล่าวมาวิเคราะห์ร่วมกับต้นทุนในส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเรือที่เข้ามาให้บริการซึ่งในที่นี้ คือ ต้นทุนในการรอคอยของเรือที่เข้ามาให้บริการต่อหนึ่งหน่วยเวลาและต้นทุนของท่าเรือซึ่งก็คือต้นทุนในการให้บริการต่อหนึ่งหน่วยเวลา

อย่างไรก็ตามหากจำนวนของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าเปลี่ยนแปลงไปก็ส่งผลให้ค่าสถิติของระบบแถวคอยและต้นทุนในการรอคอยเพื่อรับบริการของเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพเปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพทั้งระบบ ดังนั้นในการกำหนดจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพใช้สมมุติฐานว่าจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าหรือจำนวนท่าเทียบเรือจะเพิ่มขึ้นตามเท่าที่ต้นทุนหน่วยสุดท้ายของท่าเรือยังคงน้อยกว่าผลประโยชน์หน่วยสุดท้ายซึ่งก็คือ การลดค่าใช้จ่ายในการรอคอยของเรือในท่า และจำนวนปั้นจั่นหรือท่าเทียบเรือที่เหมาะสมที่สุดคือจำนวนที่ต้นทุนหน่วยสุดท้ายเท่ากับผลประโยชน์หน่วยสุดท้าย ซึ่งเป็นจำนวนที่ทำให้ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพมีค่าต่ำที่สุด



ภาพที่ 8 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การศึกษาต้นทุนของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าที่เข้ามาใช้บริการของท่าเรือกรุงเทพ ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ทฤษฎีและแนวคิดที่ใช้ในการวิจัยและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

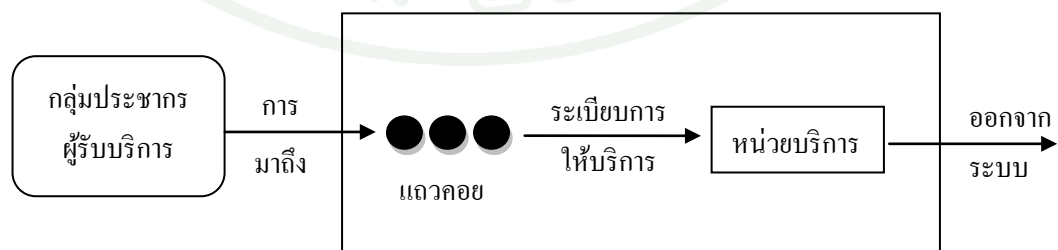
แนวคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

ทฤษฎีตัวแบบแถวคอย

การรอคอยเป็นปัญหาที่เราต้องเผชิญอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เช่น การรอรถโดยสารประจำทาง การรอสัญญาณไฟจราจรและการรอชำระค่าสินค้าในห้างสรรพสินค้า เป็นต้น ดังนั้นจึงมีผู้พยายามคิดค้นเพื่อแก้ปัญหาในการรอคอยโดยใช้ตัวแบบปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า ทฤษฎีแถวคอย เพื่อใช้ในการอธิบายและแก้ปัญหาแถวคอยที่เกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยพัฒนาปรับปรุงระบบและลดค่าใช้จ่ายในการทำงานได้อีกด้วย (Winston and Albright, 2009)

ลักษณะที่สำคัญของตัวแบบแถวคอย

ระบบแถวคอยมีองค์ประกอบหลัก 3 ส่วน คือ การเข้ามาใช้บริการของลูกค้า (The arrival or Calling population), แถวคอย (Queue or Waiting line) และหน่วยบริการ (Server) ดังแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 องค์ประกอบของตัวแบบแถวคอย

ซึ่ง 3 องค์ประกอบนี้มีลักษณะเฉพาะที่จะต้องตรวจสอบก่อนที่จะทำการวิเคราะห์แบบจำลอง (Winston and Albright, 2009) โดยรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบมีดังนี้

1. ลักษณะการเข้ามารับบริการของลูกค้า

ในการพิจารณาลักษณะการเข้ามารับบริการของลูกค้านั้นมีข้อมูลที่ส่งผลต่อลักษณะการเข้ามารับบริการอยู่ 3 ประเภท คือ ขนาดของลูกค้า, รูปแบบการมาของลูกค้าและพฤติกรรมการมาของลูกค้า ซึ่งลักษณะการเข้ามารับบริการของลูกค้าในการวิจัยครั้งนี้มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ขนาดของลูกค้า (Size of the Calling Population)

ลูกค้าที่มารับบริการมีจำนวนไม่จำกัด คือ ความยาวของแถวคอยที่รอรับบริการและอัตราการเข้ามาของลูกค้าจะไม่มีความสัมพันธ์กัน ทำให้จำนวนของลูกค้าที่รอรับบริการ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งไม่ส่งผลให้ลูกค้ารายอื่นๆมีโอกาสที่จะเข้ามารับบริการลดน้อยลง

1.2 รูปแบบการเข้ามารับบริการของลูกค้า (Pattern of arrivals at the System)

การมาของลูกค้ายังหน่วยบริการสามารถเป็นแบบสุ่มและเป็นอิสระต่อกัน กล่าวคือ การที่ลูกค้าคนต่อไปจะเข้ามารับบริการหรือไม่และเข้ามารับบริการเมื่อเวลาใดจะไม่ขึ้นกับการมารับบริการของลูกค้าคนก่อน ซึ่งการเข้ามารับบริการของเรือในช่วงเวลาหนึ่งๆสามารถอธิบายได้โดยการแจกแจงแบบแบบปัวซองส์ (Tadashi, 2003) ดังนั้นความน่าจะเป็นที่จะมีเรือ n ลำในท่า ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง (P_n) เท่ากับ

$$P_n \equiv \frac{\lambda^n}{n!} e^{-\lambda}$$

โดย

- λ = อัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ยในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง
- n = จำนวนเรือที่เข้ามารับบริการ
- e = ลอการิทึมฐาน e มีค่าโดยประมาณเท่ากับ 2.71828

2. พฤติกรรมการมาของลูกค้า (Behavior of the Arrival)

การวิเคราะห์เชิงคุณภาพของพฤติกรรมการเข้ามารับบริการของลูกค้านั้นมีความซับซ้อนเนื่องจากในความเป็นจริงแล้วลูกค้าอาจปฏิเสธที่จะรอในแถวคอยหรือลูกค้าที่เข้ามาในระบบแล้วออกจากแถวคอยเนื่องจากไม่ต้องการที่จะรอต่อไป ดังนั้นแบบจำลองแถวคอยที่รองรับบริการของงานวิจัยในครั้งนี้จะสมมติว่าลูกค้าที่เข้ามาในระบบเป็นลูกค้าที่มีความอดทน คือ เป็นลูกค้าที่จะรออยู่ในแถวคอยจนกว่าจะได้รับบริการและไม่เปลี่ยนไปยังแถวคอยอื่น

2.1 ลักษณะของแถวคอยเพื่อรอรับบริการ ในการพิจารณาลักษณะของแถวคอยจะพิจารณาองค์ประกอบของแถวคอย 2 องค์ประกอบ คือ

2.1.1 ความยาวของแถวคอยเพื่อรอรับบริการ เป็นแถวคอยที่มีความยาวแบบไม่จำกัด

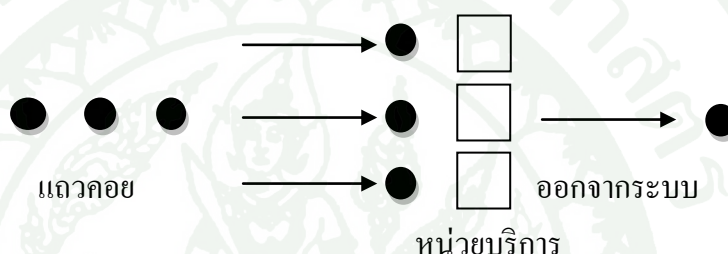
2.1.2 กฎเกณฑ์ของแถวคอยเพื่อรอรับบริการ แถวคอยของระบบเกิดขึ้นจากลูกค้าเข้ามาในหน่วยบริการเพื่อรับบริการแต่ในระบบมีลูกค้าอื่น ๆ อยู่ในระบบที่รอรับบริการอยู่รูปแบบของแถวคอยที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับกฎเกณฑ์หรือข้อกำหนดของระเบียบวิธีแถวคอยที่เป็นนโยบายของการเลือกลูกค้าเข้ารับบริการและสามารถมีรูปแบบต่างๆ ได้หลายรูปแบบซึ่งในการวิจัยครั้งนี้กฎเกณฑ์ของแถวคอยเป็นระบบมาก่อนได้รับบริการก่อน (First Come First Serve : FCFS) เป็นระบบที่กำหนดการให้บริการลูกค้าตามลำดับการเข้ามารับบริการลูกค้าที่เข้ามาถึงหน่วยบริการก่อนจะได้รับบริการก่อน

3. ลักษณะของการบริการ

ในการพิจารณาลักษณะของการให้บริการเราจำเป็นจะต้องตรวจสอบคุณสมบัติเบื้องต้น 2 คุณสมบัติ คือ องค์ประกอบของระบบการให้บริการและรูปแบบของระยะเวลาการบริการ

3.1 องค์ประกอบของระบบการให้บริการ

การแยกแยะระบบของการให้บริการจะพิจารณาเกี่ยวกับ จำนวนของช่องทางในการบริการ, จำนวนของหน่วยบริการ (Server) และจำนวนของขั้นตอนในการรับบริการซึ่งระบบของการเข้ารับบริการของเรื่อผู้สินค้าในการยกขนสินค้า ณ ท่าเรือกรุงเทพเป็นระบบที่มีหน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนาน มีแถวคอยเพียงแถวเดียวคือลูกค้าเข้ามาใช้บริการจากหน่วยบริการที่มีหลายหน่วยแต่ลูกค้ามีแถวคอยเพื่อรอรับบริการเพียงแถวเดียวดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ระบบที่มีหน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนาน มีแถวคอยเพียงแถวเดียว

3.2 รูปแบบของระยะเวลาการบริการ

ระยะเวลาในการให้บริการเป็นแบบสุ่ม คือ การให้บริการที่ลูกค้าแต่ละรายไม่เหมือนกันจึงใช้เวลาในการให้บริการที่แตกต่างกัน ซึ่งรูปแบบของระยะเวลาของการบริการสามารถอธิบายได้โดยการแจกแจงแบบเออแลงค์ ดังนั้นความน่าจะเป็นของระยะเวลาในการให้บริการ (P_0) เท่ากับ

$$P_0 \equiv e^{-kb} \sum_{n=0}^{n=k-1} \frac{(kb)^n}{n!}$$

โดย

b = ระยะเวลาการให้บริการของเรือเฉลี่ย

k = จำนวนชั้นของเออร์แลงค์

สัญลักษณ์ที่ใช้ในตัวแบบแถวคอยเพื่ออธิบายบริการ

Winston and Albright (2009) ได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการแสดงข้อมูลต่างๆ ในตัวแบบแถวคอย มีดังนี้

λ = อัตราการเข้ารับบริการ (จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยที่เข้ามาใช้บริการในหนึ่งหน่วยเวลา)

μ = อัตราการให้บริการ (จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยที่หน่วยให้บริการแต่ละหน่วยให้บริการในหนึ่งหน่วยเวลา)

$\frac{1}{\mu}$ = เวลาโดยเฉลี่ยที่ใช้ในการให้บริการลูกค้า 1 ราย

ρ = ความหนาแน่นของลูกค้า

p_n = ความน่าจะเป็นที่มีลูกค้า n คนในระบบ

n = จำนวนลูกค้าในระบบ

L_s = จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบ

L_q = จำนวนลูกค้าโดยเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย

W_s = เวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าแต่ละคนเสียไปในการรับบริการในระบบ

W_q = เวลาโดยเฉลี่ยที่ลูกค้าแต่ละคนเสียไปในการรออยู่ในแถวคอย

กฎของลิตเติล (Little's Law)

ภายใต้สภาวะคงที่ จำนวนเฉลี่ยของลูกค้าในระบบจะเท่ากับอัตราการเข้ามาใช้บริการเฉลี่ยคูณกับระยะเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ไปในระบบ

$$L \equiv \lambda W$$

โดย

L = จำนวนเฉลี่ยของลูกค้าในระบบ

λ = อัตราการเข้ามาใช้บริการ

W = ระยะเวลาเฉลี่ยที่ลูกค้าใช้ไปในระบบ

การวิเคราะห์ระบบแถวคอย

รูปแบบของระบบแถวคอยที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีรูปแบบการแจกแจงของอัตราเข้ามาของลูกค้าแบบปัวซองส์และรูปแบบการแจกแจงของอัตราการให้บริการแบบเออแลงค์

1. สัญลักษณ์ในการระบุตัวแบบแถวคอย (Kendall Notation)

ในการระบุแบบจำลองของระบบแถวคอยนั้นสามารถระบุโดยใช้สัญลักษณ์ของนักคณิตศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ ดี. จี. เคนดอลล์ (D.G. Kendall) เรียกว่า เคนดอลล์โนเตชัน (Kendall Notation) ซึ่งได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางเพื่อให้สะดวกในการสื่อสารข้อความให้เข้าใจตรงกันว่าแต่ละตัวแบบใช้กับระบบแถวคอยลักษณะใด โดยสัญลักษณ์นี้ใช้แทนการแจกแจงความน่าจะเป็นของรูปแบบของการมาของลูกค้า, การแจกแจงของระยะเวลาการบริการ, จำนวนของช่องทางในแบบจำลองแถวคอยและลักษณะองค์ประกอบอื่นๆของระบบแถวคอย โดยใช้ตัวอักษร ตัวเลข และสัญลักษณ์ต่างๆ กันด้วยเครื่องหมาย / ดังต่อไปนี้ (“ระบบแถวคอย” 2552, ออนไลน์)

A/B/C/K/N/D

โดย

A = การแจกแจงความน่าจะเป็นของการมารับบริการ

B = การแจกแจงความน่าจะเป็นของการให้บริการ

ทั้งนี้สัญลักษณ์ต่างๆแสดงการแจกแจงความน่าจะเป็นของข้อมูลทั้ง A และ B ได้ดังนี้ M หมายถึง การแจกแจงการเข้ามารับบริการแบบปัวซองส์ หรือหมายถึงการแจกแจงช่วงเวลาระหว่างการเข้ามารับบริการแบบเอกซ์โพเนนเชียล, D หมายถึงข้อมูลมีลักษณะคงที่ และ G หมายถึง การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบใดก็ได้ (General Distribution), Ek หมายถึง การแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเออแลงค์

C = จำนวนช่องทางให้บริการ (Channel) หรือจำนวนหน่วยบริการ (Server) โดยใช้ตัวเลขแสดงจำนวนช่องทางให้บริการ

K = ความยาวของแถวคอย

N = จำนวนหน่วยในประชากร ซึ่งจะใช้เครื่องหมาย ∞ แทนที่ในตำแหน่ง K, N ในกรณีที่ ไม่จำกัดความยาวของแถวคอย หรือจำนวนหน่วยในประชากรมีจำนวนมากมาย

D = กฎเกณฑ์การให้บริการ จะใช้ตัวอักษรแสดงระเบียบการให้บริการต่าง ๆ ดังนี้

FCFS (First Come, First Served) หมายถึง มาก่อนให้บริการก่อน

LCFS (Last Come, First Served) หมายถึง มาทีหลังให้บริการก่อน

SIRO (Service in Random Order) หมายถึง ใช้การสุ่มในการให้บริการ

PIR (Priority in Selection) หมายถึง ให้บริการตามความจำเป็นของลูกค้า

2. ตัวแบบที่ใช้ศึกษาในการวิจัย

ตัวแบบแต่ละตัวแบบมีสูตรการคำนวณแตกต่างกัน ดังนั้นในการเลือกใช้ตัวแบบควรพิจารณาลักษณะของระบบบริการที่ทำการศึกษว่าสอดคล้องกับตัวแบบใด ซึ่งตัวแบบที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ตัวแบบ $M/E_k/s$ ตัวแบบนี้เหมาะสมกับระบบแถวคอยที่มีลักษณะระบบที่มีหน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนาน มีแถวคอยเพียงแถวเดียว และมีการแจกแจงของอัตราการเข้ามารับบริการแบบปัวซองส์และรูปแบบการแจกแจงของอัตราการให้บริการแบบเออแลงส์ สรุปลักษณะของระบบแถวคอยที่ควรใช้ตัวแบบนี้ คือ

- อัตราการเข้ารับบริการเป็นแบบสุ่ม มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทั่วไป ($A=M$)
- เวลาในการให้บริการเป็นแบบสุ่ม มีการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบทั่วไป ($B=Ek$)
- เป็นการให้บริการแบบหลายช่องทาง และขั้นตอนเดียว ($C=s$)
- ความยาวของแถวคอยไม่จำกัด ($K=\infty$)
- ประชากรมีจำนวนมากมาย ($N=\infty$)
- มีระเบียบการให้บริการแบบมาก่อนได้รับบริการก่อน ($D=FCFS$)

โดยสมมุติฐานของตัวแบบ $M/Ek/s$ คือ อัตราการเข้ารับบริการน้อยกว่าผลคูณของจำนวนช่องทางบริการกับอัตราการให้บริการ ($\rho < 1$)

แนวคิดการเกิดภาวะได้อ่างเสียอย่าง (Trade off)

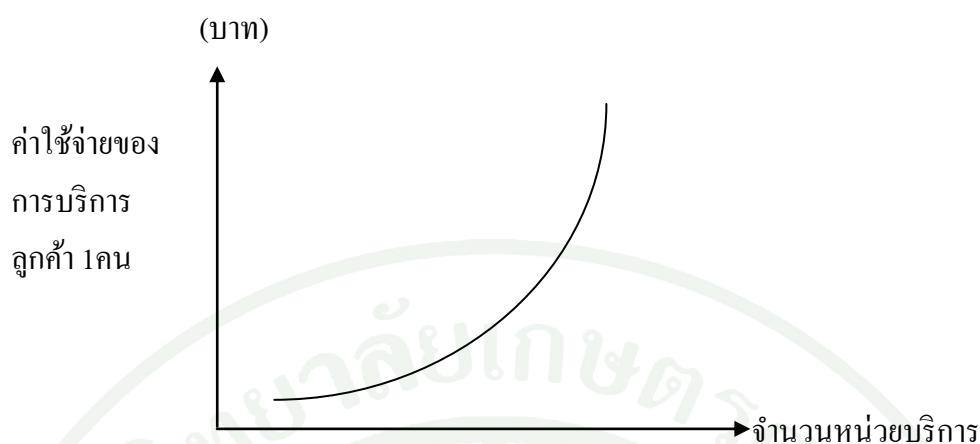
ในเศรษฐกิจปัจจุบัน ผู้บริโภค แรงงานและธุรกิจต้องมีความยืดหยุ่นและทำการเลือกเพิ่มมากขึ้นสอดคล้องกับการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เนื่องจากเกี่ยวข้องกับทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ดังนั้นเมื่อมีการเลือกเกิดขึ้นเราต้องยอมรับที่จะต้องเสียสิ่งใดสิ่งหนึ่งเพื่อให้ได้มาเพื่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งเรียกว่า ภาวะได้อ่างเสียอย่าง (Trade off) แนวคิดนี้ไม่ได้เกี่ยวกับการตัดสินใจด้านการเงินเท่านั้น ภาวะได้อ่างเสียอย่างนี้ยังเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในการจัดสรรเวลา การจัดการสิ่งแวดล้อม โดยในการตัดสินใจส่วนใหญ่จะไม่เลือกอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียว แต่จะตัดสินใจที่จะเพิ่มสิ่งหนึ่งแล้วลดอีกสิ่งหนึ่งลงเพื่อที่จะผสมผสานระหว่างสองสิ่งเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ต้องการ (Snyder and Nicholson, 2008)

ในการประเมินภาวะได้อ่างเสียอย่างต้องทำอย่างรอบคอบและเป็นระบบ ซึ่งเกี่ยวกับการเปรียบเทียบต้นทุนค่าเสียโอกาสและผลประโยชน์ของแต่ละทางเลือกที่มีอยู่ โดยในการวิจัยครั้งนี้ก็เผชิญกับภาวะได้อ่างเสียอย่างเนื่องจากต้นทุนของระบบแถวคอยประกอบด้วยค่าใช้จ่ายสองประเภทคือ ค่าใช้จ่ายในการให้บริการและค่าใช้จ่ายในการรอคอย (Naggar, 2010)

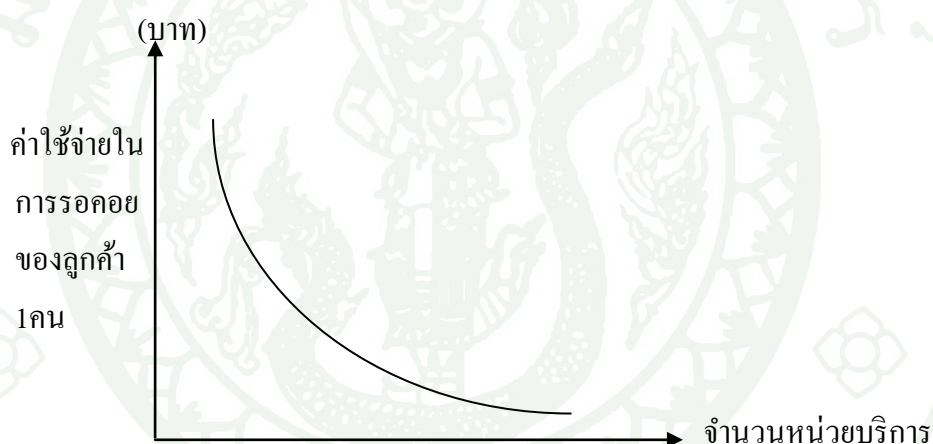
1. ค่าใช้จ่ายในการให้บริการ หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงาน เช่น ค่าจ้างคนทำหน้าที่ให้บริการหรือค่าใช้จ่ายในการเช่าหรือซื้ออุปกรณ์ให้บริการและค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงรักษา

2. ค่าใช้จ่ายในการรอคอย หมายถึง ค่าใช้จ่ายอันเป็นผลมาจากการที่เรือต้องเสียเวลารอคอยเพื่อรับบริการ

การเพิ่มค่าระดับการบริการให้มากขึ้น เช่น เพิ่มอุปกรณ์การให้บริการ, เพิ่มพนักงานให้บริการ จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการให้บริการสูงขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 11 ในทางตรงกันข้ามถ้าระดับการให้บริการยิ่งสูงขึ้นเท่าใดเวลารอคอยจะลดลงมากยิ่งขึ้นซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการรอคอยลดลงเช่นเดียวกัน ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการบริการและระดับการบริการ

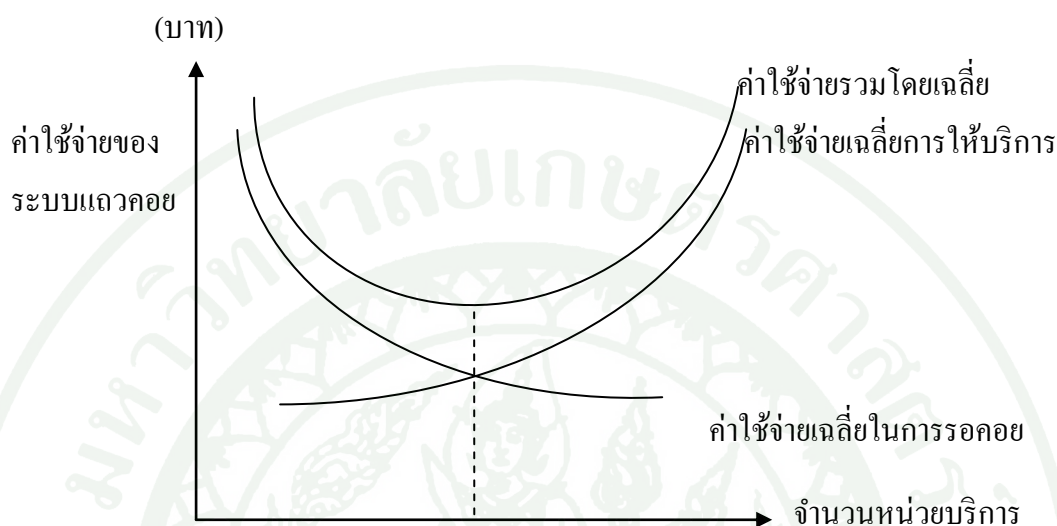


ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการรอคอยและระดับการบริการ

จากภาพที่ 11 และภาพที่ 12 จะเห็นได้ว่าปัญหาที่ต้องตัดสินใจ คือ ระดับการบริการ ซึ่งเป็นการตัดสินใจว่าจะจัดให้มีหน่วยบริการอยู่ในระดับใด เพราะถ้าเราจัดระดับการให้บริการในปริมาณที่มากจะช่วยลดเวลารอคอยลงซึ่งเป็นสิ่งที่ลูกค้าพอใจแต่จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการบริการสูง ในทางกลับกันการลดระดับการให้บริการลงจะทำให้บริษัทสามารถลดค่าใช้จ่ายในการบริการแต่ขณะเดียวกันก็จะทำให้ลูกค้าเสียเวลารอคอยนานขึ้น

ดังนั้นในการวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยจะต้องประเมินค่าเสียหายที่เกิดจากการรอคอยคิดออกมาเป็นจำนวนเงินซึ่งถือเป็นค่าใช้จ่ายในการรอคอยจะพบว่าค่าใช้จ่ายในการ

ให้บริการจะตรงกันข้ามกับค่าใช้จ่ายในการรอคอย คือถ้าค่าใช้จ่ายในการรอคอยลดลงค่าใช้จ่ายในการให้บริการจะสูงขึ้นตามระดับการให้บริการที่สูงขึ้นดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายของระบบแถวคอยและระดับการบริการ

ปัญหาการตัดสินใจเกี่ยวกับระบบแถวคอย คือ การพยายามทำให้เกิดความสมดุลระหว่างค่าใช้จ่ายทั้งสองด้าน คือ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการรอคอยและค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการให้บริการ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของผู้ตัดสินใจ คือ การกำหนดระดับบริการที่ทำให้ค่าใช้จ่ายรวมโดยเฉลี่ยซึ่งก็คือผลรวมของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการรอคอยกับค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการให้บริการมีค่าต่ำสุด

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Tadashi (2003) และ M.E.El-Naggar (2010) ใช้ทฤษฎีแถวคอยในการศึกษาพฤติกรรมรถเคลื่อนไหวกของเรือในท่าเรือ โดย Tadashi (2003) ได้สำรวจพบว่าพฤติกรรมรถเคลื่อนไหวกของเรือในท่าเรือสาธารณะของท่าเรือโอซากาเป็นไปตามแบบจำลอง $M/Ek/s$ เช่นเดียวกับ M.E.El-Naggar (2010) พบว่าการเคลื่อนไหวกของเรือในท่าเรือเล็กซานเดรียเป็นไปตามแบบจำลอง $M/Ek/s$

Noritake and Kimura (1983), Tadashi (2003), Nam-Kyu Park and Branislav Dragovic (2009), M.E.El-Naggar (2010) ศึกษาต้นทุนรวมของระบบโดยประกอบด้วยต้นทุนสองส่วน คือ ต้นทุนของเรือและต้นทุนของท่าเรือ

$$C = C_b + C_s$$

ในการกำหนดจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือ แบบจำลองของต้นทุนรวมของระบบ คือ

$$C = c_b t S + c_s n_s$$

โดยต้นทุนรวมของท่าเรือคิดจากผลคูณของ ต้นทุนเฉลี่ยของท่าเทียบเรือต่อวัน (c_b) ระยะเวลาที่พิจารณา (t) และจำนวนท่าเทียบเรือ (S) สำหรับต้นทุนของเรือคิดจากผลคูณของ ต้นทุนเฉลี่ยการรอกอยของเรือ (c_s) กับจำนวนเฉลี่ยของเรือที่อยู่ในท่า (n_s)

Schonfeld and Sharafedien (1985) และ Wen-Chih and TuCheng (2009) มีรายละเอียดของ ต้นทุนของระบบท่าเรือที่เพิ่มมากขึ้น โดยในส่วนของต้นทุนของเรือได้แบ่งออกเป็นต้นทุนของเรือ และต้นทุนของสินค้าที่บรรทุกบนเรือ และในส่วนของต้นทุนของท่าเรือประกอบด้วย ต้นทุนของท่าเทียบเรือ ต้นทุนของปั้นจั่นหน้าท่า ต้นทุนของพื้นที่เก็บสินค้าและต้นทุนของแรงงานท่าเรือ ซึ่งใช้ในการศึกษาครั้งนี้

$$C = C_b + C_r + C_y + C_l + C_s + C_u$$

โดย

$$C_b = SB$$

ต้นทุนของท่าเทียบเรือต่อชั่วโมง (C_b) ได้จากผลคูณระหว่างจำนวนท่าเทียบเรือ (S) $\times$ ต้นทุนในการก่อสร้างท่าเทียบเรือและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อชั่วโมง (B)

$$C_r = SNR$$

ต้นทุนของปั้นจั่นหน้าท่าต่อชั่วโมง (C_r) ได้จากผลคูณของจำนวนท่าเทียบเรือ (S) $\times$ จำนวนปั้นจั่นต่อท่าเทียบเรือ (N) $\times$ ต้นทุนของปั้นจั่นต่อชั่วโมง (R)

$$C_y = zaY$$

ต้นทุนลานเก็บสินค้าต่อชั่วโมง (C_y) ได้จากผลคูณของความสามารถในการรองรับของพื้นที่เก็บสินค้า (z) $\times$ ขนาดของพื้นที่เก็บสินค้าในหน่วยเอเคอร์ต่อคอนเทนเนอร์ (a) $\times$ ต้นทุนพื้นที่เก็บสินค้าต่อเอเคอร์ต่อชั่วโมง (Y) โดยค่าความสามารถในการรองรับของพื้นที่เก็บสินค้า (z) มาจากสมการต่อไปนี้

$$z = \lambda \theta d d_s$$

นั่นคือ อัตราการเข้ามาให้บริการของเรือ (λ) $\times$ ผู้สินค้าที่ยกขนต่อลำ (θ) $\times$ ระยะเวลาเฉลี่ยที่อยู่ในพื้นที่เก็บสินค้า (d) $\times$ ค่าความปลอดภัย (d_s)

$$C_l = \lambda N L$$

ต้นทุนของแรงงานต่อชั่วโมง (C_l) คิดจาก อัตราการเข้ามาให้บริการของเรือ (λ) $\times$ จำนวนของแรงงานซึ่งเท่ากับจำนวนปั้นจั่นหน้าท่า (N) $\times$ ชั่วโมงการทำงานต่อเรือหนึ่งลำ (L) $\times$ ค่าจ้างแรงงานต่อชั่วโมง (L)

$$C_s = \lambda \bar{W} c_s$$

ต้นทุนของเรือต่อชั่วโมง (C_s) คิดจากอัตราการเข้ามาให้บริการของเรือ (λ) $\times$ ต้นทุนของเรือที่อยู่ในท่า (c_s) โดยเรือจะเกิดต้นทุนของค่าเสื่อม, ค่าจ้างคนงาน, ค่าประกันภัยและต้นทุนอื่นๆ $\times$ ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่า ($\bar{W}$)

$$C_u = \lambda \bar{W} \theta U$$

ต้นทุนของสินค้า (C_u) คิดจากอัตราการเข้ามาให้บริการของเรือ (λ) $\times$ ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่า ($\bar{W}$) $\times$ จำนวนเฉลี่ยของผู้สินค้าของเรือแต่ละลำ (θ) $\times$ ต้นทุนของผู้สินค้าต่อชั่วโมง (U)

สำหรับในการวิเคราะห์การลงทุนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือนอกจากการคำนวณจากสูตรข้างต้นแล้วมีการศึกษาโดยการสร้างเส้นแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรเพื่อให้สะดวกต่อการ

นำไปใช้งานมากขึ้น Noritake and Kimura (1983) จะใช้แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนต้นทุนรวม (r_s^T) กับความหนาแน่นของท่าเรือ (a) ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$r_s^T = r_{bs} + \frac{a^{S+1}}{(S-1)(S-a)^2} \left[\sum_{n=0}^{S-1} \left(\frac{a^n}{n!} \right) + \frac{a^S}{(S-1)!(S-1)} \right]^{-1} \times$$

$$\left[\frac{1 + \left(\frac{1}{k} \right)}{2} + \left(1 - \frac{1}{k} \right) \left(1 - \frac{a}{s} \right) (S-1) \frac{(4+5a)^{\frac{1}{2}} - 2}{32a} \right] + a$$

M.E.El-Naggar (2010) ใช้แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนต้นทุนของท่าเรือกับต้นทุนของเรือ (r_{bs}) กับความหนาแน่นของท่าเทียบเรือ (a)

Schonfeld and Sharafedien (1985) ใช้แบบจำลองของต้นทุนเฉลี่ยต่อชั่วโมงในการกำหนดการลงทุนที่เหมาะสม โดยการสร้างเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนเฉลี่ย (AC) กับอัตราการเข้ามารับบริการของเรือ (λ)

Wen-Chih and TuCheng (2009) ใช้แบบจำลองของอัตราส่วนต้นทุนรวมของท่าเรือต่อที่อู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมง (UC) ในการกำหนดการลงทุนที่เหมาะสมซึ่งสามารถสร้างเส้นแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนต้นทุนรวมของท่าเรือต่อที่อู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมงและอัตราการเข้ามารับบริการ ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เนื่องจาก UC ไม่มีหน่วยทำให้สามารถเปรียบเทียบได้ง่ายขึ้นเมื่อเทียบกับแบบจำลองอื่นๆ

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยเรื่องการวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพเป็นการรวบรวมข้อมูลทางสถิติของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับระบบแถวคอยของท่าเรือกรุงเทพ จากนั้นนำข้อมูลไปวิเคราะห์และตีความและสรุปผลการวิจัยเพื่ออธิบายสภาพปัจจุบันของระบบแถวคอยในการให้บริการของท่าเรือกรุงเทพ และเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจด้านการลงทุนปรับปรุงประสิทธิภาพของท่าเรือต่อไป วิธีการวิจัยมีดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ เรือผู้สินค้าที่ใช้บริการปั่นจั่นหน้าท่าในการยกขนสินค้าขึ้น-ลง ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ณ ท่าเทียบเรือ 8 ท่าของพื้นที่เขื่อนตะวันออกของท่าเรือกรุงเทพ คือ ท่า20A, ท่า20AB, ท่า20B, ท่า20C, ท่า20D, ท่า20E, ท่า20F และท่า20G

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล ได้แก่ ตารางแจกแจงความถี่ของจำนวนเรือการเข้ามาใช้บริการและตารางแจกแจงความถี่ของระยะเวลาการใช้บริการปั่นจั่นหน้าท่าของเรือแต่ละลำ
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ โปรแกรมสำเร็จรูป Excel

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้แบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกข้อมูลอัตราการเข้ามารับบริการ และเวลาที่ใช้ในการบริการ ซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากแผนกสารสนเทศของการท่าเรือกรุงเทพ โดยข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลตั้งแต่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2553 ตลอด 24 ชั่วโมง โดยรวบรวมข้อมูลเฉพาะเป็นเวลาที่เรือเข้ามาเทียบท่า เพราะท่าเรือให้ความสำคัญกับการเข้าเทียบท่าของเรือมากกว่าการออกจากท่าและปัญหาแถวคอยมักเกิดกับเรือที่จะเข้ามาเทียบท่าเท่านั้น (EI-Naggar, 2010)

ข้อมูลอัตราการเข้ามารับบริการ เป็นข้อมูลจำนวนเรือที่เข้าใช้บริการท่าเรือในแต่ละวัน และเวลาการมาถึงท่าเรือของเรือแต่ละลำ หมายถึง เวลาที่เรือมาถึงยังสันดอนนอกปากน้ำของท่าเรือกรุงเทพ โดยข้อมูลดังกล่าวได้จากสมุดบันทึกประจำวันของท่าเรือกรุงเทพซึ่งจะแสดงข้อมูลของวันและเวลาที่เรือผู้สินค้าแต่ละลำมาถึงยังสันดอนนอกปากน้ำและนอกจากนี้ยังมีข้อมูลระยะเวลาการรอของเรือแต่ละลำ คือ ระยะเวลาตั้งแต่เรือมาถึงยังสันดอนนอกปากน้ำของท่าเรือกรุงเทพจนกระทั่งเรือเข้าจอดเทียบท่า

ข้อมูลเวลาในการใช้บริการ คือ ระยะเวลาที่เรือรับบริการจากระบบซึ่งเป็นเวลาตั้งแต่เรือเทียบท่าจนกระทั่งเรือขนสินค้าเสร็จและออกจากท่าไปแล้วจึงสิ้นสุดระยะเวลาในการใช้บริการ ซึ่งเวลาที่ให้บริการจะแตกต่างกันไปตาม ชนิดของเรือ จำนวนผู้สินค้าและประสิทธิภาพของปั้นจั่นหน้าท่า โดยข้อมูลได้จากสมุดบันทึกการใช้ท่าเรือนี้มีข้อมูลเกี่ยวกับชื่อเรือ, น้ำหนักรวมของเรือ, วันและเวลาที่เรือมาเทียบท่าเพื่อทำการขนถ่ายสินค้าและออกจากท่าเรือ

ส่วนที่สองเป็นข้อมูลเกี่ยวกับสภาพทั่วไปของท่าเรือกรุงเทพและข้อมูลต้นทุนของการให้บริการของท่าเรือกรุงเทพ เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากรายงานประจำปีประจำปีของการท่าเรือแห่งประเทศไทย, เว็บไซต์ของการท่าเรือแห่งประเทศไทยและการศึกษาและออกแบบก่อสร้างโครงการท่าเรือแหลมฉบัง ขั้นที่ 2 รวมทั้งการพูดคุยสอบถามจากเจ้าหน้าที่ของการท่าเรือแห่งประเทศไทย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้จะแบ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่หนึ่ง วิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าที่เข้ามาใช้บริการที่ท่าเรือกรุงเทพ และส่วนที่สอง ศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพ

ส่วนที่หนึ่งเป็นการวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าที่เข้ามาใช้บริการที่ท่าเรือกรุงเทพ โดยขั้นตอนแรกเริ่มจากการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวของเรือในท่าซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเทียบเรือเฉลี่ย, จำนวนเรือที่ได้รับบริการเฉลี่ย, จำนวนเรือที่รอคอยเฉลี่ย, ระยะเวลาการให้บริการเฉลี่ยและระยะเวลาการรอคอยของเรือเฉลี่ย และเนื่องจากการเกิดขึ้นของเหตุการณ์ดังกล่าวเป็นแบบสุ่มจึงต้องการวิธีการในการวิเคราะห์ที่ค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน ทั้งนี้ได้มีการยืนยันจากงานวิจัยหลายงานแล้วว่าแบบจำลองแถวคอยเป็นแบบจำลองที่มีความเหมาะสมมากที่สุด เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่สามารถวิเคราะห์พฤติกรรมของผู้เข้ามาใช้บริการที่ต้องรอคอยในระบบรวมทั้งสามารถศึกษาส่วนประกอบของระบบการดำเนินงานที่มีหลายๆส่วนได้ (El-Naggar, 2010) ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้จึงใช้แบบจำลองทฤษฎีแถวคอยในการอธิบาย ซึ่งตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องประกอบด้วย

1. อัตราการเข้ามาใช้บริการของเรือเฉลี่ยในแต่ละชั่วโมงซึ่งมีการแจกแจงแบบปัวซองสามารถหาได้จาก

$$\lambda = \frac{\left(\frac{Q}{t}\right)}{\theta}$$

โดย

- λ = อัตราการเข้ามาใช้บริการของเรือเฉลี่ยต่อชั่วโมง (ลำ)
- $\frac{Q}{t}$ = ปริมาณผู้สินค้าเฉลี่ยต่อเรือ 1 ลำที่ท่าเรือ (ที่อู่)
- θ = จำนวนผู้สินค้าเฉลี่ยที่ขนถ่ายในท่าเรือต่อชั่วโมง (ที่อู่)
- t = เวลาที่ทำการพิจารณา (ชั่วโมง)

2. อัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยต่อชั่วโมงซึ่งมีการแจกแจงแบบเออแลงค์สามารถหาได้

จาก

$$\mu = \frac{1}{t + m}$$

$$t = \frac{\theta}{R}$$

โดย

μ = อัตราการให้บริการของท่าเรือเฉลี่ยต่อชั่วโมง (ลำ)

R = อัตราการขนสินค้าต่อท่าเทียบเรือต่อชั่วโมง (ทีอียู)

t = ระยะเวลาเฉลี่ยในการดำเนินงานขนสินค้าต่อเรือ 1 ลำ (ชั่วโมง)

m = ระยะเวลาเข้าเทียบท่าและออกจากท่าต่อเรือ 1 ลำ (ชั่วโมง)

ค่าความหนาแน่นของท่าเทียบเรือ (Traffic intensity, a) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของอัตราการเข้ามารับบริการและอัตราการให้บริการ

$$a = \frac{\lambda}{\mu}$$

และนอกจากนี้ค่าการใช้ประโยชน์ของท่าเทียบเรือ (Berth utilization factor, ρ) ของแบบจำลองแถวคอยสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้ (El-Naggar, 2010) ซึ่งสภาวะคงที่ของแถวคอยจะเกิดขึ้นเฉพาะในกรณีที่ $\rho < 1$ เท่านั้น

$$\rho = \frac{\lambda}{(S\mu)} = \frac{a}{S} < 1$$

โดย

S = จำนวนท่าเทียบเรือ

โดยทั่วไปตัวแบบของทฤษฎีแถวคอยที่ใช้ในการศึกษาระบบท่าเรือ คือ แบบจำลอง M/Ek/S (∞) แต่เพื่อความแม่นยำในงานวิจัยจึงต้องทำการวิเคราะห์ถึงรูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution) ของระยะเวลาในการเข้ามารับบริการและระยะเวลาในการให้บริการว่าเป็นไปตามที่กำหนดหรือไม่ โดยใช้ χ^2 -test ในการทดสอบการแจกแจง โดยมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ทางสถิติ คือ

1. แจกแจงความถี่ของจำนวนเรือที่เข้ามารับบริการที่ทำเรือกรุงเทพในช่วงเวลา 1 วัน และแจกแจงความถี่ของระยะเวลาในการใช้บริการของเรือแต่ละลำ

2. สร้างฮิสโตแกรมของจำนวนเรือที่เข้ามารับบริการและระยะเวลาการให้บริการและประมาณรูปแบบการกระจายของข้อมูล

3. ทำการทดสอบภาวะ Goodness of Fit เพื่อโดยหารูปแบบการกระจายของข้อมูล โดยในที่นี้ในการทดสอบเพื่อที่จะยอมรับสมมติฐานจะใช้การทดสอบแบบไคร้สแควร์ (χ^2 -Test) ซึ่งมีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

3.1 ตั้งสมมติฐานทางสถิติ

H_0 : ข้อมูลมีการแจกแจงตามที่กำหนด

H_1 : ข้อมูลมีการแจกแจงไม่เป็นไปตามที่กำหนด

3.2 การทดสอบแบบไคร้สแควร์โดยใช้ไคร้สแควร์เป็นสถิติในการทดสอบซึ่งคำนวณไคร้สแควร์ได้จากสูตรต่อไปนี้

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

โดย

O_i = ค่าความถี่ของข้อมูลในช่วงที่ i

E_i = ค่าความถี่ที่คาดหมายจากการกระจายความน่าจะเป็นที่ต้องการทดสอบ

χ^2 = มีการกระจายความน่าจะเป็นแบบไคร้สแควร์ด้วยองศาความเป็นอิสระ $k - r - 1$

โดย k = จำนวนกลุ่มข้อมูลที่มีค่าต่างกัน

r = จำนวนพารามิเตอร์ของการกระจายความน่าจะเป็นที่ต้องการทดสอบ

3.3 การตัดสินใจ

$\chi^2 \leq \chi^2_{\alpha, k-r-1}$ ยอมรับรูปแบบการกระจายที่ทดสอบ

$\chi^2 > \chi^2_{\alpha, k-r-1}$ ปฏิเสธการกระจายที่ทดสอบ

สำหรับกรณีของแบบ M/Ek/S (∞) ระยะเวลาในการรอคอยของเรือเฉลี่ย (ชั่วโมง) สามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้ (El-Naggar, 2010)

$$(\bar{w}_q)_k = (\bar{w}_q)_l \left[\frac{(1+v^2)}{2} + (1-v^2)(1-\rho)(S-1) \frac{(4+5S)^{1/2} - 2}{32\rho S} \right]$$

โดย

$(\bar{w}_q)_k$ = ระยะเวลาในการรอคอยของเรือเฉลี่ย (ชั่วโมง) ของแบบจำลอง M/Ek/S (∞)

$(\bar{w}_q)_l$ = ระยะเวลาในการรอคอยของเรือเฉลี่ย (ชั่วโมง) ของแบบจำลอง M/M/S (∞)

v = ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการกระจายระยะเวลาการให้บริการของเรือเมื่อการกระจายของระยะเวลาการให้บริการของเรือเป็นแบบเออแลงค์ที่มี k ขั้นตอน

ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนของการกระจายระยะเวลาการให้บริการของเรือเมื่อการกระจายของระยะเวลาการให้บริการของเรือเป็นแบบเออแลงค์ที่มี k ขั้นตอน โดยค่า v สามารถหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$v = \frac{1}{k^{1/2}}$$

จะได้สมการใหม่ คือ

$$(\bar{w}_q)_k = (\bar{w}_q)_l \left[\frac{\left(1 + \frac{1}{k}\right)}{2} + \left(1 - \frac{1}{k}\right)(1-\rho)(S-1) \frac{(4+5S)^{1/2} - 2}{32\rho S} \right]$$

ระยะเวลาในการรอคอยของรถเฉลี่ย $(\bar{w}_q)_l$ ของแบบจำลอง M/M/S (∞) สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (Wen-Chih et al., 2007)

$$(\bar{w}_q)_l = \frac{\lambda^S}{(S-1)! \mu^{S-1} (S\mu - \lambda^2) \left(\sum_{n=1}^{S-1} \left(\frac{1}{n!} \right) \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n \right) + \lambda^S (S\mu - \lambda)}$$

โดย

n = จำนวนรถที่มีอยู่จริงในท่าในช่วงเวลา t

ดังนั้นระยะเวลาเฉลี่ยที่เรือใช้ในท่าของแบบจำลอง M/Ek/S (∞) สามารถหาได้จากผลรวมของระยะเวลาเฉลี่ยการให้บริการท่าเทียบเรือ (ชั่วโมง) กับระยะเวลาในการรอคอยของเรือเฉลี่ย (ชั่วโมง) ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$\bar{w} = \bar{w}_s + (\bar{w}_q)_k$$

โดย

$\bar{w}$ = ระยะเวลาเฉลี่ยที่เรือใช้ในท่า (ชั่วโมง)

$\bar{w}_s$ = ระยะเวลาเฉลี่ยของการให้บริการท่าเทียบเรือ (ชั่วโมง)

จากการคำนวณระยะเวลาในการรอคอยของเรือเฉลี่ยที่กล่าวมาแล้วข้างบน เราสามารถใช้กฎของลิตเติล (Little's Law) ในการคำนวณหาจำนวนเรือที่รอคอยท่าเทียบเรือเฉลี่ยของแบบจำลอง M/Ek/S (∞) ได้ดังนี้

$$(\bar{L}_q)_k = \lambda (\bar{w}_q)_k$$

จำนวนเรือเฉลี่ยที่อยู่ในท่าที่มีท่าเทียบเรือ S ท่าของแบบจำลอง M/Ek/S (∞) ในช่วงเวลา T สามารถหาโดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$(\bar{L})_k = (\bar{L}_q)_k + \bar{L}_s = (\bar{L}_q)_k + a$$

โดย

$(\bar{L})_k$ = จำนวนเรือเฉลี่ยที่อยู่ในท่าที่มีท่าเทียบเรือ S ท่าของแบบจำลอง $M/E_k/S(\infty)$ ในช่วงเวลา t (ลำ)

$\bar{L}_s$ = จำนวนเรือเฉลี่ยที่ได้รับบริการจากท่าเทียบเรือ S ท่า (ลำ) ซึ่งมีค่าเท่ากับความหนาแน่นของท่าเทียบเรือ (El-Naggar, 2010)

เมื่อทราบข้อมูลของการเคลื่อนไหวของเรือในท่าแล้วขั้นตอนต่อมา คือ การศึกษาต้นทุนรวมของระบบแถวคอย ซึ่งต้องมีการพิจารณาระหว่างส่วนประกอบสำคัญหลายๆส่วน คือ ท่าเทียบเรือ เครื่องพื้นที่เก็บสินค้า คนงาน ผู้สินค้าและสินค้า การใช้ประโยชน์ของท่าเทียบเรือและส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องอย่างเต็มประสิทธิภาพนั้นย่อมส่งผลให้เกิดการรอคอยของเรือ เนื่องจากอัตราการเข้ามารับบริการของเรือ, อัตราการขนผู้สินค้าและจำนวนของผู้สินค้าในการขนถ่ายของเรือแต่ละลำเป็นตัวแปรแบบสุ่มจึงส่งผลให้เกิดการรอคอยขึ้นอย่างแน่นอน การทำให้เกิดความสมดุลของการรอคอยของเรือกับต้นทุนของสิ่งอำนวยความสะดวกในท่านั้น จึงต้องมีการสร้างฟังก์ชันต้นทุนรวมทั้งหมดของผู้ที่เกี่ยวข้อง ทั้งในส่วนของเจ้าของเรือ ผู้ขนส่งและการท่าเรือ ซึ่งต้นทุนรวมในท่าเรือสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ คือ ต้นทุนของเรือและสินค้าและต้นทุนการให้บริการของท่าเรือ ซึ่งแสดงได้ดังนี้ (Wen-Chih and TuCheng, 2009)

$$C = C_1 + C_2$$

โดย

C_1 = ต้นทุนของเรือและสินค้า

C_2 = ต้นทุนการให้บริการของท่าเรือ

ซึ่งต้นทุนของเรือและสินค้าจะเกิดขึ้นกับเรือที่เข้ามารับบริการที่ท่าเรือ (บาทต่อลำต่อชั่วโมง) ซึ่งประกอบด้วยต้นทุน 2 ส่วนดังนี้

$$C_1 = C_s + C_{cg}$$

โดย

C_s = ต้นทุนในการดำเนินงานของเรือ

C_{cg} = ต้นทุนของสินค้าที่บนเรือ

สำหรับต้นทุนการให้บริการของท่าเรือ (บาทต่อลำต่อชั่วโมง) ประกอบด้วยต้นทุนต่างๆ ทั้งหมด 4 ส่วนดังนี้

$$C_2 = C_b + C_{cm} + C_{co} + C_{yd}$$

โดย

C_b = ต้นทุนในการก่อสร้างท่าเทียบเรือ

C_{cm} = ต้นทุนของปิ่นจั่นรวมถึงต้นทุนในการดำเนินงานและบำรุงรักษา

C_{co} = ต้นทุนแรงงานในการปฏิบัติงานปิ่นจั่น

C_{yd} = ต้นทุนของลานเก็บสินค้า

ต้นทุนต่างๆของระบบท่าเรือที่กล่าวมาข้างต้นมีสูตรในการคำนวณและรายละเอียดดังนี้

1. C_s และ C_{cg}

ตามทฤษฎีตัวแบบแถวคอยแบบ M/Ek/s จำนวนเรือที่เข้ามาใช้บริการในระบบท่าเรือ $(\bar{L})_k$ สามารถหาได้โดย

$$(\bar{L})_k = (\bar{L}_q)_k + \lambda / \mu = (\bar{L}_q)_k + a$$

โดย

$(\bar{L})_k$ = จำนวนเรือเฉลี่ยที่รอในแถวคอย

λ = อัตราการเข้ามาใช้บริการของเรือต่อชั่วโมง (ลำ)

$\frac{1}{\mu}$ = ระยะเวลาบริการเฉลี่ยต่อลำ (ชั่วโมง)

หากกำหนดว่าต้นทุนของเรือที่อยู่ในท่าต่อชั่วโมงของเรือหนึ่งลำเท่ากับ U_s (บาทต่อชั่วโมงต่อลำ) ดังนั้นต้นทุนของเรือที่อยู่ในท่าทุกลำต่อชั่วโมงจะเท่ากับ

$$C_s = U_s ((\bar{L}_q)_k + a)$$

โดย

U_s = คำนวณจาก ค่าใช้จ่ายดอกเบี้ย, ค่าใช้จ่ายลูกเรือ, ค่าใช้จ่ายซ่อมแซมและบำรุงรักษา, ค่าประกันภัย, ค่าเชื้อเพลิง และค่าใช้จ่ายอื่นๆเช่น วัสดุสิ้นเปลือง น้ำมันหล่อลื่น การบริหารจัดการ โดยค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงจะเป็นค่าเชื้อเพลิงที่ใช้เมื่อจอดเรือในท่าซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่าขณะที่เรือแล่น ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะใช้ข้อมูลของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของเรือจาก The U.S. Army Corps of Engineers ซึ่งเป็นหน่วยงานที่เก็บรวบรวมข้อมูลและศึกษาต้นทุนของเรือเดินทะเลตามประเภทและขนาดเพื่อใช้ในการกำหนดผลได้ที่จะเกิดขึ้นจากการปรับปรุงท่าเรือ (Nathan Associates Inc., 2004)

นอกจากนี้ หากกำหนดให้หนึ่งหน่วยสินค้าเท่ากับ 1 ทียู ต้นทุนของสินค้าต่อชั่วโมงต่อหนึ่งหน่วยสินค้าเท่ากับ U_{cg} (บาทต่อชั่วโมงต่อทียู) ดังนั้นต้นทุนของสินค้าต่อชั่วโมง สามารถหาได้โดย

$$C_{cg} = U_{cg} \theta \left(\frac{\lambda}{\mu} + L_q \right)$$

โดย

U_{cg} = คัดจากต้นทุนในสองส่วนส่วนแรกเป็นต้นทุนของผู้สินค้าและส่วนที่สองเป็นต้นทุนของสินค้าภายในผู้สินค้า

2. C_b

ในที่นี้ค่าของต้นทุนในการก่อสร้างท่าเทียบเรือ (C_b) เป็นต้นทุนที่เกิดมาจากต้นทุนของท่าเทียบเรือหนึ่งท่าต่อหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งแทนด้วย U_b คูณกับจำนวนของท่าเทียบเรือซึ่ง U_b สามารถหาได้โดยสูตรต่อไปนี้

$$C_b = U_b S$$

$$U_b = \left[B_i \frac{i(1+i)}{(1+i)^n} + M_b \right] + \frac{1}{365 \times 24}$$

โดย

B_i = ต้นทุนเริ่มต้นของท่าเทียบเรือ

M_b = ต้นทุนบำรุงรักษาของท่าเทียบเรือต่อปี

3. C_{cm} และ C_{co}

กำหนดให้จำนวนเฉลี่ยของปั้นจั่นที่ติดตั้งในท่าเทียบเรือแทนด้วย N และมีท่าเทียบเรือจำนวน S ท่า โดย U_{cm} คือ ต้นทุนของปั้นจั่นต่อชั่วโมงและ U_{co} คือ ต้นทุนแรงงานในการปฏิบัติงานปั้นจั่นต่อชั่วโมงซึ่งต้นทุนของปั้นจั่นและต้นทุนในการดำเนินงานหาได้จากสูตรต่อไปนี้

$$C_{cm} = U_{cm} SN$$

$$C_{co} = U_{co} N t \lambda$$

$$U_{cm} = \left[N_i \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + M_n \right] \frac{1}{365 \times 24}$$

โดย

t = ระยะเวลาเฉลี่ยในการดำเนินงานขนถ่ายสินค้าต่อเรือ 1 ลำ (ชั่วโมง) คิดจาก $\theta/(N^f R)$

θ = ปริมาณขนถ่ายสินค้าเฉลี่ยต่อเรือ 1 ลำที่ทำเรือ (ทีอียู)

f = สัมประสิทธิ์การขัดข้องของปั้นจั่นในระหว่างเวลาการดำเนินงานต่อท่าเทียบเรือ 1 ท่า โดยทั่วไปค่าของ f เท่ากับ 0.85 หมายความว่ามีการมีปั้นจั่นสองตัวสามารถทำงานได้ $2^{0.85} = 1.8$ เท่าของการทำงานของปั้นจั่นหนึ่งตัว และการมีปั้นจั่นสามตัวสามารถทำงานได้ $3^{0.85} = 2.54$ เท่าของการทำงานของปั้นจั่นหนึ่งตัว

R = ประสิทธิภาพในการดำเนินงานขนถ่ายสินค้าของปั้นจั่น 1 ตัว (ทีอียูต่อชั่วโมง)

N_i = ต้นทุนเริ่มต้นของปั้นจั่นแต่ละตัว

M_n = ต้นทุนบำรุงรักษาของปั้นจั่นต่อปี

4. C_{yd}

กำหนดให้ต้นทุนของลานเก็บสินค้าต่อชั่วโมงต่อหนึ่งหน่วยสินค้าเท่ากับ U_{yd} (บาทต่อชั่วโมงต่อทียู) ดังนั้นต้นทุนของลานเก็บสินค้าต่อชั่วโมง สามารถหาได้โดย

$$C_{yd} = U_{yd} Z$$

$$U_{yd} = eY$$

$$Z = \theta H \lambda$$

โดย

- H = ระยะเวลาเฉลี่ยของการเก็บสินค้าหนึ่งหน่วยสินค้า (ชั่วโมงต่อทียู)
 e = จำนวนพื้นที่ลานเก็บสินค้าหนึ่งหน่วยสินค้า (เอเคอร์ต่อทียู)
 Y = ต้นทุนลานเก็บสินค้าต่อเอเคอร์ต่อชั่วโมง (บาทต่อเอเคอร์ต่อชั่วโมง)
 Z = ความสามารถในการรองรับสินค้าของลานเก็บสินค้า (ทียูต่อชั่วโมง)

ดังนั้นเมื่อแทนสมการของต้นทุนต่างๆก็จะได้ต้นทุนรวมในท่าเรือ ดังแสดงในสมการต่อไปนี

$$TC = C_1 + C_2$$

$$TC = \left[(U_s + (U_{cg} \theta) \left(\frac{\lambda}{\mu} + L_q \right) \right] + [U_b S] + [U_{cm} SN] + [U_{co} N t \lambda] + [U_{yd} \theta H \lambda]$$

ในส่วนที่สอง เป็นการศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพจากสมการต้นทุนรวมของระบบ (TC) หากได้มีการกำหนดเป้าหมายของจำนวนของตู้สินค้าที่จะดำเนินการผ่านท่าเรือไว้แล้ว ดังนั้นจำนวนของท่าเทียบเรือ, จำนวนปั้นจั่นหน้าท่า และสิ่งอำนวยความสะดวกที่เกี่ยวข้องของท่าเรือที่เหมาะสมที่สุด คือ จำนวนที่ทำให้ต้นทุนรวม (TC) มีค่าต่ำที่สุด เนื่องจากต้นทุนรวมเป็นตัววัดที่เหมาะสมที่สุดในการตรวจสอบความเหมาะสมของระบบท่าเรือ และในการวิจัยครั้งนี้เพื่อให้สมการมีความสะดวกในการวิจัยมากขึ้น จึงได้กำหนดอัตราส่วนต้นทุนรวมของท่าเรือต่อทียูกับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมง (UC) ได้โดยการ

หารด้วย $\lambda U_s \theta$ ทั้งสองข้างของสมการต้นทุนรวมของระบบ (TC) จะได้สมการใหม่ดังนี้ (Wen-Chih and TuCheng, 2009)

$$UC = \frac{TC}{\lambda U_s \theta}$$

$$UC = \left\{ \left[(1 + R_{cg}) \left(\frac{1}{\mu} + W_q \right) \right] + \left[R_b \frac{S}{\lambda} \right] + \left[R_{cm} \left(\frac{NS}{\lambda} \right) \right] + [R_{co} Nt] + [R_{yd} \theta H] \right\} \div \theta$$

โดย

$R_{cg}, R_b, R_{cm}, R_{co}, R_{yd}$ เป็นอัตราส่วนของ $(U_{cg} \theta), U_b, U_{cm}, U_{co}, U_{yd}$ กับ U_s ตามลำดับ

R_{cg} = อัตราส่วนของต้นทุนสินค้าและผู้สินค้า

R_b = อัตราส่วนต้นทุนในการก่อสร้างท่าเทียบเรือ

R_{cm} = อัตราส่วนต้นทุนของปีนจั่นรวมถึงต้นทุนในการดำเนินงานและบำรุงรักษา

R_{co} = อัตราส่วนต้นทุนแรงงานในการปฏิบัติงานปีนจั่น

R_{yd} = อัตราส่วนต้นทุนของลานเก็บสินค้า

จากสมการข้างต้นสามารถวิเคราะห์มิติของ UC ได้ดังนี้

$$UC = \frac{TC}{\lambda U_s \theta}$$

$$UC = \frac{\beta / \text{hr}}{(\text{ship} / \text{hr})(\text{TEU} / \text{ship})(\beta / (\text{hr} \cdot \text{ship}))}$$

$$UC = \frac{\beta / \text{TEU}}{\beta / (\text{hr} \cdot \text{ship})}$$

จากการวิเคราะห์อัตราส่วนต้นทุนรวมของท่าเรือต่อที่อยู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมงจะแสดงให้เห็นว่าทั้งตัวเศษและตัวหารมีหน่วยเป็นตัวเงิน (บาท) ดังนั้น UC จึงไม่มีหน่วย

โดยทั่วไปในการวางแผนเพื่อกำหนดระบบท่าเรือที่เหมาะสมนั้นจะมีการกำหนดประเภทขนาดและความเร็วของเรือที่เข้ามาให้บริการที่ท่าเรือ ซึ่งหมายความว่าต้นทุนของเรือในหนึ่งหน่วย

เวลาได้มีการกำหนดไว้ก่อนแล้วจึงมีค่าคงที่ (Noritake and Kimaru, 1990) ดังนั้นต้นทุนรวมในท่าเรือ (TC) จะเป็นสัดส่วนกับอัตราส่วนต้นทุนรวมของท่าเรือต่อที่อยู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมง (UC) ดังนั้นค่าของอัตราส่วนต้นทุนรวมของท่าเรือต่อที่อยู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมง (UC) จะนำมาใช้ในการกำหนดจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั่นจั่นในการวิจัยครั้งนี้เนื่องจากมีจำนวนของตัวแปรที่เกี่ยวข้องน้อยกว่า

หากสมมติให้ N เป็นจำนวนปั่นจั่นที่เหมาะสมที่สุด และกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆคงที่ เงื่อนไขที่จะก่อให้เกิดความเหมาะสมดังกล่าว คือ

$$UC_N < UC_{N+1} \text{ และ } UC_N < UC_{N-1}$$

และหากสมมติให้ S เป็นจำนวนท่าเทียบเรือที่เหมาะสมที่สุด และกำหนดให้ปัจจัยอื่นๆคงที่ เงื่อนไขที่จะก่อให้เกิดความเหมาะสมดังกล่าว คือ

$$UC_S < UC_{S+1} \text{ และ } UC_S < UC_{S-1}$$

หมายความว่า จำนวนปั่นจั่นหรือจำนวนท่าเทียบเรือจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งต้นทุนหน่วยสุดท้ายของท่าเรือยังคงน้อยกว่าผลประโยชน์หน่วยสุดท้ายซึ่งคือการลดค่าใช้จ่ายของเรือในท่า และจำนวนปั่นจั่นหรือท่าเทียบเรือที่เหมาะสมที่สุดคือจำนวนที่ต้นทุนหน่วยสุดท้ายเท่ากับผลประโยชน์หน่วยสุดท้าย (Noritake and Kimaru, 1990)

การระบุจำนวนที่เหมาะสมของส่วนผสมระหว่างท่าเทียบเรือและปั่นจั่นในการวิจัยครั้งนี้ได้มีการนำแผนภาพเส้นความจุที่เหมาะสมของสินค้าที่ขนถ่ายผ่านท่าเรือตามจำนวนต่างๆของท่าเทียบเรือและปั่นจั่นหน้าท่ามาใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนด โดยแผนภาพนี้สร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนต้นทุนรวมของท่าเรือต่อที่อยู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมง (UC) กับจำนวนผู้สินค้าทั้งหมดที่ขนถ่ายผ่านท่าเรือ (Q) แต่เนื่องจากปริมาณผู้สินค้าเฉลี่ยต่อเรือ 1 ลำที่ท่าเรือและเวลาที่ทำการพิจารณาเป็นค่าที่มีการกำหนดไว้แล้วจึงคงที่ ทำให้อัตราการเข้ามารับบริการของเรือ (λ) เป็นสัดส่วนกับจำนวนสินค้าทั้งหมดที่ขนถ่ายผ่านท่าเรือ (Q) นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจำนวนตัวแปรในระบบพบว่าการใช้อัตราการเข้ามารับบริการของเรือ (λ) ทำให้สมการมีจำนวนตัวแปรที่น้อยกว่าจึงทำให้สะดวกในการคำนวณมากกว่าการใช้จำนวนสินค้าทั้งหมดที่ขน

ถ่ายผ่านท่าเรือ (Q) ดังนั้นการศึกษาความจุที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือในครั้งนี้จึงใช้อัตราการเข้ามาให้บริการของเรือ (λ) แทนการใช้จำนวนผู้สินค้าทั้งหมดที่ขนถ่ายผ่านท่าเรือ (Q) โดยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนต้นทุนรวมของท่าเรือต่อที่อยู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมง (UC) กับอัตราการเข้ามาให้บริการของเรือ (λ) สามารถแสดงโดยสมการต่อไปนี้

$$UC = \left\{ \left(1 + R_{cg} \right) \left(\frac{1}{\mu} + \left[\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^S \left\{ \left[\left(\sum_{n=0}^{S-1} \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} + (\lambda/\mu)^S \right) \div (S-1)! \left(S - \frac{\lambda}{\mu} \right) \right]^{-1} \right\} \div \left[\mu(S-1)! \left(S - \frac{\lambda}{\mu} \right)^2 \right] \right] \right\} \right. \\ \left. \times \left\{ \left(\frac{1 + \frac{1}{k}}{2} \right) + \left(1 - \frac{1}{k} \right) \left(1 - \frac{\lambda}{\mu S} \right) (S-1) \left(\frac{(4+5S)^{\frac{1}{2}} - 2}{32(\lambda/\mu S)} \right) \right\} \right\} + R_b \frac{\lambda}{S} + R_{cm} \frac{NS}{\lambda} + R_{co} Nt + R_{yd} \theta H \Bigg/ \theta$$

ขั้นตอนในการกำหนดความจุที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือจะใช้สมการดังกล่าวในการกำหนด ซึ่งเห็นได้ว่าอัตราส่วนต้นทุนรวมของท่าเรือต่อที่อยู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมง (UC) ขึ้นอยู่กับอัตราการเข้ามาให้บริการของเรือ (λ), อัตราส่วนของต้นทุนสินค้าและผู้สินค้า (R_{cg}), อัตราส่วนต้นทุนในการก่อสร้างท่าเทียบเรือ (R_b), อัตราส่วนต้นทุนของปีนจั่นรวมถึงต้นทุนในการดำเนินงานและบำรุงรักษา (R_{cm}), อัตราส่วนต้นทุนแรงงานในการปฏิบัติงานปีนจั่น (R_{co}), อัตราส่วนต้นทุนของลานเก็บสินค้า (R_{yd}), จำนวนท่าเทียบเรือ (S), จำนวนปีนจั่น (N), ประสิทธิภาพในการดำเนินงานขนถ่ายสินค้าของปีนจั่น (R), จำนวนชั้นของเออแลงค์ (k), ค่าเฉลี่ยปริมาณขนถ่ายสินค้าต่อเรือ 1 ลำที่ท่าเรือ (θ), และระยะเวลาเฉลี่ยของการเก็บสินค้าหนึ่งหน่วยสินค้า (H) จากข้อมูลดังกล่าวก็จะสามารถหาแผนภาพเส้นความเหมาะสมของความจุของท่าเทียบเรือ (Optimum Berth Capacity Curve) ซึ่งแสดงช่วงอัตราการเข้ามาให้บริการที่เหมาะสมตามจำนวนต่างๆของท่าเทียบเรือและปีนจั่นหน้าทำได้จากโปรแกรมสถิติสำเร็จรูป

ดังนั้นการประยุกต์ใช้เส้นความเหมาะสมของความจุของท่าเทียบเรือ (Optimum Berth Capacity Curve) ในการวางแผนท่าเรือขั้นตอนดังต่อไปนี้ (เมื่อมีข้อมูลของ λ , R , t , k , θ , H ซึ่งเป็นค่าคงที่)

ขั้นที่ 1 สร้างสมการต้นทุนรวมของระบบโดยการคำนวณค่าของต้นทุนในส่วนต่างๆ

$(C_s, C_{cg}, C_b, C_{cm}, C_{co}, C_{yd})$ และค่าของอัตราส่วนของต้นทุนต่างๆ ($R_{cg}, R_b, R_{cm}, R_{co}, R_{yd}$) รวมทั้งพฤติกรรมเคลื่อนไหวของเรือในท่า (W_q, W, L_q, L)

ขั้นที่ 2 หาค่าของจำนวนผู้สินค้าทั้งหมดที่ขนถ่ายผ่านท่าเรือ (Q) และคำนวณอัตราการเข้ามารับบริการของเรือ (λ)

ขั้นที่ 3 หาค่าจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่า รวมถึงค่าของอัตราส่วนต้นทุนรวมของท่าเรือต่อที่อยู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมง (UC) โดยอาศัยเส้นความเหมาะสมของความจุของท่าเทียบเรือตามค่าของ $\lambda, R, t, k, \theta, H$ และค่าของ $R_{cg}, R_b, R_{cm}, R_{co}, R_{yd}$ ที่ได้คำนวณไว้จากขั้นตอนที่ 1 และ 2 โดยเลือกจำนวนของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าที่ทำให้อัตราส่วนต้นทุนรวมของท่าเรือต่อที่อยู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมง (UC) มีค่าต่ำที่สุด

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าที่เข้ามาใช้บริการที่ท่าเรือกรุงเทพ

1. การแจกแจงของอัตราการเข้ามาใช้บริการของเรือผู้สินค้าที่ท่าเรือกรุงเทพ

จากตัวอย่างข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม – ตุลาคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีปริมาณผู้สินค้าผ่านท่าเท่ากับ 1,234,262 ทีอียู, ปริมาณเรือผ่านท่าเท่ากับ 1,816 ลำ และปริมาณผู้สินค้าเฉลี่ยต่อลำเท่ากับ 680 ทีอียู ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ปริมาณผู้สินค้าเฉลี่ยระหว่างเดือนมกราคม-ตุลาคม พ.ศ. 2553

เดือน	ปริมาณผู้สินค้าผ่านท่า (ทีอียู)	ปริมาณเรือผ่านท่า (ลำ)	ปริมาณผู้สินค้าเฉลี่ยต่อลำ (ทีอียู)
มกราคม	122,536	187	655
กุมภาพันธ์	113,254	160	708
มีนาคม	129,848	193	673
เมษายน	114,377	166	689
พฤษภาคม	117,153	174	673
มิถุนายน	116,023	175	663
กรกฎาคม	125,134	180	695
สิงหาคม	130,832	194	674
กันยายน	126,026	182	692
ตุลาคม	139,079	205	678
รวม	1,234,262	1,816	680

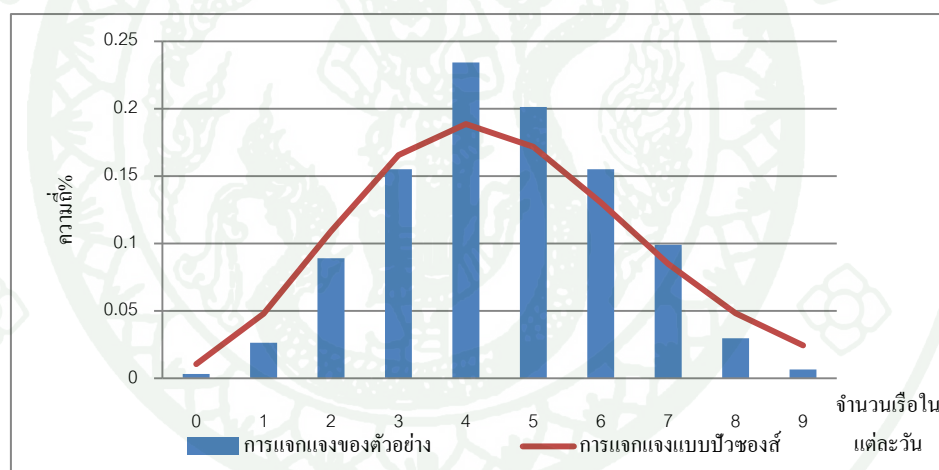
ที่มา: การท่าเรือแห่งประเทศไทย (2553)

โดยอัตราการเข้ามารับบริการของเรือผู้ล้นค้าในแต่ละวันมีความแตกต่างกัน จากการนับจำนวนเรือที่เข้ามารับบริการในแต่ละวันเป็นเวลา 303 วัน และนำข้อมูลมาสร้างฮิสโตแกรมเพื่อหาอัตราการเข้ามารับบริการในแต่ละวันซึ่งมีลักษณะคล้ายการแจกแจงแบบปัวซองส์ ดังภาพที่ 14 จึงทำการทดสอบไคสแควส์ว่าอัตราการเข้ามารับบริการเป็นแบบปัวซองส์หรือไม่ โดยตั้งสมมติฐานคือ

H_0 : เวลาการเข้ามารับบริการมีการแจกแจงแบบปัวซองส์

H_a : เวลาการเข้ามารับบริการมีการแจกแจงแบบอื่น

ผลการทดสอบได้ค่า $\chi^2 = 18.88$ ซึ่งน้อยกว่า $\chi^2_{(0.01,9)} = 19.02$ ดังนั้น ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01 เวลาการเข้ามารับบริการของเรือผู้ล้นค้าของท่าเรือกรุงเทพมีการแจกแจงแบบปัวซองส์



ภาพที่ 14 แสดง Goodness of Fit ระหว่างการแจกแจงของข้อมูลตัวอย่างกับการแจกแจงแบบปัวซองส์

ดังนั้นการทดสอบภาวะ Goodness of Fit ของข้อมูลตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution) ของการเข้ามารับบริการ จากการเปรียบเทียบการแจกแจงความน่าจะเป็นตัวอย่างของเรือที่เข้ามารับบริการของท่าเรือกรุงเทพระยะเวลาทั้งหมด 303 วันกับการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบปัวซองส์ และจากการทดสอบไคสแควส์ได้ค่าสถิติ (χ^2) ที่คำนวณได้เท่ากับ 18.88 ณ ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 จึงสรุปได้ว่ารูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของระยะเวลาในการเข้ามารับบริการเป็นแบบปัวซองส์

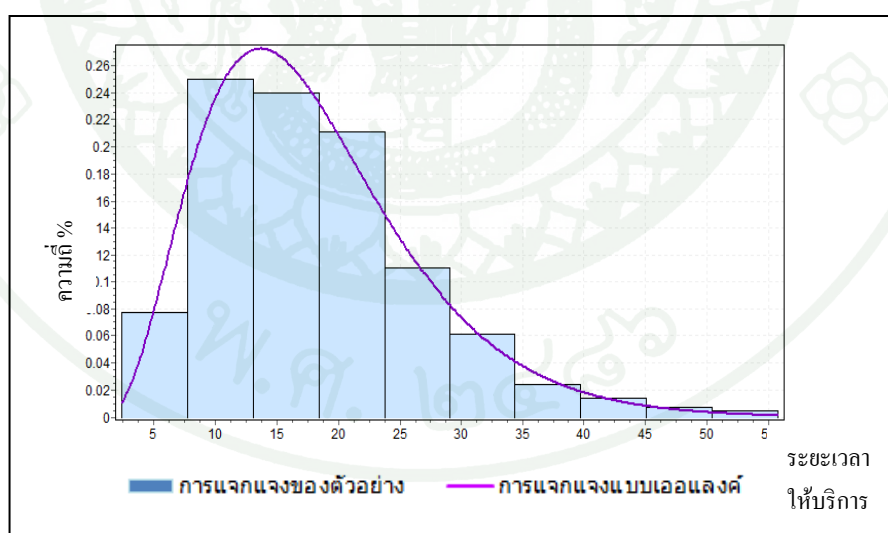
2. การแจกแจงเวลาของระยะเวลาการให้บริการของเรือผู้สินค้าแต่ละลำ

ระยะเวลาการให้บริการของเรือผู้สินค้าแต่ละลำมีความแตกต่างกัน และจากข้อมูลระยะเวลาการให้บริการของเรือผู้สินค้าแต่ละลำจำนวน 1000 ลำ และนำข้อมูลมาสร้างฮิสโตแกรมเพื่อหารูปแบบการแจกแจงระยะเวลาการให้บริการของเรือผู้สินค้าแต่ละลำดังภาพที่ 15 ซึ่งมีลักษณะคล้ายการแจกแจงแบบเออแลงค์ จึงทำการทดสอบไคสแควว่าอัตราการเข้ามารับบริการเป็นแบบเออแลงค์หรือไม่ โดยตั้งสมมติฐานคือ

H_0 : เวลาการเข้ามารับบริการมีการแจกแจงแบบเออแลงค์

H_a : เวลาการเข้ามารับบริการมีการแจกแจงแบบอื่น

ผลการทดสอบได้ค่า $\chi^2 = 20.68$ ซึ่งน้อยกว่า $\chi^2_{(0.01,9)} = 21.67$ ดังนั้น ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01 ระยะเวลาการให้บริการของเรือผู้สินค้าแต่ละลำของเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพมหานครมีการแจกแจงแบบเออแลงค์ที่มี $k = 4$



ภาพที่ 15 แสดง Goodness of Fit ระหว่างการแจกแจงของข้อมูลตัวอย่างกับการแจกแจงแบบเออแลงค์ที่มี $k=4$

ดังนั้นการวิเคราะห์รูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็น (Probability Distribution) ของระยะเวลาในการให้บริการ จากการเปรียบเทียบการแจกแจงความน่าจะเป็นของระยะเวลาการให้บริการเรือของเรือตั้งแต่เดือนมกราคม – ตุลาคม พ.ศ.2553 จากตัวอย่างเรือจำนวนทั้งหมด 1000 ลำ กับการแจกแจงความน่าจะเป็นแบบเออแลงก์ โดยทดสอบไคร์สแคว์ได้ค่าสถิติไคสแคว์ (χ^2) ที่คำนวณได้เท่ากับ 20.68 ณ ระดับนัยสำคัญที่ 0.01 จึงสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบการแจกแจงความน่าจะเป็นของระยะเวลาในการให้บริการเป็นแบบเออแลงก์ที่มี $k=4$ เป็นการแจกแจงที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับแบบเออแลงก์อื่นๆ ($k=1, k=2$, และ $k=3$)

3. การคำนวณค่าสถิติระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพ

การวิเคราะห์ระบบแถวคอยในการวิจัยครั้งนี้มีข้อสมมุติในการวิเคราะห์ คือ

- อัตราการมาของเรือผู้สินค้ามีการแจกแจงแบบปัวซองส์ โดยอัตราการเข้ามาให้บริการเท่ากับ 6 ลำต่อวัน
- อัตราการให้บริการของท่าเรือมีการแจกแจงแบบเออแลงก์ที่มี $k = 4$
- ระเบียบการให้บริการทุกหน่วยเหมือนกันหมด คือ ผู้ที่มาถึงก่อนจะได้รับบริการก่อน
- เรือที่เข้ามาในระบบต้องเข้ามาใช้บริการทุกลำ
- ระบบที่มีหน่วยบริการหลายหน่วยแบบขนาน มีแถวคอยหนึ่งแถว

จากรูปแบบการแจกแจงของอัตราการให้บริการและระยะเวลาในการให้บริการของท่าเรือกรุงเทพสามารถคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพในปัจจุบันได้ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเคลื่อนไหวของเรือในท่าของตัวแบบ M/M/S และตัวแบบ M/E_k/S (ชั่วโมง)

ตัวแบบแถวคอย	จำนวนท่าเรือ(S)	ระยะเวลาการรอคอย($\bar{W}_q$)	ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่า ($\bar{W}$)	จำนวนเรือที่รอ ($\bar{L}_q$)	จำนวนเรือที่อยู่ในท่า ($\bar{L}$)
M/M/S	8	8.32	29.92	2.08	7.48
M/E _k /S	8	5.58	27.19	1.40	6.80

ท่าเรือกรุงเทพมีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัว อัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.11 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.68 หรือเท่ากับ ร้อยละ 68 โดยการเคลื่อนไหวของเรือในท่าของท่าเรือกรุงเทพตามตัวแบบแถวคอย $M/E_k/S$ ได้ผลการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 5.58 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 27.19 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.40 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 6.80 ลำ โดยตัวปรับค่าสถิติจากตัวแบบแถวคอยแบบ $M/M/S$ ให้เป็นตัวแบบแถวคอยแบบ $M/E_k/S$ เท่ากับ 0.67 ซึ่งค่าสถิติแถวคอยที่คำนวณได้นี้จะใช้ในการคำนวณต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพ

สำหรับการสร้างสมการเพื่อคำนวณต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการท่าเรือกรุงเทพนั้นค่าพารามิเตอร์ต่างๆของต้นทุนระบบแถวคอยจะแสดงในภาคผนวก โดยการคำนวณต้นทุนในการดำเนินงานของเรือประกอบด้วยต้นทุนของเรือ, ค่าจ้างแรงงาน, ค่าน้ำมันหล่อลื่น, ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและซ่อมแซม, ค่าประกันภัย, ค่าใช้จ่ายบริหารจัดการและค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง สำหรับต้นทุนของผู้สินค้ามีต้นทุนเริ่มต้นเท่ากับ 250,000 บาทต่อตู้ (ข้อมูลปัจจุบัน) อายุการใช้งานเท่ากับ 7 ปี และสำหรับสินค้าในตู้พบว่ามูลค่าของสินค้าต่อตู้เฉลี่ยประมาณ 1,200,000 บาท ซึ่งเป็นข้อมูลจากกรมศุลกากรระหว่างเดือนมกราคม – กันยายน พ.ศ. 2553 (กรมศุลกากร, 2553) และกำหนดสินค้านี้มีอายุการใช้งานเท่ากับ 3 ปี (Schonfeld and Sharafedien, 1985)

ในส่วนการคำนวณต้นทุนของท่าเทียบเรือที่กำหนดให้ต้นทุนเริ่มต้นในการก่อสร้างท่าเทียบเรือเท่ากับ 385,000,000 บาท (การศึกษาและออกแบบก่อสร้างโครงการท่าเรือแหลมฉบัง ขั้นที่ 2 ,2540) อัตราดอกเบี้ยเท่ากับ 12% อายุการใช้งานของท่าเรือเท่ากับ 40 ปี และต้นทุนในการบำรุงรักษาต่อปีเท่ากับ 10% ของต้นทุนเริ่มต้น (Schonfeld and Sharafedien, 1985) สำหรับต้นทุนเริ่มต้นในการก่อสร้างลานเก็บสินค้าเท่ากับ 12,524,400 บาทต่อเอเคอร์ อายุการใช้งานเท่ากับ 40 ปี และต้นทุนในการบำรุงรักษาต่อปีประมาณ 3% ของต้นทุนเริ่มต้น (ข้อมูลปัจจุบัน) และในส่วน of ค่าจ้างแรงงานในการปฏิบัติงานปั้นจั่นคิดจากค่าเฉลี่ยอัตราเงินเดือนพนักงานขับปั้นจั่นยกผู้สินค้าเฉลี่ยของท่าเรือกรุงเทพ ซึ่งต้นทุนต่อหน่วยต่อชั่วโมงของต้นทุนที่เกี่ยวข้องทั้งของเรือผู้สินค้าและท่าเรือดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ต้นทุนต่อหน่วยต่อชั่วโมงของต้นทุนที่เกี่ยวข้องทั้งของเรือผู้สินค้าและท่าเรือ

(หน่วย: บาท)

ประเภทของต้นทุน	ต้นทุนต่อหน่วยต่อชั่วโมง
Us = ต้นทุนของเรือที่อยู่ในท่าต่อลำต่อชั่วโมง	19,470
Ucg = ต้นทุนของสินค้าต่อที่อู่ต่อชั่วโมง	63
Ub = ต้นทุนของท่าเทียบเรือต่อท่าต่อชั่วโมง	9,800
Ucm = ต้นทุนของปั้นจั่นต่อชั่วโมง	5,000
Uco = ต้นทุนแรงงานในการปฏิบัติงานปั้นจั่นต่อชั่วโมง	150
Uyd = ต้นทุนของลานเก็บสินค้าต่อที่อู่ต่อชั่วโมง	0.85

จากผลคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพในปัจจุบันซึ่งมีอัตราการเข้ามารับบริการ 6 ลำต่อวัน จำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่า และจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าทั้งหมด 14 ตัว สามารถนำมาคำนวณต้นทุนของระบบแถวคอยของท่าเรือกรุงเทพ ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 รายละเอียดต้นทุนต่างๆของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าที่ทำเรือกรุงเทพ

(หน่วย: บาทต่อชั่วโมง)

รายละเอียดต้นทุนต่างๆ	จำนวนเงิน
ต้นทุนในการรอคอยของเรือ	423,480
ต้นทุนในการดำเนินงานของเรือ(Cs)	132,325
ต้นทุนของผู้สินค้าและสินค้าในตู้(Ccg)	291,155
ต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือ	193,086
ต้นทุนในการก่อสร้างท่าเทียบเรือ(Cb)	78,400
ต้นทุนของปั้นจั่นหน้าท่า(Ccm)	70,000
ต้นทุนของแรงงานในการปฏิบัติงานปั้นจั่น(Cco)	30,814
ต้นทุนของลานเก็บสินค้า(Cyd)	13,872
ต้นทุนรวมของระบบ	616,565

โดยท่าเรือกรุงเทพมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอย 616,565 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งแบ่งเป็นต้นทุนในการรอคอยของเรือเท่ากับ 423,480 บาทต่อชั่วโมง และต้นทุนของท่าเรือเท่ากับ 193,086 บาทต่อชั่วโมง

การศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพ

ในการศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของการวิจัยครั้งนี้จะทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างกรณีต่างๆ ดังนี้

- จำนวนท่าเทียบเรือ 7 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 13 ตัว
- จำนวนท่าเทียบเรือ 7 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัว
- จำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 13 ตัว
- จำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัว (จำนวนท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าที่มีอยู่จริงของท่าเรือกรุงเทพ)
- จำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 15 ตัว
- จำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 16 ตัว
- จำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 13 ตัว
- จำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัว
- จำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 15 ตัว
- จำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 16 ตัว
- จำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 17 ตัว
- จำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 18 ตัว

โดยในแต่ละจำนวนท่าเทียบเรือนั้นจะมีจำนวนของปั้นจั่นหน้าท่าได้แตกต่างกันเนื่องจากข้อจำกัดของความยาวหน้าท่าทำให้มีจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าไม่เกิน 2 ตัวต่อท่า ดังนั้นจำนวนท่าเทียบเรือ 7 ท่าจึงสามารถมีปั้นจั่นหน้าท่าได้ไม่เกิน 14 ตัว, จำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าสามารถมีปั้นจั่นหน้าท่าได้ไม่เกิน 16 ตัว และจำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าสามารถมีปั้นจั่นหน้าท่าได้ไม่เกิน 18 ตัว

สำหรับอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ยที่ใช้ในการวิเคราะห์นั้นจะแบ่งออกเป็น 3 อัตรา เนื่องจากหากวิเคราะห์อัตราการเข้ามารับบริการในแต่ละเดือนจะพบว่ามียุทธการเข้ามารับบริการไม่เท่ากัน ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ยในช่วงเดือนมกราคม-ตุลาคม พ.ศ.2553

เดือน	อัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ย (ลำต่อวัน)
มกราคม	6.03
กุมภาพันธ์	5.71
มีนาคม	6.23
เมษายน	5.53
พฤษภาคม	5.61
มิถุนายน	5.83
กรกฎาคม	5.81
สิงหาคม	6.47
กันยายน	6.07
ตุลาคม	6.83
รวม	6.00

ดังนั้นจึงทำการวิเคราะห์การเคลื่อนไหวกของเรือในท่ากรณีอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ย 5 ลำ, 6 ลำและ 7 ลำต่อวัน

1. กรณีอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ย 5 ลำต่อวัน

การเคลื่อนไหวกของเรือในท่าเมื่อจำนวนท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าต่างๆ แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการคำนวณการเคลื่อนไหวของเรือในท่ากรณีต่างๆ อัตราการเข้ามารับบริการ 5 ลำต่อวัน

จำนวนท่าเทียบเรือ	จำนวนปั้นจั่นหน้าท่า	ผลการคำนวณกรณีอัตราการเข้ามารับบริการ 5 ลำต่อวัน				
		ρ	$\bar{W}_q$ (ชม.)	$\bar{W}$ (ชม.)	$\bar{L}_q$ (ลำ)	$\bar{L}$ (ลำ)
7	13	0.62	5.23	25.98	1.09	5.41
	14	0.58	4.66	24.38	0.97	5.07
8	13	0.59	4.82	27.57	1.00	5.74
	14	0.56	4.31	25.92	0.90	5.40
	15	0.54	3.93	24.53	0.82	5.11
	16	0.51	3.62	23.34	0.75	4.86
9	13	0.57	4.52	29.24	0.94	6.09
	14	0.54	4.06	27.53	0.85	5.74
	15	0.52	3.72	26.07	0.77	5.43
	16	0.49	3.44	24.81	0.72	5.17
	17	0.47	3.21	23.71	0.67	4.94
	18	0.45	3.02	22.74	0.63	4.74

จากตารางที่ 6 หากอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ยเท่ากับ 5 ลำต่อวัน จำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัวที่ทำเรือกรุงเทพมีอยู่ในปัจจุบันจะมีอัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.11 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.56 หรือเท่ากับร้อยละ 56 โดยผลการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 4.31 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 25.92 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 0.90 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 5.40

จากการพิจารณากรณีต่างๆพบว่า ระบบที่มีอัตราการใช้ท่าที่เหมาะสมทั้งหมด 3 ระบบ คือ

- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 7 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 13 ตัว ซึ่งมีอัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.16 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.62 หรือเท่ากับร้อยละ 62 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 5.23

ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 25.98 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.09 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 5.41 ลำ

- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 7 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัว ซึ่งอัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.22 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.58 หรือเท่ากับร้อยละ 58 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 4.66 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 24.38 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 0.97 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 5.07 ลำ

- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 13 ตัว ซึ่งมีอัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.06 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.59 หรือเท่ากับร้อยละ 59 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 4.82 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 27.57 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.00 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 5.74 ลำ

จากทั้ง 3 ระบบพบว่า ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือ 7 ท่า และจำนวนปั้นจั่นหน้าท่า 14 ตัว หรือเท่ากับ 2 ตัวต่อท่า เป็นกรณีที่มีระยะเวลาในการรอคอย, ระยะเวลาในการใช้ท่า, จำนวนเรือที่รอ และจำนวนเรือทั้งหมดในท่ามีค่าน้อยที่สุด ผลคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพของระบบต่างๆในข้างต้นจะนำมาใช้คำนวณต้นทุนของระบบแถวคอย โดย เมื่อค่าสถิติของระบบแถวคอยเปลี่ยนแปลงไปก็ส่งผลต่อการคำนวณต้นทุนในการรอคอยรับบริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพ เนื่องจากระยะเวลาในการรอคอยของเรือส่งผลโดยตรงต่อต้นทุนของเรือ เมื่อระยะเวลาในการรอคอยของเรือเพิ่มขึ้น/ลดลง ก็จะส่งผลให้ต้นทุนของเรือเพิ่มขึ้น/ลดลงเช่นเดียวกัน ในท้ายที่สุดจะส่งผลต่อต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพทั้งระบบ โดยการวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยของระบบต่างๆ เมื่ออัตราการเข้ามารับบริการ 5 ลำต่อวัน แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยของระบบต่างๆ อัตราการเข้ามารับบริการ 5 ลำ
ต่อวัน

(หน่วย: บาทต่อชั่วโมง)

จำนวนท่า เทียบเรือ	จำนวนปั้นจั่น หน้าท่า	ต้นทุนในการ รอคอยของเรือ	ต้นทุนในการให้ บริการของท่าเรือ	ต้นทุนรวมของระบบ ในการให้บริการ
7	13	337,190	171,068	508,258
	14	316,448	176,358	492,806
8	13	357,889	180,355	538,244
	14	336,509	185,639	522,148
	15	318,468	190,906	509,373
	16	302,971	196,158	499,129
9	13	379,617	189,710	569,327
	14	357,351	194,989	552,340
	15	338,427	200,251	538,679
	16	322,085	205,499	527,584
	17	307,792	210,735	518,527
	18	295,164	215,958	511,122

จากการคำนวณต้นทุนของระบบแถวคอยกรณีอัตราการเข้ามารับบริการ 5 ลำต่อวัน หากเปรียบเทียบกับระบบเดิมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ระบบที่ทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลงแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ระบบที่ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลงจากระบบเดิม อัตราการเข้ามารับบริการ 5
ลำต่อวัน

(หน่วย: บาทต่อชั่วโมง)

ระบบ	ต้นทุนในการรอคอย ของเรือ	ต้นทุนในการให้บริการ ของท่าเรือ	ต้นทุนรวมของ ระบบ
7 ท่า 13 ปั้นจั่น	เพิ่มขึ้น 681	ลดลง 14,571	ลดลง 13,890
7 ท่า 14 ปั้นจั่น	ลดลง 20,061	ลดลง 9,281	ลดลง 29,342

ตารางที่ 8 (ต่อ)

(หน่วย: บาทต่อชั่วโมง)

ระบบ	ต้นทุนในการรอคอย ของเรือ	ต้นทุนในการให้บริการ ของท่าเรือ	ต้นทุนรวมของ ระบบ
8 ท่า 15 ปั่นจั่น	ลดลง 18,041	เพิ่มขึ้น 5,267	ลดลง 12,775
8 ท่า 16 ปั่นจั่น	ลดลง 33,538	เพิ่มขึ้น 10,519	ลดลง 23,019
9 ท่า 17 ปั่นจั่น	ลดลง 28,717	เพิ่มขึ้น 25,096	ลดลง 3,621
9 ท่า 18 ปั่นจั่น	ลดลง 41,345	เพิ่มขึ้น 30,319	ลดลง 11,026

จากตารางที่ 8 พบว่า ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือ 7 ท่าและมีปั่นจั่นหน้าท่า 14 ตัว เหลือท่าละ 2 ตัว มีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยที่น้อยที่สุด โดยมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอย 492,806 บาทต่อชั่วโมง เป็นต้นทุนในการรอคอยของเรือเท่ากับ 316,448 บาทต่อชั่วโมงและต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือเท่ากับ 176,358 บาทต่อชั่วโมง หากเปรียบเทียบกันระบบเดิมจะมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลง 29,342 บาทต่อชั่วโมง เกิดจากต้นทุนในการรอคอยของเรือลดลงเท่ากับ 20,061 บาทต่อชั่วโมง และต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือที่ลดลงเท่ากับ 9,281 บาทต่อชั่วโมง รองลงมาคือ ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและมีปั่นจั่นหน้าท่า 16 ตัว โดยมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอย 499,129 บาทต่อชั่วโมง เป็นต้นทุนในการรอคอยของเรือเท่ากับ 302,971 บาทต่อชั่วโมงและต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือเท่ากับ 196,158 บาทต่อชั่วโมง หากเปรียบเทียบกับระบบเดิมจะมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลง 23,019 บาทต่อชั่วโมง เกิดจากต้นทุนในการรอคอยของเรือลดลงเท่ากับ 33,538 บาทต่อชั่วโมง แต่มีต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 10,519 บาทต่อชั่วโมง

2. กรณีอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ย 6 ลำต่อวัน

การเคลื่อนไหวของเรือในท่าเมื่อจำนวนท่าเทียบเรือและปั่นจั่นหน้าท่าต่างๆ แสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ผลคำนวณการเคลื่อนไหวของเรือในท่ากรณีต่างๆอัตราการเข้ามาให้บริการเฉลี่ย 6 ลำต่อวัน

จำนวน ท่าเทียบ เรือ	จำนวน ปั้นจั่นหน้า ท่า	ผลการคำนวณเมื่ออัตราการเข้ามาให้บริการเฉลี่ย 6 ลำต่อวัน				
		ρ	$\bar{W}_q$ (ชม.)	$\bar{W}$ (ชม.)	$\bar{L}_q$ (ลำ)	$\bar{L}$ (ลำ)
7	13	0.74	7.47	28.40	1.87	7.05
	14	0.70	6.28	26.00	1.57	6.50
8	13	0.71	6.53	29.28	1.63	7.32
	14	0.68	5.58	27.19	1.40	6.80
	15	0.64	4.90	25.50	1.22	6.38
	16	0.62	4.39	24.11	1.10	6.03
9	13	0.69	5.90	30.63	1.48	7.65
	14	0.65	5.09	28.56	1.27	7.14
	15	0.62	4.51	26.86	1.13	6.72
	16	0.59	4.07	25.44	1.02	6.36
	17	0.56	3.72	24.22	0.93	6.06
	18	0.55	3.44	23.16	0.86	5.79

จากตารางที่ 9 หากอัตราการเข้ามาให้บริการเฉลี่ยเท่ากับ 6 ลำต่อวัน จำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัวที่ทำเรือกรุงเทพมีอยู่ในปัจจุบันจะมีอัตราการใช้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.11 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.68 หรือเท่ากับร้อยละ 68 ผลการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 5.58 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 27.19 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.40 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 6.80 ลำ

จากการพิจารณาระบบต่างๆพบว่า ระบบที่มีอัตราการใช้ท่าที่เหมาะสมทั้งหมด 7 ระบบ คือ

ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัวที่ทำเรือกรุงเทพมีอยู่ในปัจจุบันและระบบอื่นๆอีก 6 ระบบ คือ

- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 7 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัว ซึ่งอัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.22 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.70 หรือเท่ากับร้อยละ 70 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอกอยเท่ากับ 6.28 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 26.00 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.57 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 6.50 ลำ

- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 15 ตัว ซึ่งอัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.16 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.64 หรือเท่ากับร้อยละ 64 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอกอยเท่ากับ 4.90 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 25.50 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.22 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 6.38 ลำ

- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 16 ตัว อัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.22 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.62 หรือเท่ากับร้อยละ 62 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอกอยเท่ากับ 4.39 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 24.11 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.10 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 6.03 ลำ

- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 13 ตัว ซึ่งอัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 0.97 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.69 หรือเท่ากับร้อยละ 69 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอกอยเท่ากับ 5.90 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 30.63 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.48 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 7.65 ลำ

- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัว ซึ่งอัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.02 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.65 หรือเท่ากับร้อยละ 65 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอกอยเท่ากับ 5.09 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 28.56 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.27 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 7.14 ลำ

- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 15 ตัว ซึ่งอัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.07 ลำต่อวัน อัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.62 หรือเท่ากับร้อยละ 62 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 4.51 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 26.86 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.13 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 6.72 ลำ

จากทั้ง 7 ระบบพบว่า ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่า และจำนวนปั้นจั่นหน้าท่า 16 ตัว หรือเท่ากับ 2 ตัวต่อท่า เป็นกรณีที่มีระยะเวลาในการรอคอย, ระยะเวลาในการใช้ท่า, จำนวนเรือที่รอ และจำนวนเรือทั้งหมดในท่ามีค่าน้อยที่สุด และเมื่อนำผลคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพในตารางที่ 9 มาใช้คำนวณต้นทุนของระบบแถวคอยระบบต่างๆ เมื่ออัตราการเข้ามารับบริการ 6 ลำต่อวัน แสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยกรณีต่างๆ เมื่ออัตราการเข้ามารับบริการ 6 ลำต่อวัน

(หน่วย: บาทต่อชั่วโมง)

จำนวนท่า เทียบเรือ	จำนวนปั้นจั่น หน้าท่า	ต้นทุนในการ รอคอยของเรือ	ต้นทุนในการให้ บริการของท่าเรือ	ต้นทุนรวมของ ระบบ
7	13	439,497	178,562	618,059
	14	405,070	183,910	588,979
8	13	456,165	187,746	643,911
	14	423,479	193,086	616,565
	15	397,297	198,407	595,704
	16	375,597	203,710	579,307
9	13	477,116	197,012	674,128
	14	444,851	202,347	647,197
	15	418,498	207,662	626,160
	16	396,354	212,959	609,313
	17	377,363	218,241	595,604
	18	360,825	223,510	584,334

จากการคำนวณต้นทุนของระบบแถวคอยกรณีอัตราการเข้ามารับบริการ 6 ลำต่อวัน หากเปรียบเทียบกับระบบเดิมที่เป็นอยู่ในปัจจุบัน ระบบที่ทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลง แสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 กรณีที่ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลงจากระบบเดิมอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ย 6 ลำต่อวัน

(หน่วย: บาทต่อชั่วโมง)

ระบบ	ต้นทุนของเรือ	ต้นทุนของท่าเรือ	ต้นทุนรวมของระบบแถวคอย
7 ท่า 14 ปั่นจั่น	ลดลง 18,409	ลดลง 9,175	ลดลง 27,586
8 ท่า 15 ปั่นจั่น	ลดลง 26,182	เพิ่มขึ้น 5,321	ลดลง 20,861
8 ท่า 16 ปั่นจั่น	ลดลง 47,882	เพิ่มขึ้น 10,624	ลดลง 37,258
9 ท่า 16 ปั่นจั่น	ลดลง 27,125	เพิ่มขึ้น 19,873	ลดลง 7,252
9 ท่า 17 ปั่นจั่น	ลดลง 46,116	เพิ่มขึ้น 25,155	ลดลง 20,961
9 ท่า 18 ปั่นจั่น	ลดลง 62,654	เพิ่มขึ้น 30,424	ลดลง 32,231

โดยพบว่าระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและมีปั่นจั่นหน้าท่า 16 ตัว มีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยที่น้อยที่สุด โดยมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอย 579,307 บาทต่อชั่วโมง เป็นต้นทุนในการรอคอยของเรือเท่ากับ 375,597 บาทต่อชั่วโมงและต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือเท่ากับ 203,710 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งหากเปรียบเทียบกับระบบเดิมจะมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลง 37,258 บาทต่อชั่วโมง เกิดจากต้นทุนในการรอคอยของเรือลดลงเท่ากับ 47,882 บาทต่อชั่วโมง แต่มีต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 10,624 บาทต่อชั่วโมง รองลงมาคือระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าและมีปั่นจั่นหน้าท่า 18 ตัว โดยมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอย 584,334 บาทต่อชั่วโมง เป็นต้นทุนในการรอคอยของเรือเท่ากับ 360,825 บาทต่อชั่วโมงและต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือเท่ากับ 223,510 บาทต่อชั่วโมง หากเปรียบเทียบกับระบบเดิมจะมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลง 32,231 บาทต่อชั่วโมง เกิดจากต้นทุนในการรอคอยของเรือลดลงเท่ากับ 62,654 บาทต่อชั่วโมง แต่มีต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 30,424 บาทต่อชั่วโมง

3. กรณีอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ย 7 ลำต่อวัน

การเคลื่อนไหวของเรือในท่าเมื่อจำนวนท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าต่างๆ แสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 การคำนวณการเคลื่อนไหวของเรือในท่ากรณีต่างๆ อัตราการเข้ามารับบริการ 7 ลำต่อวัน

จำนวนท่า เทียบเรือ	จำนวนปั้นจั่น หน้าท่า	ผลการคำนวณเมื่ออัตราการเข้ามารับบริการ 7 ลำต่อวัน				
		ρ	$\bar{W}_q$ (ชม.)	$\bar{W}$ (ชม.)	$\bar{L}_q$ (ลำ)	$\bar{L}$ (ลำ)
7	13	0.78	8.28	29.88	2.41	8.72
	14	0.86	13.92	34.66	4.06	10.11
8	13	0.82	10.15	29.87	2.96	8.71
	14	0.83	10.75	33.51	3.14	9.77
	15	0.75	6.80	27.40	1.98	8.00
	16	0.72	5.80	25.52	1.69	7.44
9	13	0.80	9.00	33.73	2.63	9.84
	14	0.76	7.15	30.62	2.09	8.93
	15	0.72	6.00	28.34	1.75	8.27
	16	0.69	5.19	26.56	1.51	7.75
	17	0.66	4.60	25.10	1.34	7.32
	18	0.64	4.15	23.87	1.21	6.96

จากตารางที่ 12 หากอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ยเท่ากับ 7 ลำต่อวัน จำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัวที่ทำเรือกรุงเทพมีอยู่ในปัจจุบันจะมีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 14 ตัว อัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.11 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.78 หรือเท่ากับร้อยละ 78 โดยผลการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 8.28 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 29.88 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 2.41 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 8.72 ลำ

จากการพิจารณาแบบต่างๆพบว่า ระบบที่มีอัตราการใช้ท่าที่เหมาะสมทั้งหมด 3 ระบบ คือ

- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 16 ตัว อัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.12 ลำต่อวัน และอัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.69 หรือเท่ากับร้อยละ 69 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอกอยเท่ากับ 5.19 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 26.56 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.51 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 7.75 ลำ
- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 17 ตัว อัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.17 ลำต่อวัน อัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.66 หรือเท่ากับร้อยละ 66 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอกอยเท่ากับ 4.60 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 25.10 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.34 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 7.32 ลำ
- ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือทั้งหมด 9 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่ากับ 18 ตัว อัตราการให้บริการของเรือเฉลี่ยเท่ากับ 1.22 ลำต่อวัน อัตราการใช้ท่าเท่ากับ 0.64 หรือเท่ากับร้อยละ 64 โดยการคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอย คือ ระยะเวลาในการรอกอยเท่ากับ 4.15 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 23.87 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.21 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 6.96 ลำ

จากทั้ง 3 ระบบพบว่า ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่า และจำนวนปั้นจั่นหน้าท่า 18 ตัว หรือเท่ากับ 2 ตัวต่อท่า เป็นกรณีที่มีระยะเวลาในการรอกอย, ระยะเวลาในการใช้ท่า, จำนวนเรือที่รอ และจำนวนเรือทั้งหมดในท่ามีค่าน้อยที่สุด

ตารางที่ 13 การวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยกรณีต่างๆ อัตราการเข้ามารับบริการ 7 ลำต่อวัน
(หน่วย: บาทต่อชั่วโมง)

จำนวนท่า เทียบเรือ	จำนวนปั้นจั่น หน้าท่า	ต้นทุนในการ รอกอยของเรือ	ต้นทุนในการให้ บริการของท่าเรือ	ต้นทุนรวมของ ระบบ
7	13	543,179	200,534	743,713
	14	629,833	186,056	815,889

ตารางที่ 13 (ต่อ)

(หน่วย: บาทต่อชั่วโมง)

จำนวนท่าเทียบเรือ	จำนวนปั้นจั่นหน้าท่า	ต้นทุนในการรอกอยของเรือ	ต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือ	ต้นทุนรวมของระบบ
8	13	542,876	191,461	734,338
	14	608,928	195,137	804,064
	15	497,975	205,908	703,883
	16	463,871	211,261	675,133
9	13	612,995	204,314	817,309
	14	556,449	209,705	766,153
	15	515,118	215,072	730,190
	16	482,711	220,419	703,131
	17	456,174	225,748	681,922
	18	433,799	231,061	664,861

เมื่อนำผลคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพในตารางที่ 12 มาใช้คำนวณต้นทุนของระบบแถวคอยระบบต่างๆ เมื่ออัตราการเข้ามาใช้บริการ 7 ลำต่อวัน แสดงในตารางที่ 13 และเมื่อนำต้นทุนของระบบแถวคอยของระบบต่างๆเปรียบเทียบกับระบบเดิมที่เป็นอยู่ในปัจจุบันของท่าเรือกรุงเทพ ระบบที่ทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลง แสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 กรณีที่ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลงจากระบบเดิมเมื่ออัตราการเข้ามาใช้บริการ 7 ลำต่อวัน

(หน่วย: บาทต่อชั่วโมง)

ระบบ	ต้นทุนของเรือ	ต้นทุนของท่าเรือ	ต้นทุนรวมของระบบแถวคอย
7 ท่า 14 ปั้นจั่น	ลดลง 303	ลดลง 9,073	ลดลง 9,375
8 ท่า 15 ปั้นจั่น	ลดลง 45,201	เพิ่มขึ้น 5,374	ลดลง 39,826
8 ท่า 16 ปั้นจั่น	ลดลง 79,308	เพิ่มขึ้น 10,727	ลดลง 68,580
9 ท่า 15 ปั้นจั่น	ลดลง 28,061	เพิ่มขึ้น 14,538	ลดลง 13,523

ตารางที่ 14 (ต่อ)

(หน่วย: บาทต่อชั่วโมง)

ระบบ	ต้นทุนของเรือ	ต้นทุนของท่าเรือ	ต้นทุนรวมของระบบแถวคอย
9 ท่า 16 ปั่นจั่น	ลดลง 60,468	เพิ่มขึ้น 19,885	ลดลง 40,582
9 ท่า 17 ปั่นจั่น	ลดลง 87,005	เพิ่มขึ้น 25,214	ลดลง 61,791
9 ท่า 18 ปั่นจั่น	ลดลง 109,308	เพิ่มขึ้น 30,527	ลดลง 78,852

โดยพบว่าระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าและมีปั่นจั่นหน้าท่า 18 ตัว มีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยที่น้อยที่สุด โดยมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอย 664,861 บาทต่อชั่วโมง เป็นต้นทุนในการรอกอยของเรือเท่ากับ 433,799 บาทต่อชั่วโมงและต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือเท่ากับ 231,061 บาทต่อชั่วโมง หากเปรียบเทียบกันระบบเดิมจะมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลง 78,852 บาทต่อชั่วโมง เกิดจากต้นทุนในการรอกอยของเรือลดลงเท่ากับ 109,308 บาทต่อชั่วโมง แต่มีต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 30,527 บาทต่อชั่วโมง รองลงมาคือระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและมีปั่นจั่นหน้าท่า 16 ตัว โดยมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอย 675,133 บาทต่อชั่วโมง เป็นต้นทุนในการรอกอยของเรือเท่ากับ 463,871 บาทต่อชั่วโมงและต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือเท่ากับ 211,261 บาทต่อชั่วโมง หากเปรียบเทียบกับระบบเดิมจะมีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลง 68,580 บาทต่อชั่วโมง เกิดจากต้นทุนในการรอกอยของเรือลดลงเท่ากับ 109,308 บาทต่อชั่วโมง แต่มีต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 30,527 บาทต่อชั่วโมง

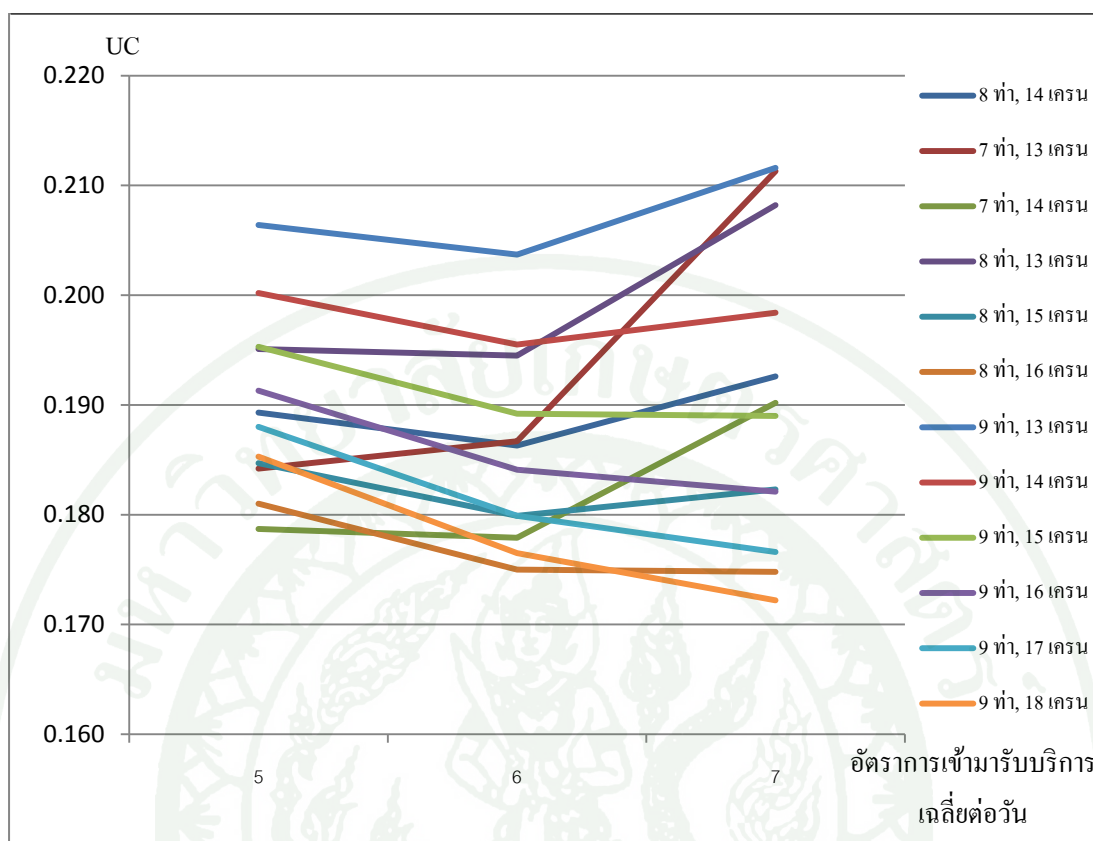
จากผลการคำนวณทั้งหมดข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า สำหรับอัตราการเข้ามารับบริการเท่ากับ 5 ลำต่อวันพบว่า ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือ 7 ท่าและมีปั่นจั่นหน้าท่า 14 ตัว เป็นกรณีที่มีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยต่ำที่สุด แต่หากอัตราการเข้ามารับบริการเท่ากับ 6 ลำต่อวันพบว่า ระบบจำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและมีปั่นจั่นหน้าท่า 16 ตัว เฉลี่ยท่าละ 2 ตัว เป็นกรณีที่มีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยต่ำที่สุดและมีอัตราการใช้ท่าที่เหมาะสมคือร้อยละ 62 และสำหรับในกรณีอัตราการเข้ามารับบริการเพิ่มเป็น 7 ลำต่อวันพบว่า ระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าและมีปั่นจั่นหน้าท่า 18 ตัว เฉลี่ยท่าละ 2 ตัว เป็นกรณีที่มีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามหากพิจารณาให้จำนวนท่าเทียบเรือของท่าเรือกรุงเทพมีจำนวนคงที่ คือ 8 ท่า พบว่า จำนวนปั่นจั่นหน้าท่าที่ทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยต่ำที่สุด คือ จำนวนปั่นจั่นหน้าท่า 16 ตัว หรือเฉลี่ยเท่ากับ 2 ตัวต่อท่า สำหรับทุกอัตราการเข้ามารับบริการที่นำมาพิจารณา คือ 5, 6 และ 7 ลำต่อวัน โดยการ

ลดลงของต้นทุนรวมของระบบแถวคอยกรณีจำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและปั่นจั่นหน้าท่า 16 ตัว หรือเฉลี่ย 2 ตัวต่อท่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม แสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 การลดลงของต้นทุนรวมระบบแถวคอยกรณีจำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและปั่นจั่นหน้าท่าเฉลี่ย 2 ตัวต่อท่าตามอัตราการเข้ามารับบริการต่างๆเมื่อเปรียบเทียบกับระบบเดิม
(หน่วย: บาทต่อชั่วโมง)

อัตราการเข้ามารับ บริการ	ต้นทุนของเรือ	ต้นทุนของท่าเรือ	ต้นทุนรวมของระบบ แถวคอย
5 ลำต่อวัน	ลดลง 33,538	เพิ่มขึ้น 10,519	ลดลง 23,019
6 ลำต่อวัน	ลดลง 47,882	เพิ่มขึ้น 10,624	ลดลง 37,258
7 ลำต่อวัน	ลดลง 79,308	เพิ่มขึ้น 10,727	ลดลง 68,580

นอกจากนี้ผลคำนวณค่าสถิติของระบบแถวคอยของเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพในข้างต้นสามารถนำมาสร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของต้นทุนทั้งหมดของท่าเรือต่อชั่วโมงกับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมงหรือต้นทุนรวมต่อหน่วย (UC) ของระบบแถวคอยกับอัตราการเข้ามารับบริการของเรือได้ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 อัตราส่วนของต้นทุนทั้งหมดของท่าเรือต่อที่อยู่กับต้นทุนของเรือต่อชั่วโมงกรณีอัตราการใช้บริการต่างๆ

จากภาพแสดงให้เห็นว่า ในแต่ละอัตราการใช้บริการของเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพมีส่วนผสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าที่เหมาะสมแตกต่างกัน โดยหากอัตราการใช้บริการเท่ากับ 5 ลำ จำนวนท่าเทียบเรือที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุด คือ 7 ท่า สำหรับอัตราการใช้บริการเท่ากับ 6 ลำต่อวัน จำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าทำให้ต้นทุนรวมของระบบต่ำที่สุด และหากอัตราการใช้บริการเท่ากับ 7 ลำต่อวัน จำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าทำให้ต้นทุนรวมของระบบต่ำที่สุด ซึ่งจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าที่ทำให้ต้นทุนต่ำที่สุดสำหรับทุกอัตราการใช้บริการ คือท่าละ 2 ตัว ดังนั้นจากอัตราการใช้บริการของท่าเรือกรุงเทพซึ่งเท่ากับ 6 ลำต่อวัน จำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่า 16 ตัวเป็นส่วนผสมที่ทำให้ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าต่ำที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพ โดยใช้ตัวแบบแถวคอยแบบ M/Ek/S ในการอธิบายพฤติกรรมการเคลื่อนไหวของเรือในท่าเรือกรุงเทพ โดยใช้ข้อมูลของอัตราการเข้ามารับบริการและอัตราการให้บริการ เพื่อใช้ในการหาระยะเวลาในการรอคอย ระยะเวลาในการให้บริการ จำนวนเรือที่รอคอยและจำนวนเรือในท่าทั้งหมด โดยนำผลจากการระบบแถวคอยดังกล่าวมาวิเคราะห์ร่วมกับต้นทุนในส่วนต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเรือที่เข้ามารับบริการและท่าเรือ

ผลการวิจัยพบว่า ปัจจุบันท่าเรือกรุงเทพมีอัตราการเข้ามารับบริการเท่ากับ 6 ลำต่อวัน มีจำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่า และจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าทั้งหมด 14 ตัว ทำให้เรือผู้สินค้ามีระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 5.58 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 27.19 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.40 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 6.80 ลำ โดยมีอัตราการใช้ท่าเท่ากับร้อยละ 67 ดังนั้นต้นทุนในการรอคอยของเรือผู้สินค้าที่เข้ามารับบริการที่ท่าเรือกรุงเทพในปัจจุบันจึงเท่ากับ 423,479 บาทต่อชั่วโมง และมีต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือเท่ากับ 193,086 บาทต่อชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนรวมของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพจึงเท่ากับ 616,565 บาทต่อชั่วโมงหรือมีต้นทุนต่อที่อยู่ที่ต่อชั่วโมงเท่ากับ 0.1863

สำหรับในส่วนของการศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่าของท่าเรือกรุงเทพ โดยใช้สมมุติฐานที่ว่าจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าหรือจำนวนท่าเทียบเรือจะเพิ่มขึ้นตรงตามต้นทุนหน่วยสุดท้ายของท่าเรือยังคงน้อยกว่าผลประโยชน์หน่วยสุดท้ายซึ่งคือการลดค่าใช้จ่ายในการรอคอยของเรือในท่า และจำนวนปั้นจั่นหรือท่าเทียบเรือที่เหมาะสมที่สุดคือจำนวนที่ต้นทุนหน่วยสุดท้ายเท่ากับผลประโยชน์หน่วยสุดท้าย โดยการวิเคราะห์จะแบ่งวิเคราะห์อัตราการเข้ามารับบริการ 3 อัตรา เนื่องจากเมื่อพิจารณาอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ยเป็นรายเดือนแล้วพบว่าอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ยในแต่ละเดือนไม่คงที่ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 5 ลำถึง 7 ลำต่อวัน และในแต่ละ

อัตราจะวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างระบบของท่าเทียบเรือกรุงเทพในปัจจุบันกับระบบที่มีจำนวนท่าเทียบเรือและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าต่างๆ

สำหรับในกรณีอัตราการใช้บริการของเรือผู้สินค้าเท่ากับ 5 ลำต่อวัน ผลการวิจัยพบว่าจากจำนวนท่าที่มีอยู่ 8 ท่าและปั้นจั่นหน้าท่าทั้งหมด 14 ตัวของท่าเรือกรุงเทพในปัจจุบัน เรือผู้สินค้ามีระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 4.31 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 25.92 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 0.90 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 5.40 ลำ โดยมีอัตราการใช้ท่าเท่ากับร้อยละ 56 ดังนั้นต้นทุนในการรอคอยของเรือผู้สินค้าที่เข้ามารับบริการที่ท่าเรือกรุงเทพจึงเท่ากับ 336,509 บาทต่อชั่วโมง และมีต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือเท่ากับ 185,639 บาทต่อชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนรวมของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพจึงเท่ากับ 522,148 บาทต่อชั่วโมง หรือมีต้นทุนต่อที่อียู่ต่อชั่วโมงเท่ากับ 0.1893 สำหรับอัตราการใช้บริการเท่ากับ 5 ลำต่อวัน กรณีที่ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยที่น้อยที่สุด คือ จำนวนท่าเทียบเรือ 7 ท่าและมีปั้นจั่นหน้าท่า 14 ตัว ซึ่งกรณีนี้ทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลงจากปัจจุบัน 29,342 บาทต่อชั่วโมง เกิดจากต้นทุนในการรอคอยของเรือลดลงเท่ากับ 20,061 บาทต่อชั่วโมง และมีต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือที่ลดลงเท่ากับ 9,081 บาทต่อชั่วโมง

สำหรับอัตราการใช้บริการของท่าเรือกรุงเทพในปัจจุบันซึ่งเท่ากับ 6 ลำต่อวัน กรณีที่มีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยที่น้อยที่สุด คือ จำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและมีปั้นจั่นหน้าท่า 16 ตัว เฉลี่ยท่าละ 2 ตัว เป็นกรณีที่เหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากมีต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าต่ำที่สุด อีกทั้งมีระดับอัตราการใช้ท่าที่เหมาะสมคือเท่ากับร้อยละ 62 ซึ่งกรณีนี้ทำให้ระยะเวลาในการรอคอยของเรือลดลงเป็น 4.39 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 24.11 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.10 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 6.03 ลำ ทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลงจากปัจจุบัน 37,258 บาทต่อชั่วโมง เกิดจากต้นทุนในการรอคอยของเรือลดลงเท่ากับ 47,882 บาทต่อชั่วโมง แต่มีต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 10,624 บาทต่อชั่วโมง

สำหรับในกรณีอัตราการใช้บริการของเรือผู้สินค้าเท่ากับ 7 ลำต่อวัน ผลการวิจัยพบว่าจากจำนวนท่าที่มีอยู่ 8 ท่าและปั้นจั่นหน้าท่าทั้งหมด 14 ตัว ท่าเรือกรุงเทพมีอัตราการใช้ท่าเท่ากับร้อยละ 78 ก่อให้เกิดภาวะความแออัดของท่าเรือ โดยเรือผู้สินค้ามีระยะเวลาในการรอคอยเท่ากับ 8.28 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 29.88 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 2.41 ลำ

และจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 8.72 ลำ ดังนั้นต้นทุนในการรอคอยของเรือผู้สินค้าที่เข้ามารับบริการที่ทำเรือกรุงเทพจึงเท่ากับ 543,179 บาทต่อชั่วโมง และมีต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือเท่ากับ 200,534 บาทต่อชั่วโมง ดังนั้นต้นทุนรวมของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพจึงเท่ากับ 743,713 บาทต่อชั่วโมง หรือมีต้นทุนต่อที่อู่ต่อชั่วโมงเท่ากับ 0.1926 สำหรับอัตราการเข้ามารับบริการเท่ากับ 7 ลำต่อวัน กรณีที่มีต้นทุนรวมของระบบแถวคอยที่น้อยที่สุด คือ จำนวนท่าเทียบเรือ 9 ท่าและมีปั้นจั่นหน้าท่า 18 ตัว ซึ่งกรณีนี้ทำให้ระยะเวลาในการรอคอยของเรือลดลงเป็น 4.15 ชั่วโมง ระยะเวลาที่เรืออยู่ในท่าเท่ากับ 23.87 ชั่วโมง จำนวนเรือที่รอเท่ากับ 1.21 ลำและจำนวนเรือที่อยู่ในท่าเท่ากับ 6.96 ลำ ทำให้ต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดลงจากปัจจุบัน 78,852 บาทต่อชั่วโมง เกิดจากต้นทุนในการรอคอยของเรือลดลงเท่ากับ 109,308 บาทต่อชั่วโมง แต่มีต้นทุนในการให้บริการของท่าเรือที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 30,527 บาทต่อชั่วโมง และอัตราการเข้าท่าอยู่ที่ร้อยละ 64

ดังนั้นจากการวิจัยสรุปได้ว่า ณ อัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ย 6 ลำต่อวัน จำนวนท่าเทียบเรือของเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพมีจำนวนที่เหมาะสมดีแล้ว แต่ควรเพิ่มจำนวนของปั้นจั่นหน้าท่าให้มากขึ้นกว่าระดับปัจจุบันให้เท่ากับ 16 ตัวหรือก็คือเพิ่มขึ้นจากเดิมอีก 2 ตัว ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาในการรอคอยของเรือผู้สินค้าและต้นทุนรวมของระบบแถวคอยต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการเข้ามารับบริการจะไม่คงที่เช่นลดลงเป็น 5 ต่อวัน หรือเพิ่มขึ้นเป็น 7 ลำต่อวัน จำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่า 16 ตัวนี้ก็สามารถทำให้ระยะเวลาในการรอคอยของเรือผู้สินค้าและต้นทุนรวมของระบบแถวคอยลดต่ำลงกว่าระดับปัจจุบัน

ผลการวิจัยข้างต้นในการวิเคราะห์พฤติกรรมการเคลื่อนไหวของเรือในท่าและต้นทุนในการรอคอยของเรือผู้สินค้าที่เข้ามารับบริการของท่าเรือกรุงเทพ สามารถเป็นแนวทางในการจัดสรรท่าเทียบเรือและอุปกรณ์ปั้นจั่นหน้าท่าในการบริการเรือผู้สินค้าของท่าเรือกรุงเทพให้มีความเหมาะสม ให้มีความสามารถในการรองรับความต้องการใช้ท่าโดยมีต้นทุนรวมของระบบต่ำที่สุด คือ ต้นทุนทั้งในส่วนของการท่าเรือและเรือที่เข้ามารับบริการ อันจะส่งผลให้ท่าเรือกรุงเทพมีระยะเวลาในการรอคอยของเรือที่ลดลง อีกทั้งยังสามารถดึงดูดผู้ใช้บริการ เพิ่มปริมาณการค้าระหว่างประเทศและรายได้ให้แก่ประเทศอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดของงานวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีข้อจำกัดในเรื่องข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาต้นทุนบางส่วนเป็นความลับขององค์กร หรือเป็นข้อมูลที่ไม่ได้มีการจัดเก็บไว้ จึงมีการนำข้อมูลที่อ้างอิงจากงานวิจัยต่างประเทศมาปรับใช้ในการศึกษาบางส่วน แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่นำมาปรับใช้นี้เป็นข้อมูลที่มีความใกล้เคียงและน่าเชื่อถืออีกทั้งยังช่วยให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์มากขึ้นจึงสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

1. การศึกษาพบว่า ท่าเรือกรุงเทพสามารถทำให้ต้นทุนของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าลดลงจากระดับปัจจุบันได้โดยการเพิ่มจำนวนของปั้นจั่นหน้าท่าจากเดิม 14 ตัว ให้เป็น 16 ตัว ซึ่งจะช่วยลดระยะเวลาในการรอคอยและต้นทุนรวมของระบบแถวคอยในการให้บริการเรือผู้สินค้าได้

2. หากในอนาคตอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ยเพิ่มขึ้นกว่าระดับปัจจุบัน จำนวนท่าเทียบเรือ 8 ท่าและจำนวนปั้นจั่นหน้าท่า 14 ตัวที่มีอยู่จะเกิดภาวะความแออัดของท่าเรือ จะต้องเพิ่มจำนวนท่าเทียบเรือและปั้นจั่นหน้าท่ามากขึ้น เช่น หากอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ยเป็น 7 ลำต่อวัน ท่าเรือกรุงเทพจะต้องเพิ่มท่าเทียบเรืออีก 1 ท่าและเพิ่มจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าอีก 4 ตัว จึงทำให้ต้นทุนของระบบแถวคอยต่ำที่สุด

3. หากรัฐบาลมีนโยบายลดปริมาณการใช้ท่าเรือกรุงเทพเพื่อส่งเสริมการใช้ท่าเรือแหลมฉบังจะทำให้อัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ยลดลงกว่าระดับปัจจุบัน ท่าเรือกรุงเทพจะต้องลดจำนวนท่าเทียบเรือลงจากระดับปัจจุบัน เช่น หากอัตราการเข้ามารับบริการเฉลี่ยเป็น 5 ลำต่อวัน ท่าเรือกรุงเทพจะต้องลดจำนวนท่าเทียบเรือลง 1 ท่าโดยที่มีจำนวนปั้นจั่นหน้าท่าเท่าเดิม จึงทำให้ต้นทุนของระบบแถวคอยต่ำที่สุด

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

1. เนื่องจากในการศึกษาในครั้งนี้วิเคราะห์เฉพาะท่าเทียบเรือ และปั่นจั่นหน้าท่า โดยที่กำหนดให้ปัจจัยอื่นๆคงที่ ในการศึกษารoundต่อไปควรศึกษาจำนวนที่เหมาะสมของปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับท่าเรือ เช่น ขนาดของลานเก็บสินค้า จำนวนแรงงานในการปฏิบัติงาน จำนวนรถหัวลาก เป็นต้น เพื่อให้มีการวิเคราะห์ต้นทุนของระบบแถวคอยของท่าเรือมีความครอบคลุมและลดระยะเวลาในการรอคอยได้มากยิ่งขึ้น และการนำไปประยุกต์ใช้ควรศึกษารายละเอียดต้นทุนในระบบต่างๆที่เกี่ยวข้องทั้งหมดเพื่อนำไปวิเคราะห์ในภาพรวมทั้งระบบ

2. ควรแยกศึกษาระหว่างตู้สินค้าขาเข้าและตู้สินค้าขาออก เนื่องจากขั้นตอนและระยะเวลาที่ใช้ในการยกตู้สินค้าขึ้นเรือและการยกตู้สินค้าลงจากเรืออาจมีความแตกต่างกัน

3. ควรมีการศึกษาถึงความต้องการใช้งานของท่าเรือกรุงเทพในอนาคตโดยคำนึงถึงภาพรวมของระบบโลจิสติกส์ทั้งระบบ เช่น ท่าเรือแหลมฉบัง, ศูนย์บรรจุและแยกสินค้ากล่อง การรถไฟแห่งประเทศไทย ท่าอากาศยาน (Inland Container Depot) หรือ ICD เป็นต้น เพื่อให้สามารถกำหนดการลงทุนที่เหมาะสมได้อย่างถูกต้อง

4. การศึกษาด้านต้นทุนในการดำเนินงานของเรือตู้สินค้าเป็นข้อมูลอ้างอิงจากการศึกษาของงานวิจัยต่างประเทศในอดีต ในการศึกษารoundต่อไปควรปรับปรุงข้อมูลให้มีความทันสมัยมากขึ้น หรือเก็บรวบรวมข้อมูลจริงของเรือที่เข้ามาให้บริการที่ท่าเรือกรุงเทพได้ก็จะทำให้การวิเคราะห์แม่นยำยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

การทำเรือแห่งประเทศไทย. 2553. รายงานการทำเรือแห่งประเทศไทยประจำปี 2548-2552 (Online). www.port.co.th, 20 กรกฎาคม 2553.

การทำเรือแห่งประเทศไทย. 2540. รายงานการศึกษาและออกแบบก่อสร้างโครงการ
ท่าเรือแหลมฉบัง ขั้นที่ 2.

กระทรวงพาณิชย์. 2553. มูลค่าการส่งออก – นำเข้าและดุลการค้าของไทย (Online).
www.port.co.th, 16 ตุลาคม 2553.

กรมศุลกากร. 2553. การขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ (Online). www.customsclinic.org,
12 สิงหาคม 2553.

ธนิต โสรัตน์. 2552. การขนส่งสินค้าทางทะเล (Online). www.logisticscorner.com,
21 ธันวาคม 2553.

ปาหนัน ลิม. 2547. “ฮับโลจิสติกส์ทางทะเลยังอีกไกล.” โลจิสติกส์ไดเจสต์ (Online).
www.logisticsdigest.com, 17 ตุลาคม 2553.

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี. 2552. ระบบแฉะคอย (Online). www.scaat.in.th/Bachelor/new,
14 สิงหาคม 2553.

ศศิธร ชนะกิจไพโรจน์ และ สันตชัย รัตตนนท์. 2550. การเพิ่มประสิทธิภาพการขนย้ายตู้สินค้า
ขาเข้า กรณีศึกษาท่าเรือกรุงเทพ. การค้นคว้าอิสระวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการ
จัดการโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

อดิสรณ์ อโนทัยสินทวี และ ศศิภัทร นันทคุปต์. 2547. “ท่าเรือกรุงเทพสู่เส้นทางสายไหม(น).”
นิตยสารสาระท่าเรือ การท่าเรือแห่งประเทศไทย (Online). www1.port.co.th,
20 กรกฎาคม 2553.

El-Naggar, M. E. 2010. “Application of queuing theory to the container terminal at Alexandria seaport.” **Journal of Soil Science and Environmental Management** 1 (4): 77-85.

G. De Monie. 1987. “Measuring and Evaluating Port Performance and Productivity.” **UNCTAD Monographs on Port Management** 6.

Hawaii island commercial harbors. 2010. **MP Kahalui 5 Methodogy** (Online).
www.save kahuluiharbor.com, October 16, 2010.

Kim, D.H. *et al.* 2010. “A Study on Effective System for Harbor Container Delivery & Cargo Work Automation.” **Journal of Wireless Sensor Network** 2: 629-638.

Nathan Associates Inc. 2004 “The broad economic impact of port inefficiency a comparative study of two ports.” **The United States Agency for International Development.**

Noritake, M. and S. Kimura. 1983. “Optimum number and capacity of seaport berth.” **Journal of Water, Port, Coastal and Engineering** 109 (3): 323-339.

Paul, S., A.M. ASCE and O. Sharafeldien. 1985. “Optimal berth and crane combinations in containerports.” **Journal of Water, Port, Coastal and Engineering** 111 (6): 1060-1072.

Snyder, C. and W. Nicholson. 2008. **Microeconomics Theory Basic Principles and Extensions tenth edition.** Ohio: Thomson South-Western.

Tadashi, Y. 2003. “Optimizing the handling Capacity in a container terminal for investigating efficient Handling Systems.” **Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies** 5: 597–608.

ThaiWebsites. n.d. **Bangkok Port** (Online). www.thaiwebsites.com/bangkokport.asp, July 20, 2010.

The U.S. Army Corps of Engineers. 1999. **Estimated foreign flag containership costs** (Online). www.usace.army.mil, July 8, 2010.

Wen-Chih, H., K. Tu-Cheng and W. Sheng-Chieh. 2007. "A Comparison of Analytical Methods and Simulation for Container Terminal Planning." **Journal of Chinese Institute of Indus. Engineers** 24 (3): 200-209.

Wen-Chih, H. and K. Tu-Cheng. 2009. "A research on the improvement strategy on the operation performance of container terminal." **Journal of the Eastern Asia Society for Transportation** 7.

Winston, W. L. and S.C. Albright. 2009. **Practical management science revised third edition**. Florence: Cengage Learning.

World Bank Publication. 2003. **Port Reform Toolkit: Effective Decision Support for Policy-makers** (Online). www.books.google.co.th, August 26, 2010.



ภาคผนวก



ค่าพารามิเตอร์ในระบบแถวคอย

สัญลักษณ์	ความหมาย	ค่าพารามิเตอร์
a	= ความหนาแน่นของท่าเทียบเรือ	-
Bi	= ต้นทุนเริ่มต้นของท่าเทียบเรือ	385,000,000
C1	= ต้นทุนของเรือและสินค้า	-
C2	= ต้นทุนการให้บริการของท่าเรือ	-
Cs	= ต้นทุนในการดำเนินงานของเรือ	-
Ccg	= ต้นทุนของสินค้าที่บนเรือ	-
Cb	= ต้นทุนในการก่อสร้างท่าเทียบเรือ	-
Ccm	= ต้นทุนของบั้งจันรวมถึงต้นทุนในการดำเนินงานและบำรุงรักษา	-
Cco	= ต้นทุนแรงงานในการปฏิบัติงานบั้งจัน	-
Cyd	= ต้นทุนของลานเก็บสินค้า	-
e	= จำนวนพื้นที่ลานเก็บสินค้าหนึ่งหน่วยสินค้า (เอเคอร์ต่อที่อียู)	0.0034
f	= สัมประสิทธิ์การขัดข้องของบั้งจันในระหว่างเวลาการดำเนินงานต่อท่า	0.85
H	= ระยะเวลาเฉลี่ยของผู้สินค้าในลานเก็บสินค้า (ชั่วโมงต่อที่อียู)	96
L _s	= จำนวนเรือเฉลี่ยที่อยู่ในท่าเรือ	-
L _q	= จำนวนเรือเฉลี่ยที่อยู่ในระบบแถวคอย	-
Mb	= ต้นทุนบำรุงรักษาของท่าเทียบเรือต่อปี	38,500,000
N	= จำนวนบั้งจันหน้าท่า	-
M _N	= ต้นทุนบำรุงรักษาของบั้งจันต่อปี	4,400,000
Ni	= ต้นทุนเริ่มต้นของบั้งจันแต่ละตัว	220,000,000
TC	= ต้นทุนทั้งหมดของท่าเรือ	-
t	= ระยะเวลาเฉลี่ยในการดำเนินงานขนสินค้าต่อเรือ 1 ลำ (ชั่วโมง)	-
R	= ประสิทธิภาพการขนถ่ายสินค้าของบั้งจัน 1 ตัว (ตัวต่อชั่วโมง)	24
S	= จำนวนท่าเทียบเรือ	-
Us	= ต้นทุนของเรือที่อยู่ในท่าต่อชั่วโมงต่อลำ (บาท)	19,470
Ucg	= ต้นทุนของสินค้าต่อชั่วโมงต่อที่อียู (บาท)	63

U_b	=	ต้นทุนของท่าเทียบเรือต่อท่าต่อชั่วโมง	9,800
UC	=	อัตราส่วนของต้นทุนทั้งหมดของท่าเรือต่อสินค้าหนึ่งหน่วยกับ ต้นทุนของเรือในหนึ่งหน่วยเวลา	-
U_{cm}	=	ต้นทุนของปั่นจั่นต่อชั่วโมง	5,000
U_{co}	=	ต้นทุนแรงงานในการปฏิบัติงานปั่นจั่นต่อชั่วโมง	150
U_{yd}	=	ต้นทุนของลานเก็บสินค้าต่อชั่วโมงต่อหนึ่งทีอียู (บาท)	0.85
W_s	=	เวลาโดยเฉลี่ยที่เรือแต่ละลำใช้ในการรับบริการในระบบ	-
W_q	=	เวลาโดยเฉลี่ยที่เรือแต่ละลำใช้ในการรออนุญาตในแถวคอย	-
Y	=	ต้นทุนลานเก็บสินค้าต่อเอเคอร์ต่อชั่วโมง (บาท)	250
Z	=	ความสามารถในการรองรับสินค้าของลานเก็บสินค้า (ทีอียูต่อ ชั่วโมง)	-
θ	=	ปริมาณขนถ่ายสินค้าเฉลี่ยต่อเรือ 1 ลำที่ทำเรือ (ทีอียู)	680
ρ	=	ค่าการใช้ประโยชน์ของท่าเทียบเรือ	-
λ	=	อัตราการเข้ารับบริการ	-
μ	=	อัตราการให้บริการ	-



ตารางผนวกที่ 1 ข้อมูลสถิติการส่งออกสินค้าที่รับบรรจุ ณ สำนักงานศุลกากรท่าเรือกรุงเทพ
(สทก.) ตั้งแต่เดือน มกราคม - ตุลาคม 2553

ข้อมูล ณ วันที่ 21/2/2554

เดือน	สถานที่รับบรรจุ	มูลค่าส่งออกเงินบาท
1	ท่ารับบรรจุทุกขาออกสทก.	63,886,776,116
2	ท่ารับบรรจุทุกขาออกสทก.	66,552,742,609
3	ท่ารับบรรจุทุกขาออกสทก.	76,456,470,011
4	ท่ารับบรรจุทุกขาออกสทก.	58,502,366,376
5	ท่ารับบรรจุทุกขาออกสทก.	59,018,630,135
6	ท่ารับบรรจุทุกขาออกสทก.	67,460,231,528
7	ท่ารับบรรจุทุกขาออกสทก.	58,879,587,181
8	ท่ารับบรรจุทุกขาออกสทก.	66,614,289,974
9	ท่ารับบรรจุทุกขาออกสทก.	68,917,481,688
10	ท่ารับบรรจุทุกขาออกสทก.	66,440,652,098
รวมทั้งหมด:		652,729,227,716

ตารางผนวกที่ 2 ข้อมูลสถิติการนำเข้าสินค้าที่ตรวจปล่อย ณ สำนักงานศุลกากรท่าเรือกรุงเทพ
(สทก.) ตั้งแต่เดือน มกราคม - ตุลาคม 2553

ข้อมูล ณ วันที่ 16/2/2554

เดือน	สถานที่ตรวจปล่อย	มูลค่านำเข้าเงินบาท
1	ฝทต.1 สดข.สทก.	24,146,594,510
	ฝทต.2 สดข.สทก.	18,805,031,757
	ฝ่ายตรวจผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมฯสทก.	3,049,764,725
	งานตรวจรถยนต์สดข. สทก.	355,956,533
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 3 สทก.	1,519,273,460
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 4 สทก.	3,085,953,884
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 5 สทก.	3,127,926,530
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 6 สทก.	2,535,897,662
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 7 สทก.	1,425,698,535
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 8 สทก.	1,544,476,209
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 9 สทก.	2,173,166,754
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 11 สทก.	3,102,362,990
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 13 สทก.	3,827,640,044
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 15 สทก.	2,785,901,561
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 16 สทก.	2,865,827,415
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 17 สทก.	3,504,755,582
	รวม:	77,856,228,151
2	ฝทต.1 สดข.สทก.	24,530,592,652
	ฝทต.2 สดข.สทก.	19,352,439,730
	ฝ่ายตรวจผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมฯสทก.	3,538,600,093
	งานตรวจรถยนต์สดข. สทก.	370,362,516
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 3 สทก.	2,340,809,503
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 4 สทก.	3,332,258,682

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เดือน	สถานที่ตรวจปล่อย	มูลค่านำเข้าเงินบาท
2	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 5 สทก.	3,408,824,828
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 6 สทก.	2,176,044,050
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 7 สทก.	1,406,617,400
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 8 สทก.	1,486,913,484
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 9 สทก.	2,114,350,076
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 11 สทก.	3,034,604,332
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 13 สทก.	3,038,357,569
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 15 สทก.	2,716,930,061
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 16 สทก.	2,798,606,270
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 17 สทก.	3,177,281,870
	รวม:	78,823,593,116
3	ฟทต.1 สดข.สทก.	32,931,881,591
	ฟทต.2 สดข.สทก.	21,628,324,244
	ฝ่ายตรวจผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมฯสทก.	3,731,745,442
	งานตรวจรถยนต์สดข. สทก.	436,832,360
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 3 สทก.	1,849,973,550
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 4 สทก.	3,152,183,851
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 5 สทก.	2,628,729,424
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 6 สทก.	2,869,476,130
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 7 สทก.	1,178,516,567
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 8 สทก.	1,353,392,064
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 9 สทก.	1,982,174,441
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 11 สทก.	3,235,206,629
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 13 สทก.	3,459,516,702

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เดือน	สถานที่ตรวจปล่อย	มูลค่านำเข้าเงินบาท
3	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 15 สทก.	3,333,253,601
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 16 สทก.	3,047,129,168
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 17 สทก.	2,712,406,769
	รวม: 89,530,742,533	
4	ฝ่ายพิธีการนำเข้าที่ 3 สพข. สทก.	227,079
	ฟตด.1 สดข.สทก.	24,149,111,305
	ฟตด.2 สดข.สทก.	19,105,697,909
	ฝ่ายตรวจผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมฯ สทก.	3,958,910,680
	งานตรวจรถยนต์สดข. สทก.	471,150,820
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 3 สทก.	2,397,574,279
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 4 สทก.	3,056,210,472
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 5 สทก.	3,948,794,390
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 6 สทก.	2,291,536,270
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 7 สทก.	1,481,123,363
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 8 สทก.	1,204,280,930
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 9 สทก.	1,432,760,250
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 11 สทก.	3,381,572,898
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 13 สทก.	3,473,408,137
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 15 สทก.	1,942,179,528
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 16 สทก.	3,144,986,283
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 17 สทก.	2,862,722,460
	รวม: 78,302,247,053	
5	ฟตด.1 สดข.สทก.	20,169,343,830
	ฟตด.2 สดข.สทก.	20,616,172,228

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เดือน	สถานที่ตรวจปล่อย	มูลค่านำเข้าเงินบาท
5	ฝ่ายตรวจผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมฯ สทก.	3,670,750,371
	งานตรวจรถยนต์สดข. สทก.	266,617,530
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 3 สทก.	2,159,641,985
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 4 สทก.	2,893,787,044
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 5 สทก.	2,749,594,341
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 6 สทก.	3,669,921,684
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 7 สทก.	1,560,188,294
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 8 สทก.	1,333,600,108
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 9 สทก.	3,665,718,889
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 11 สทก.	3,546,687,501
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 13 สทก.	3,159,349,059
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 15 สทก.	1,228,717,423
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 16 สทก.	1,875,418,794
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 17 สทก.	2,969,610,317
	รวม:	75,535,119,398
6	ฟพต.1 สดข.สทก.	23,274,619,941
	ฟพต.2 สดข.สทก.	22,559,571,291
	ฝ่ายตรวจผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมฯ สทก.	4,657,307,503
	งานตรวจรถยนต์สดข. สทก.	272,577,050
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 3 สทก.	2,500,940,003
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 4 สทก.	3,796,823,318
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 5 สทก.	3,307,933,043
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 6 สทก.	4,467,114,998
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 7 สทก.	2,166,355,944

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เดือน	สถานที่ตรวจปล่อย	มูลค่านำเข้าเงินบาท
6	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 8 สทก.	1,449,445,605
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 9 สทก.	1,719,931,551
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 11 สทก.	3,639,225,578
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 13 สทก.	2,582,792,412
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 15 สทก.	1,515,410,856
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 16 สทก.	2,574,016,818
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 17 สทก.	3,309,654,076
	รวม:	83,793,719,987
7	ฟทต.1 สดข.สทก.	24,095,862,797
	ฟทต.2 สดข.สทก.	22,782,534,064
	ฝ่ายตรวจผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมฯสทก.	5,347,805,084
	งานตรวจรถยนต์สดข. สทก.	254,697,821
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 3 สทก.	2,169,858,912
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 4 สทก.	3,504,248,957
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 5 สทก.	3,275,988,745
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 6 สทก.	3,382,837,559
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 7 สทก.	1,909,196,729
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 8 สทก.	1,530,642,015
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 9 สทก.	2,112,834,015
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 11 สทก.	3,408,675,019
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 13 สทก.	2,841,140,580
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 15 สทก.	2,045,547,502
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 16 สทก.	1,639,602,572
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 17 สทก.	3,645,550,677

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เดือน	สถานที่ตรวจปล่อย	มูลค่านำเข้าเงินบาท
7		รวม: 83,947,023,048
8	ฟตต.1 สดข.สทก.	29,028,956,031
	ฟตต.2 สดข.สทก.	23,165,568,934
	ฝ่ายตรวจผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมฯสทก.	3,959,696,249
	งานตรวจรถยนต์สดข. สทก.	327,853,836
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 3 สทก.	2,460,070,746
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 4 สทก.	3,530,133,386
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 5 สทก.	3,220,161,322
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 6 สทก.	3,311,660,723
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 7 สทก.	2,306,513,202
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 8 สทก.	1,365,074,297
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 9 สทก.	1,451,061,331
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 11 สทก.	3,576,819,665
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 13 สทก.	3,361,412,504
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 15 สทก.	3,636,903,354
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 16 สทก.	2,469,786,129
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 17 สทก.	3,228,042,499
		รวม: 90,399,714,208
9	ฟตต.1 สดข.สทก.	28,770,083,853
	ฟตต.2 สดข.สทก.	21,386,341,558
	ฝ่ายตรวจผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมฯสทก.	4,819,130,614
	งานตรวจรถยนต์สดข. สทก.	266,795,528
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 3 สทก.	2,267,621,862
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 4 สทก.	3,291,188,655

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เดือน	สถานที่ตรวจปล่อย	มูลค่านำเข้าเงินบาท
9	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 5 สทก.	2,665,483,588
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 6 สทก.	3,581,389,364
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 7 สทก.	1,745,981,444
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 8 สทก.	1,551,169,159
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 9 สทก.	1,742,341,553
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 11 สทก.	3,072,671,573
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 13 สทก.	3,448,572,672
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 15 สทก.	3,699,603,475
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 16 สทก.	2,723,593,561
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 17 สทก.	2,910,704,960
	รวม:	87,942,673,419
10	ฟอท.1 สดข.สทก.	25,857,463,580
	ฟอท.2 สดข.สทก.	22,325,195,853
	ฝ่ายตรวจผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมฯสทก.	4,184,600,981
	งานตรวจรถยนต์สดข. สทก.	276,882,444
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 3 สทก.	2,105,300,379
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 4 สทก.	2,916,717,535
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 5 สทก.	3,541,833,157
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 6 สทก.	2,384,670,069
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 7 สทก.	1,550,222,693
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 8 สทก.	1,946,594,777
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 9 สทก.	1,591,599,090
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 11 สทก.	2,997,958,847
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 13 สทก.	3,087,981,829

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

เดือน	สถานที่ตรวจปล่อย	มูลค่านำเข้าเงินบาท
10	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 15 สทก.	3,304,979,378
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 16 สทก.	2,826,859,506
	ฝ่ายตรวจสินค้าขาเข้ารพส. 17 สทก.	3,061,376,967
		รวม: 83,960,237,085
		รวมทั้งหมด: 830,091,297,998
ที่มา: กรมศุลกากร, 2553		



ตารางผนวกที่ 3 ESTIMATED FOREIGN FLAG CONTAINERSHIP COSTS, ITF APPROVED
- OPEN REGISTRY - 7 YEARS OLD - DIESEL SHIP

	(FY1999 PRICE LEVELS)	(In this study)
TEU	600	600
DWT	9,000	9,000
Annual Capital Cost	1,834,759	2,459,311
Crew Cost	701,135	939,801
Lubes & Stores	229,401	307,489
Maintenance & Repair	483,084	647,526
Insurance	314,233	421,198
Administration	101,053	135,451
Fixed Annual Op Cost	1,828,906	2,451,466
Total Annual Fixed Cost	3,663,665	4,910,777
Total Daily Fixed Cost	10,468	14,031
Daily Fuel Cost at Sea	2,255	9,088
Daily Fuel Cost in Port	384	1,548
Daily Total Cost at Sea	12,722	23,119
Daily Total Cost in Port	10,852	15,579
Hourly Total Cost at Sea	530	963
Hourly Total Cost in Port	452	649

ที่มา: The U.S. Army Corps of Engineers

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล

นางสาวธมรวัธ ต่อทีมะ

วัน เดือน ปี ที่เกิด

วันที่ 2 เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2529

สถานที่เกิด

จังหวัดพังงา

ประวัติการศึกษา

เศรษฐศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

