บทที่ 3

โครงร่างแบบจำลองที่ใช้ศึกษา

การศึกษาในบทนี้จะแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนแรกเป็นการศึกษาแนวความคิดลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง ส่วนที่สองเป็นแบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมมิ่งที่ใช้วิเคราะห์แบบแผนการจัดการเดินรถที่เหมาะสม และส่วนที่สามเป็นการวิเคราะห์ ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) เพื่อหาแบบแผนการจัดการเดินรถที่เหมาะสม เมื่อค่าตัวแปร และ/หรือ ข้อจำกัดต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไป

3.1 ลักษณะแบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมมิ่งโดยทั่วไป

3.1.1 แนวความคิดลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง

ในทางเศรษฐศาสตร์นั้นถือว่า ปัญหาต่าง ๆ เกิดขึ้นเนื่องจากความจำกัดหรือขาดแคลนทรัพยากร ที่จะนำมาใช้ทำการผลิตสินค้าและบริการ ดังนั้น หน่วยการผลิตต่าง ๆ จึงพยายามจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ใช้ทำการผลิตสินค้าและบริการเพื่อให้ได้ผลตอบแทนสูงที่สุดหรือใช้ต้นทุนต่ำสุด ปัญหาก็คือ จะจัดสรรทรัพยากรต่าง ๆ อย่างไร ทำการผลิตสินค้าและบริการประเภทใดและจำนวนเท่าใด กฎและทฤษฎีทางเศรษฐศาสตร์ต่าง ๆ ส่วนใหญ่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ไขในปัญหาเหล่านี้ สำหรับลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง (Linear Programming) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่เหมาะสมที่ใช้วางแผนการผลิตและการจัดการของหน่วยธุรกิจ ทั้งนี้ เพราะปัญหาพื้นฐานในทางเศรษฐศาสตร์ของหน่วยผลิตต่าง ๆ มีลักษณะสอดคล้องกับวิธีการวิเคราะห์ปัญหาของลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง ตลอดจนคำตอบที่ได้จากการใช้ลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง สามารถบอกให้ทราบได้ว่า ควรจัดสรรปัจจัยการผลิตหรือทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัดนั้น ไปทำการผลิตสินค้าต่าง ๆ เป็นจำนวนเท่าใดและได้กำไรสูงสุดหรือใช้ต้นทุนต่ำสุด เป็นจำนวนเท่าใด [1]

เครื่องมือลิเนียร์โปรแกรมมิ่งนี้ เป็นวิธีที่รู้จักกันมาตั้งแต่สมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยนักคณิตศาสตร์ ชื่อ ยอร์จ บี. แดนซิก (George B. Dantzig) ซึ่งเป็นผู้คิดค้นลิเนียร์

---

[1] ไพฑูรย์ รอดวินิจ, ลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง " LP " กับปัญหาเศรษฐศาสตร์เกษตร, ภาควิชาเศรษฐศาสตร์เกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (โรเนียว) , 2522, หน้า 4.

โปรแกรมมิ่งด้วยวิธีซิมเพลกซ์ (Simplex Method) หลังจากนั้น ต่อมาก็ได้มีการพัฒนาเทคนิคในการคำนวณให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จนสามารถนำวิธีลิเนียร์โปรแกรมมิ่งไปประยุกต์ใช้กับปัญหาในการวางแผนการดำเนินงานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

3.1.2 ข้อสมมุติฐาน

การวิเคราะห์แบบจำลองด้วยลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง จะต้องอยู่ภายใต้ข้อสมมุติฐาน (Assumption of Linear Programming) ดังนี้ [2]

1. ความสัมพันธ์ระหว่างข้อจำกัดต่าง ๆ (Restriction) กับกิจกรรมการผลิตและการจัดการต่าง ๆ (Activity) จะต้องเป็นแบบเส้นตรง (Linear Function) หรือมีสัดส่วนคงที่และปัจจัยการผลิตต่าง ๆ จะต้องไม่มีค่าเป็นลบ

2. ในระหว่างข้อจำกัดต่าง ๆ และกิจกรรมการผลิตต่าง ๆ ต้องไม่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน (Non-Interaction)

3. จำนวนข้อจำกัดและกิจกรรมการผลิต การจัดการต่าง ๆ สามารถแบ่งเป็นหน่วยย่อย ๆได้ (Divisibility)และต่อเนื่อง (Continuous) หรืออาจอยู่ในรูปของเศษส่วน

4. ค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficient) หรือค่าสหสัมพันธ์ระหว่างข้อจำกัดกับกิจกรรมการผลิต การจัดการต่าง ๆ มีค่าคงที่แน่นอน (Certainty) ไม่ผันแปรเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา (Static Time Period)

3.1.3 ลักษณะการเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยทั่วไป

เครื่องมือลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง เป็นวิธีทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ เพื่อหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดของเป้าหมายที่ตั้งไว้ภายใต้ภาวะการณ์และเงื่อนไขบางประการ ซึ่งเป้าหมายนั้นอยู่ในรูปของสมการเส้นตรง (Linear Equation) สำหรับเงื่อนไขนั้นอาจอยู่ในรูปสมการหรืออสมการ ทั้งนี้เครื่องมือลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง ประกอบด้วยโครงสร้าง 3 ส่วนด้วยกัน คือ [3]

---

[2] F. S. Hiller, and G.T. Lieberman, Introduction to Operation Research, 3rd ed. (San Francisco : Holden - Day Inc.,1980) pp.3-4.

[3] สุวรรณา ธุวโชติ, เอกสารประกอบการสอนวิชา วิธีวิเคราะห์เชิงปริมาณ สำหรับการจัดการธุรกิจสหกรณ์. ภาควิชาสหกรณ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2524, หน้า 61.

1. ส่วนเป้าหมาย (Objective Function) แสดงถึงวัตถุประสงค์และจุดมุ่งหมายของกระบวนการว่าต้องการหาค่าสูงสุด (Maximize) หรือค่าต่ำสุด (Minimize) อยู่ในรูปแบบสมการ (Function) เส้นตรง

2. ส่วนเงื่อนไข (Side Constraints or Restrictions) แสดงขอบเขตหรือขีดจำกัดของปัจจัยแต่ละชนิด อยู่ในรูปสมการและ หรือ/อสมการเส้นตรง

3. ส่วนตัวแปร (Decision Variables) แสดงตัวแปรซึ่งเป็นค่าคำตอบของกระบวนการเชิงเส้นว่า ประกอบด้วยตัวแปรใดบ้าง และแสดงเงื่อนไขของตัวแปรด้วยว่าจะต้องเป็นค่าบวกเสมอ จะเป็นค่าทางลบไม่ได้ (Non-Negative)

การใช้เครื่องมือลิเนียร์โปรแกรมมิ่งเพื่อให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ได้ 2 ลักษณะคือ ต้องการให้ได้ค่าสูงสุด(Maximization) และต้องการให้ได้ค่าต่ำสุด(Minimization)

1.)รูปแบบทั่วไปสำหรับปัญหาที่ต้องให้ได้ค่าสูงสุด (Maximization)

สมการวัตถุประสงค์

$$\text{OBJECTIVE FUNCTION ==> MAX.Z} \quad P_1X_1+P_2X_2+\dots\dots+P_nX_n$$

$$\text{SUBJECT TO} \quad A_{11}X_1+A_{12}X_2+\dots\dots+A_{1n}X_n \leqslant B_1$$

$$A_{21}X_1+A_{22}X_2+\dots\dots+A_{2n}X_n \leqslant B_2$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots$$

$$A_{m1}X_1+A_{n2}X_2+\dots\dots+A_{mn}X_n \leqslant B_m$$

$$X_1 \geqslant 0,\ X_2 \geqslant 0,\dots\dots\dots X_n \geqslant 0$$

หรือ

$$\text{OBJECTIVE FUNCTION ==> MAX.Z} \quad \sum_{j=1}^{n} P_jX_j$$

$$\text{SUBJECT TO} \quad \sum_{j=1}^{n} A_{ij}X_j \leqslant B_j$$

$i=1,2,\dots\dots,m$ และ $X_j \geqslant 0 (j=1,2,\dots\dots,n)$

โดยกำหนดให้ Z = กำไรสูงสุดหรือรายได้สุทธิในการทำกิจกรรมต่างๆ

X_j = กิจกรรมการผลิตหรือการจัดการชนิดที่ j ทำขึ้น

P_j = กำไรสุทธิหรือรายได้สุทธิต่อหน่วยของกิจกรรมชนิดที่ j ที่ทำขึ้น

A_{ij} = จำนวนปัจจัยการผลิตหรือข้อจำกัดที่ i ที่ต้องการใช้ หรือมีขึ้นเนื่องจากการทำกิจกรรมที่ j จำนวนหนึ่งหน่วย

B_i = จำนวนข้อจำกัดของปัจจัยหรือข้อจำกัดที่ i

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.)รูปแบบทั่วไปสำหรับปัญหาที่ต้องให้ได้ค่าต่ำสุด (Minimization)

สมการวัตถุประสงค์

$$\text{OBJECTIVE FUNCTION} \Rightarrow \text{MIN.C.} \quad C_1X_1+C_2X_2+\ldots\ldots\ldots+C_mX_n$$

$$\text{SUBJECT TO} \quad B_{11}X_1+B_{12}X_2+\ldots\ldots\ldots B_{1n}X_n \geq D_1$$

$$B_{21}X_1+B_{22}X_2+\ldots\ldots\ldots B_{2n}X_n \geq D_2$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$B_{m1}X_1+B_{m2}X_2+\ldots\ldots\ldots B_{mn}X_n \geq D_m$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, \ldots\ldots\ldots X_n \geq 0$$

หรือ

$$\text{OBJECTIVE FUNCTION} \Rightarrow \text{MIN.C.} \quad \sum_{j=1}^{n} C_jX_j$$

$$\text{SUBJECT TO} \quad \sum_{j=1}^{n} B_{ij}X_j \geq D_i$$

$$i=1,2,\ldots\ldots\ldots,m \text{ และ } x_j \geq 0 \ (j=1,2,\ldots\ldots,n)$$

โดยกำหนดให้ C = ยอดรวมของต้นทุนในการทำกิจกรรมต่างๆ

x_j = จำนวนกิจกรรมการผลิตและการจัดการชนิดที่ j ที่ทำขึ้น

C_j = ต้นทุนต่อหน่วยของกิจกรรมชนิดที่ j

B_{ij} = จำนวนข้อจำกัดหรือข้อกำหนดชนิดที่ i ที่ต้องการหรือมีขึ้นเนื่องจากการทำกิจกรรมชนิดที่ j เป็นจำนวนหนึ่งหน่วย

D_i = จำนวนข้อจำกัดของข้อกำหนดหรือข้อจำกัดชนิดที่ i

3.2 แบบจำลองที่ใช้วิเคราะห์แบบแผนการจัดการเดินรถที่เหมาะสม

แบบแผนการจัดการเดินรถ หมายถึง แบบแผนของการวางระบบการจัดการเดินรถในแต่ละวันบนพื้นที่ที่กำหนดให้ ซึ่งแบบแผนการจัดการเดินรถนี้ต้องสอดคล้องกันกับสภาพของช่วงเวลาความต้องการของตลาด ขนาดของรถที่ให้บริการ และระยะเวลาในการรอคอยของผู้โดยสารด้วย ฯลฯ

3.2.1 การสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์แบบแผนของการวางระบบการจัดการเดินรถด้วยลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง

ในการศึกษารูปแบบการจัดการเดินรถที่เหมาะสมของกองเดินรถที่ 1 เขตการเดินรถที่ 3 ได้สร้างแบบจำลองลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การจัดสรรยอดรถ

(Bus Allocation) และจำนวนเที่ยววิ่งโดยเลือกจัดการเดินรถลงในแต่ละสายภายใต้จำนวนของยอดรถที่ทางกองเดินรถที่ 1 มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อให้มีต้นทุนรวมต่ำสุด แบบจำลองที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือทดลองซึ่งจำลองความเป็นจริงออกในรูปสมการ หรืออสมการทางคณิตศาสตร์ให้มีลักษณะใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง เพื่อดูถึงแบบแผนการจัดการเดินรถที่เหมาะสม

การศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการจัดการเดินรถออกเป็น 5 สาย ตามสภาพเส้นทางเดินรถในปัจจุบัน ดังนี้ คือ สาย 25* ปากน้ำ-วัดธาตุทอง เป็นสายเดินรถที่วิ่งระหว่างชานเมือง-เมือง โดยใช้รถที่มีขนาดเล็ก (ยาว 10 ม.) สาย 25 ปากน้ำ-ท่าช้าง เป็นสายเดินรถที่วิ่งระหว่างชานเมือง-เมือง โดยใช้รถที่มีขนาดใหญ่ (ยาว 12 ม.) สาย 142 ปากน้ำ-วัดเลา เป็นสายการเดินรถที่วิ่งระหว่างชานเมือง-ชานเมือง ใช้รถที่มีขนาดเล็ก (ยาว 10 ม.) วิ่งขึ้นทางด่วน สาย 145* สายลวด-บางกะปิ เป็นสายการเดินรถที่วิ่งระหว่าง ชานเมือง-ชานเมือง โดยใช้รถที่มีขนาดเล็ก (ยาว 10 ม.) และสาย 145 สายลวด-สวนจตุจักร เป็นสายการเดินรถที่วิ่งระหว่างชานเมือง-เมือง โดยใช้รถที่มีขนาดใหญ่ (ยาว 12 ม.)

สำหรับช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ได้แบ่งออกเป็น 2 ช่วง [4] คือ ช่วง Peak และช่วง Non-Peak Period ทั้งนี้เพื่อให้มีความเหมาะสมกับกิจกรรมการเดินรถ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา สำหรับช่วง Peak และNon-Peak Period ของแต่ละสาย จะแตกต่างกัน ซึ่งมีสาเหตุมาจากสถานประกอบการที่รถแต่ละเส้นทางวิ่งผ่าน เช่น เส้นทางที่วิ่งผ่านย่านโรงงานอุตสาหกรรมและเส้นทางที่วิ่งผ่านย่านธุรกิจ นอกจากนี้ เวลาที่รถแต่ละเส้นทางเริ่มและเลิกวิ่ง ก็ต่างกันด้วย โดยรายละเอียดในแต่ละช่วงเวลาของเส้นทางเดินรถแต่ละสาย มีดังนี้

1.)ช่วง Peak Period

โดยช่วง Peak Period ของแต่ละสายแตกต่างกันออกไปดังรายละเอียดต่อไปนี้

-สาย 25*(ปากน้ำ-วัดธาตุทอง)มีช่วงPeak Period ตั้งแต่ 06.30-09.30 และ16.30-19.30 น.รวมระยะเวลาในช่วงนี้ เท่ากับ 360 นาที

-สาย 25 (ปากน้ำ-ท่าช้าง) มีช่วง Peak Period ตั้งแต่ 07.00-09.30 และ 16.30-20.00 น.รวมระยะเวลาในช่วงนี้ เท่ากับ 360 นาที

-สาย 142 (ปากน้ำ-วัดเลา)มีช่วง Peak Period ตั้งแต่ 06.00-08.00 และ17.00-19.30 น.รวมระยะเวลาในช่วงนี้ เท่ากับ 270 นาที

---

[4] สำหรับหลักเกณฑ์ในการจัดแบ่งเวลาเข้าอยู่ในช่วง Peak หรือ Non-Peak period นั้น ดูจากจำนวนของผู้โดยสารที่มาใช้บริการ โดย

1) ผู้โดยสารนั่งและยืนเต็มคัน ตลอดจนมีการห้อยโหน จัดอยู่ในช่วง Peak Period

2) ผู้โดยสารนั่งและยืนไม่เต็มคัน จัดอยู่ในช่วง Non-Peak Period

-สาย 145*(สายลวด-บางกะปิ)มีช่วง Peak Period ตั้งแต่ 07.00-09.30 และ 16.30-19.30 น.รวมระยะเวลาในช่วงนี้ เท่ากับ 330 นาที

-สาย 145 (สายลวด-สวนจตุจักร) มีช่วง Peak Period ตั้งแต่ 06.30-09.30 และ 16.30-20.00 น.รวมระยะเวลาในช่วงนี้ เท่ากับ 390 นาที

2.)ช่วง Non-Peak Period

โดยช่วง Non-Peak Period ของแต่ละสายแตกต่างกันออกไป ดังนี้

-สาย 25*(ปากน้ำ-วัดธาตุทอง)มีช่วง Non-Peak Period ตั้งแต่ 04.30-06.30 09.30-16.30 และ 19.30-22.30 น.รวมระยะเวลาในช่วงนี้ เท่ากับ 720 นาที

-สาย 25 (ปากน้ำ-ท่าช้าง) มีช่วง Non-Peak Period ตั้งแต่ 04.00-07.00 09.30-16.30 และ20.00-23.00 น.รวมระยะเวลาในช่วงนี้ เท่ากับ 780 นาที

-สาย 142 (ปากน้ำ-วัดเลา) มีช่วง Non-Peak Period ตั้งแต่ 04.30-06.00 08.00-17.30 และ 19.30-21.00 น.รวมระยะเวลาในช่วงนี้ เท่ากับ 870 นาที

-สาย 145*(สายลวด-บางกะปิ)มีช่วง Non-Peak Period ตั้งแต่ 04.30-07.00 09.30-16.30 และ 19.30-21.00 น.รวมระยะเวลาในช่วงนี้ เท่ากับ 750 นาที

-สาย 145 (สายลวด-สวนจตุจักร) มีช่วง Non-Peak Period ตั้งแต่ 04.30-06.30 09.00-16.30 และ 20.00-21.30 น.รวมระยะเวลาในช่วงนี้เท่ากับ 720 นาที

3.2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการวิเคราะห์การจัดการเดินรถในแต่ละเส้นทางด้วยเครื่องมือลิเนียร์โปรแกรมมิ่ง

จากวิธีการศึกษาของ William Vickery and Herbert Mohring ในเรื่องที่เกี่ยวกับการหาจำนวนรถและความถี่ที่เหมาะสมในการจัดออกวิ่ง โดยใช้วิธี ที่เรียกว่า Square-Root Formula [5] พบว่า ต้นทุนรวม (Total Cost) ประกอบไปด้วยต้นทุน 2 ฝ่าย คือ ต้นทุนของฝ่ายผู้ผลิต (Producer Cost) และ ต้นทุนของฝ่ายผู้บริโภค (Consumer Cost)[6] ซึ่งมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

---

[5] Jan Owen Jansson , Transport System Optimization and Pricing, (Great Britain at The Pitman Press , Bath ,1984.) pp.87-89.

[6]ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้ต้นทุนรวม เท่ากับ ต้นทุนของฝ่ายผู้ผลิต+ต้นทุนของฝ่ายผู้บริโภคเท่านั้น สาเหตุที่ไม่นำต้นทุนที่มีผลกระทบต่อสังคม เช่นต้นทุนในการแก้ปัญหามลภาวะอันเนื่องมาจากการเดินรถฯลฯเข้ามาเกี่ยวข้อง เนื่องมาจากปัญหาทางด้านข้อจำกัดของเวลาในการศึกษา

3.2.2.1 ต้นทุนฝ่ายผู้ผลิต สำหรับต้นทุนทางฝ่ายผู้ผลิตนั้น หมายถึงต้นทุนในการจัดเดินรถ ซึ่งประกอบไปด้วยต้นทุน 2 ประเภท คือ ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) และ ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) โดยมีรายละเอียด ดังนี้ คือ

1.) ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) หมายถึงต้นทุนที่ไม่ผันแปรไปตามการเดินรถแต่ละเที่ยว เป็นต้นทุนที่เกิดขึ้นและแปรผันตามจำนวนรถ(คัน) ที่มีไว้เพื่อการบริการ ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1) ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพนักงานประจำรถ ประเภทเงินเดือนผลประโยชน์ตอบแทนและสวัสดิการพนักงาน [7]

1.2) ค่าเช่ารถยนต์โดยสารประจำทาง

---

[7] สำหรับพนักงานประจำรถ สามารถจำแนกตามประเภทของงาน ดังนี้

1)พนักงานขับรถ สามารถแบ่งออกตามสัญญาการจ้าง คือ

1.1)พนักงานขับรถรายเดือน(ระบบเก่า) มีรายได้จากการขับรถประมาณ 8,394 บาท/เดือน

1.2)พนักงานขับรถรายเดือน(ระบบใหม่) มีรายได้จากการขับรถประมาณ 6,267 บาท/เดือน

1.3)พนักงานขับรถรายวัน มีรายได้จากการขับรถประมาณ 8,784 บาท/เดือน

1.4)พนักงานขับรถทดลองงาน มีรายได้จากการขับรถประมาณ 6,082 บาท/เดือน

2)พนักงานเก็บค่าโดยสาร สามารถแบ่งออกตามสัญญาการจ้าง คือ

2.1)พนักงานเก็บค่าโดยสารรายเดือน(ระบบเก่า) มีรายได้จากการเก็บค่าโดยสารประมาณ 6,039 บาท/เดือน

2.2)พนักงานเก็บค่าโดยสารรายเดือน(ระบบใหม่) มีรายได้จากการเก็บค่าโดยสารประมาณ 4,550 บาท/เดือน

2.3)พนักงานเก็บค่าโดยสารรายวัน มีรายได้จากการเก็บค่าโดยสารประมาณ 6,309 บาท/เดือน

2.4)พนักงานเก็บค่าโดยสารทดลองงาน มีรายได้จากการเก็บค่าโดยสารประมาณ 3,906 บาท/เดือน

หมายเหตุ : ในช่วงตั้งแต่เริ่มตั้งจนถึงปีงบประมาณ 2531 ทางองค์การฯจัดจ้างพนักงานขับรถและพนักงานเก็บค่าโดยสารเป็นแบบระบบเก่า แต่มีการพิจารณาปรับปรุงค่าจ้างแรงงานในปีงบประมาณ 2531 จึงจัดจ้างเป็นแบบระบบใหม่

1.3) ค่าพิมพ์ตั๋วรถยนต์โดยสารประจำทาง

1.4) ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมและบำรุงรักษา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2ส่วนคือ

1.4.1)การซ่อมแซมและบำรุงรักษา เป็นค่าใช้จ่ายคงที่เพราะทางกองเดินรถที่ 1 ใช้วิธีจ้างเหมาจ้างบริษัทเอกชนซ่อมแซมรถยนต์โดยสารประจำทางที่มีอยู่ ทั้งหมดโดยกำหนดอัตราค่าจ้างซ่อมแซมไว้ในสัญญาซึ่งเป็นอัตราที่แน่นอน ดังนั้นถึงแม้ว่า จะไม่นำรถวิ่งออกบริการ แต่จำเป็นต้องจ่ายค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาให้บริษัทผู้รับเหมาซ่อมแซมตามอัตราที่ตกลงกันไว้

1.4.2)ค่าวิ่งกิโลเมตรเกินกำหนด เป็นค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาอีกส่วนหนึ่งที่ ต้องจ่ายเพิ่มตามสัญญาให้บริษัทผู้รับเหมาซ่อมแซมในกรณีที่ทางกอง ใช้รถวิ่งเกินระยะทางที่กำหนดไว้ในแต่ละเดือน(ใช้วิธีรวมระยะทางที่วิ่งทั้งหมด) โดยค่าซ่อมแซมและบำรุงรักษาส่วนนี้จะจ่ายให้บริษัทตามระยะทางที่ได้ใช้รถเกินกว่าข้อกำหนด

1.5) ค่าเสื่อมราคารถยนต์โดยสาร

1.6) ค่าใช้จ่ายในการเดินรถอื่น ๆ

1.7) ค่าใช้จ่ายในสำนักงานต่าง ๆ

ค่าใช้จ่ายทุกรายการข้างต้นนี้ ถือว่าเป็นต้นทุนคงที่ เพราะว่าค่าใช้จ่ายในข้อ 1.1 1.2 และ 1.3 เป็นค่าใช้จ่ายที่แปรผันไปตามระยะเวลาในการปฏิบัติงาน กล่าวคือถ้าระยะเวลาในการปฏิบัติงานมาก ค่าใช้จ่ายในรายการนี้จะมากตามไปด้วย หรือในกรณีของค่าเช่ารถยนต์โดยสารประจำทาง ซึ่งเช่าเหมาเป็นรายวัน หมายความว่า ในแต่ละวัน รถออกวิ่งได้ในระยะเวลาเท่าใด ก็ต้องจ่ายค่าเช่ารถเต็มวัน กล่าวคือถ้า ผู้ให้เช่ารถสามารถนำรถออกวิ่งให้บริการมาก ค่าใช้จ่ายในรายการนี้ก็จะมากตามไปด้วย (ตามสัญญาการเช่ารถระหว่างองค์การฯ กับผู้ให้เช่ารถ กำหนดให้ ผู้ให้เช่ารถ ต้องนำรถออกให้เช่าได้ร้อยละ 95 จากจำนวนรถที่ได้ทำสัญญาโดยถ้าไม่สามารถทำได้ตามสัญญา จะถูกปรับไปตามอัตราที่ได้ตกลงกัน)

ส่วนค่าใช้จ่ายในข้อ 1.4 1.5 1.6 และ 1.7 นั้นเป็นค่าใช้จ่ายที่คงที่ เพราะไม่ว่าจะนำรถออกวิ่งหรือไม่ ทางกองก็จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในรายการเหล่านี้

ในปีงบประมาณ 2532 ทางองค์การฯ ได้จัดทำตารางต้นทุนมาตราฐานของรถโดยสารต่อคันต่อวัน จำแนกตามขนาดและยี่ห้อของรถ ซึ่งรวมค่าใช้จ่ายทุกรายการของแต่ละเขตการเดินรถมาไว้ด้วยกัน ดังตารางที่ 3.1

ในการศึกษาครั้งนี้ มีการแยกต้นทุนออกเป็นต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร ซึ่งในตารางที่ 3.1 เป็นการรวมทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร เพราะฉะนั้นในการดูแค่ต้นทุนคงที่แต่เพียงอย่างเดียว ต้องมีการหักต้นทุนผันแปรคือค่าน้ำมันเชื้อเพลิงออกโดยค่าน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเฉลี่ย/คัน/วัน จากข้อมูลในปีงบประมาณ 2532 พบว่า รถเบนซ์ (ประเภทรถครีม-น้ำเงิน ขนาดความยาว 10

ตารางที่ 3.1 แสดงต้นทุนมาตราฐาน/คัน/วัน ในปีงบประมาณ 2532 (ตุลาคม 2531-กันยายน2532)
ขององค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ (หน่วย : บาท)

เขต	รถครีม-น้ำเงิน							เฉลี่ย	รถครีม-แดง			เฉลี่ย
	ขนาด 10 ม.				ขนาด 12 ม.				ขนาด 10 ม.	ขนาด 12 ม.		
	รถเก่า	ฮีโน่	อีซูซุ	เบนซ์	ฮีโน่	อีซูซุ	เบนซ์		ฮีโน่	อีซูซุ	เดวู	
1	-	2512	2482	-	2640	2711	-	2600	2847	2719	-	2798
2	1876	2223	-	-	2498	-	-	2189	3014	-	2744	2889
3	-	-	-	2105	2381	-	-	2231	2575	-	2657	2644
4	-	2094	-	-	2324	-	-	2167	2778	-	2964	2925
5	1670	2150	-	2020	2462	-	2484	2047	-	-	2702	2702
6	-	-	-	2216	-	-	2836	2405	-	-	3118	3118
8	-	-	2559	-	-	2869	-	2802	-	2788	-	2788
9	-	-	2084	-	-	2250	-	2137	-	2365	-	2365
10	1990	2228	-	-	2594	-	-	2235	2679	-	-	2679
รวม	1815	2199	2252	2130*	2426*	2665	2700	2285	2852*	2618	2837	2775

ที่มา : สำนักอำนวยการเดินรถ องค์การขนส่งมวลชนกรุงเทพ

หมายเหตุ : ข้อมูล * แสดงถึง ข้อมูลที่มีการนำไปใช้ในวิทยานิพนธ์นี้
รายละเอียดในการคำนวณ แสดงไว้ในภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมตร) รถฮีโน่(ประเภทรถครีม-น้ำเงิน ขนาดความยาว 12 เมตร)และรถฮีโน่ (ประเภทรถครีม -แดงขนาดความยาว 10 เมตร) มีค่าใช้จ่ายของน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเฉลี่ย เท่ากับ 360 432 และ 533 บาท/คัน/วัน[8] ตามลำดับ ซึ่งทำให้ต้นทุนคงที่/คัน/วัน ของรถประเภทดังกล่าวข้างต้น เท่ากับ 1,770 1,994 และ 2,319 บาท ตามลำดับ แต่ในการนำต้นทุนคงที่/คัน/วัน ของปีงบประมาณ 2532 มาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้มีการปรับค่าใช้จ่ายคงที่/คัน/วันเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 จากปีงบประมาณ 2532 ทั้งนี้เนื่องจาก ในช่วงปีงบประมาณ 2533 และ 2534 มีการปรับเงินเดือนของพนักงานทั้งตามปกติและกรณีพิเศษ ประกอบกับค่าใช้จ่ายในบางรายการ เช่น ค่าเหมาซ่อมรถยนต์โดยสาร ค่าเช่ารถยนต์โดยสาร ค่าเช่าสถานที่และอื่น ๆ เพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยร้อยละ 20 ดังนั้น ผลการคำนวณหาต้นทุนคงที่ในแต่ละสาย ในแต่ละช่วงเวลาของกองเดินรถที่ 1 เขตการเดินรถที่ 3 จึงสามารถแสดงให้เห็นได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงต้นทุนคงที่/คัน/วัน ของแต่ละเส้นทางการเดินรถ

หน่วย:บาท

สาย	จุดต้นทางและจุดปลายทาง	ช่วงเวลา	ต้นทุนคงที่/คัน/วัน
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Peak Period	2,124
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Non-Peak Period	2,124
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Peak Period	2,393
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Non-Peak Period	2,393
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Peak Period	2,782
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Non-Peak Period	2,782
145*	สายลวด-บางกะปิ	Peak Period	2,124
145*	สายลวด-บางกะปิ	Non-Peak Period	2,124
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Peak Period	2,393
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Non-Peak Period	2,393

ที่มา : จากการคำนวณและตารางที่ 3.1

หมายเหตุ : ข้อมูลเดือนมกราคม 2534

---

[8] เอกสารประกอบการคำนวณต้นทุนมาตราฐาน/คัน/วัน ในปีงบประมาณ 2532 (ตุลาคม 2531-กันยายน 2532), หน้า 10.

จากตารางที่ 3.2 จะเห็นได้ว่า ต้นทุนคงที่ในแต่ละช่วงเวลา Peak and Non-Peak Period ของเส้นทางการเดินรถในแต่ละสายจะเท่ากัน ทั้งนี้เพราะไม่ว่ารถจะออกวิ่งในเวลาเท่าใด ต้นทุนคงที่ของรถจะคงที่ตลอดเวลา โดยต้นทุนคงที่/คัน/วัน ของเส้นทางการเดินรถสาย 25* 25 142 145* และสาย 145 มีจำนวนเท่ากับ 2,124 2,393 2,782 2,124 และ 2,393 บาท ตามลำดับ

2).ต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) หมายถึง ต้นทุนที่แปรผันไปตามการเดินรถแต่ละเที่ยว กล่าวคือ ถ้ารถออกวิ่งได้เที่ยวสูง ค่าใช้จ่ายในรายการนี้ก็จะสูงตามไปด้วย ซึ่งค่าใช้จ่ายในรายการนี้มีเพียงประเภทเดียวคือ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง โดยทางกองเดินรถที่ 1 ซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงในราคา 8.32 บาท/ลิตร (ปกติราคาค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 8.29 บาท/ลิตร) แต่เนื่องจากทางกองเดินรถที่ 1 อยู่นอกเขตกรุงเทพ ฯ ทางการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยจึงคิดเพิ่มค่าขนส่งอีก 0.03 บาท/ลิตร) สำหรับต้นทุนแปรผันในแต่ละสาย ในแต่ละช่วงเวลาสามารถแสดงให้เห็นได้ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงต้นทุนแปรผันของแต่ละสาย

หน่วย:บาท

สาย	จุดต้นทางและจุดปลายทาง	ช่วงเวลา	ต้นทุนแปรผัน/เที่ยว
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Peak Period	45.63
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Non-Peak Period	42.61
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Peak Period	134.141
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Non-Peak Period	109.75
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Peak Period	104.60
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Non-Peak Period	95.20
145*	สายลวด-บางกะปิ	Peak Period	67.26
145*	สายลวด-บางกะปิ	Non-Peak Period	60.23
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Peak Period	150.10
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Non-Peak Period	124.65

ที่มา : คำนวณจากใบประกอบรายงาน ขสมก. 1-03 และตารางที่ 3.4

หมายเหตุ : ข้อมูลของเดือนมกราคม 2534

จะเห็นได้ว่า ต้นทุนแปรผัน/เที่ยวของในแต่ละสาย แต่ละช่วงเวลา มีความแตกต่างกัน

กล่าวคือ ต้นทุนแปรผัน/เที่ยว ในช่วงPeak Period จะสูงกว่าต้นทุนผันแปร/เที่ยว ในช่วง Non-Peak Period ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากเวลาที่รถใช้ไปในการวิ่งบริการในแต่ละช่วงเวลา มีความแตกต่างกัน ซึ่งเวลาที่รถใช้วิ่งบริการ/เที่ยว ในช่วง Peak Period จะมากกว่าเวลาที่รถใช้วิ่งบริการ/เที่ยว/วัน ในช่วง Non-Peak Period (ดังตารางที่ 3.4) เพราะปัญหาการจราจรติดขัด ในช่วง Peak Period จะมีมากกว่าโดยเปรียบเทียบกันในช่วง Non-Peak Period แต่เนื่องจากทุกเส้นทางที่ทำการศึกษาเป็นสายที่เดินรถในเขตชานเมือง ทำให้เวลาที่ใช้ในการวิ่ง/เที่ยว ไม่แตกต่างกันมากและสายที่วิ่งเส้นทางสั้น เช่น สาย25*(ปากน้ำ-วัดธาตุทอง) สาย 145*(สายลวด-บางกะปิ) เมื่อมาดูเปรียบเทียบกับ สาย 25(ปากน้ำ-ท่าช้าง) และสาย 145(สายลวด-สวนจตุจักร)ปรากฏว่า ระยะเวลาที่รถใช้วิ่ง/เที่ยวในแต่ละช่วงเวลา ค่อนข้างจะแตกต่างกันน้อยกว่า ทั้งนี้ขึ้นกับ เส้นทางการเดินรถที่ยังวิ่งอยู่รอบนอกของเมือง ทำให้ประสบกับปัญหาการจราจรติดขัดน้อยกว่าโดยเปรียบเทียบ ซึ่งจากสาเหตุของเวลาที่รถใช้ในการวิ่งบริการและประเภทของรถที่มีขนาด อายุการใช้งาน แตกต่างกัน ทำให้ต้นทุนแปรผันของรถแต่ละประเภทแต่ละขนาด แต่ละเส้นทางเดินรถและแต่ละช่วงเวลาแตกต่างกัน โดยต้นทุนแปรผันของสาย 25* (ปากน้ำ-วัดธาตุทอง)ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 45.68 และ 42.66 บาท/เที่ยว ตามลำดับ ส่วนต้นทุนแปรผันของสาย 25(ปากน้ำ-ท่าช้าง) ในช่วง Peak และNon-Peak Period เท่ากับ 134.30 และ 109.88 บาท/เที่ยว ตามลำดับ ต้นทุนแปรผันของสาย 142 (ปากน้ำ-วัดเลา)ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 104.72 และ 95.31 บาท/เที่ยว ส่วนต้นทุนแปรผันของสาย 145* (สายลวด-บางกะปิ) ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 67.34 และ 60.30 บาท/เที่ยว สำหรับต้นทุนแปรผันของสาย 145 (สายลวด-สวนจตุจักร)ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 150.28 และ124.80 บาท/เที่ยว ตามลำดับ

หากพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนของฝ่ายผู้ผลิต (ต้นทุนแปรผัน และต้นทุนคงที่) และต้นทุนรวมแล้ว จะเห็นได้ว่าทั้งต้นทุนคงที่/คัน/วัน และต้นทุนแปรผัน/เที่ยวจะมีการแปรผันในทิศทางเดียวกันกับต้นทุนรวม กล่าวคือ ถ้าต้นทุนคงที่/คัน/วัน และ/หรือ ต้นทุนแปรผัน/เที่ยว เพิ่มขึ้นหรือลดลง ต้นทุนรวมก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามไปด้วย

3.2.2.2 ต้นทุนฝ่ายผู้บริโภค

สำหรับต้นทุนทางฝ่ายผู้บริโภคนั้น ก็คือ ต้นทุนในการใช้บริการรถโดยสารประจำทางทั้งหมดของผู้โดยสาร ซึ่งรวมค่าใช้จ่ายที่ผู้โดยสารเสียไปในรูปของตัวเงิน และค่าใช้จ่ายที่ผู้โดยสารเสียไปในรูปที่ไม่ใช่ตัวเงิน ดังจะได้กล่าวถึงต่อไปนี้

1.) ค่าใช้จ่ายที่ผู้โดยสารเสียไปในรูปของตัวเงิน ซึ่งก็คือค่าโดยสารที่ผู้โดยสาร

ตารางที่ 3.4 แสดงเวลาโดยเฉลี่ยที่รถใช้ในการวิ่งบริการในแต่ละสาย

สาย	จุดต้นทางและจุดปลายทาง	ช่วงเวลา	เวลาเฉลี่ยที่รถใช้วิ่งบริการ (นาที/เที่ยว)
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Peak Period	61.76
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Non-Peak Period	57.89
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Peak Period	125.29
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Non-Peak Period	102.67
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Peak Period	85.80
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Non-Peak Period	78.17
145*	สายลวด-บางกะปิ	Peak Period	69.09
145*	สายลวด-บางกะปิ	Non-Peak Period	61.93
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Peak Period	115.98
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Non-Peak Period	96.17

ที่มา : คำนวณจากใบประกอบรายงาน ขสมก. 1-02

หมายเหตุ : ข้อมูลเดือนมกราคม 2534

ต้องจ่ายให้กับพนักงานเก็บค่าโดยสาร (ได้กล่าวโดยละเอียดแล้วในบทที่ 2)

2.) ค่าใช้จ่ายที่ผู้โดยสารเสียไปในรูปที่ไม่ใช่ตัวเงิน เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการต้องใช้เวลาในการคอยรถโดยสารประจำทาง ถ้าเวลาในการคอยสูง ค่าใช้จ่ายในรายการนี้ก็จะสูงตามไปด้วย และถ้าเวลาในการคอยต่ำ ค่าใช้จ่ายในรายการนี้ก็จะต่ำตามไปด้วย ในทางเศรษฐศาสตร์เรียกว่าเป็นต้นทุนของเวลาที่เสียไป (Opportunity Cost) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากข้อมูลดังต่อไปนี้

2.1) ความถี่ในการปล่อยรถโดยสารประจำทาง ในปัจจุบันทางกองเดินรถที่ 1 ให้บุคคลที่มีตำแหน่งเป็น " นายท่า " ทำหน้าที่ในการปล่อยรถ ณ.ท่าต้นทางและท่าปลายทาง ซึ่งจากการเก็บข้อมูลดังตารางที่ 3.5 ปรากฏว่าในแต่ละสาย แต่ละเส้นทางการเดินรถและแต่ละช่วงเวลา จะมีความถี่ในการปล่อยรถไม่เท่ากัน ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากในแต่ละสาย มียอดรถวิ่งไม่เท่ากัน ในแต่ละเส้นทางเดินรถก็มีระยะยาวและสั้นแตกต่างกัน นอกจากนี้ในแต่ละช่วงเวลามีปัญหาการจราจรเข้ามาเกี่ยวข้องไม่เหมือนกัน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ทำให้ความถี่ในการปล่อยรถแตกต่างกันออกไป

ตารางที่ 3.5 แสดงความถี่ในการปล่อยรถ

สาย	จุดต้นทางและจุดปลายทาง	ช่วงเวลา	ความถี่ในการปล่อยรถ (นาที/คัน)
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Peak Period	4
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Non-Peak Period	6
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Peak Period	7
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Non-Peak Period	10
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Peak Period	6
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Non-Peak Period	10
145*	สายลวด-บางกะปิ	Peak Period	4
145*	สายลวด-บางกะปิ	Non-Peak Period	6
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Peak Period	8
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Non-Peak Period	10

ที่มา : คำนวณจากใบรายงานการปล่อยรถของนายท่า (แบบ ข.52)
หมายเหตุ : ข้อมูลเดือนมกราคม 2534

จากตารางปรากฏว่าความถี่ในการปล่อยรถในช่วง Peak Period ของสาย 25* (ปากน้ำ-วัดธาตุทอง) สาย 25(ปากน้ำ-ท่าช้าง) สาย 142(ปากน้ำ-วัดเลา) สาย 145* (สายลวด-บางกะปิ) และสาย 145 (สายลวด-สวนจตุจักร) เท่ากับ 4 7 6 4 และ 8 นาที/คัน ตามลำดับ ส่วนความถี่ในการปล่อยรถในช่วง Non-Peak Period เท่ากับ 6 10 10 6 และ 10 นาที/คัน ตามลำดับ ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นนี้แสดงให้เห็นว่าสายที่วิ่งในระยะทางค่อนข้างสั้น จะมีความถี่ในการปล่อยรถมากกว่าสายที่วิ่งในระยะยาวมากกว่า หรือสามารถสรุปได้ว่า สายที่วิ่งในระยะทางสั้นกว่า ย่อมมีระยะห่างระหว่างรถแต่ละคันน้อยกว่าตามไปด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับสายที่วิ่งในระยะทางค่อนข้างยาว

จากการศึกษา พบว่า ถ้านายท่าปล่อยรถเร็วขึ้น (มีความถี่สูงขึ้น) ระยะห่างระหว่างรถแต่ละคันจะมีค่าต่ำ ผู้โดยสารก็ใช้เวลาในการคอยค่อนข้างน้อย ต้นทุนในการคอยใช้บริการรถโดยสารประจำทางก็จะต่ำตามไปด้วย และตรงกันข้ามกับต้นทุนของกองเดินรถที่ 1 จะสูงขึ้น ถ้านายท่าปล่อยรถเร็วขึ้นลง (มีความถี่สูงขึ้น) เพราะการปล่อยทุกๆครั้ง จะมีต้นทุนแปรผันคือค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เกิดขึ้นอยู่เสมอ

2.2)อัตราการหมุนเวียนกันมาใช้บริการของผู้โดยสาร โดยทั่วไปเวลาที่คนนิยมมาใช้บริการรถยนต์โดยสารประจำทาง ก็จะอยู่ในช่วงเช้าและเย็น เรียกว่าเป็นช่วง Peak Period ส่วนช่วงเวลาที่คนมาใช้บริการกันค่อนข้างเบาบางกว่ากรณีแรก เรียกว่าเป็นช่วง Non-Peak Period สำหรับอัตราการหมุนเวียนกันมาใช้บริการของผู้โดยสาร สามารถแสดงให้เห็น ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงอัตราการหมุนเวียนมาใช้บริการของผู้โดยสาร

สาย	จุดต้นทางและจุดปลายทาง	ช่วงเวลา	อัตราการหมุนเวียนมาใช้บริการ (คน/นาที)
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Peak Period	1.92
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Non-Peak Period	1.39
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Peak Period	1.96
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Non-Peak Period	1.59
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Peak Period	1.36
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Non-Peak Period	0.91
145*	สายลวด-บางกะปิ	Peak Period	1.55
145*	สายลวด-บางกะปิ	Non-Peak Period	1.03
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Peak Period	1.68
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Non-Peak Period	1.30

ที่มา : คำนวณจากใบประกอบการรายงาน ขสมก.1-01 และใบประกอบรายงาน ขสมก.1-02
หมายเหตุ : ข้อมูลเดือนมกราคม 2534

จากตาราง พบว่าอัตราการหมุนเวียนมาใช้บริการของสาย 25*(ปากน้ำ-วัดธาตุทอง) ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 1.92 และ 1.39 คน/นาที ส่วนอัตราการหมุนเวียนมาใช้บริการของสาย 25 (ปากน้ำ-ท่าช้าง) ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 1.96 และ 1.59 คน/นาที สำหรับอัตราการหมุนเวียนมาใช้บริการของสาย 142 (ปากน้ำ-วัดเลา) ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 1.36 และ0.91 คน/นาที อัตราการหมุนเวียนกันมาใช้บริการของสาย 145* (สายลวด-บางกะปิ) ในช่วง Peak Period และ Non-Peak Period เท่ากับ 1.55 และ 1.03 คน/นาที และอัตรา

การหมุนเวียนกันมาใช้บริการของสาย 145 (สายลวด-สวนจตุจักร) ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 1.68 และ 1.30 คน/นาที ตามลำดับ

2.3) รายได้โดยเฉลี่ยของผู้โดยสารที่มาใช้บริการในแต่ละช่วงเวลา จากการสำรวจ โดยใช้แบบสอบถาม พบว่า ในช่วง Peak Period นั้น ผู้โดยสารส่วนมากจะมีอาชีพรับราชการ ประกอบกิจการส่วนตัว รับจ้างในบริษัทและโรงงานต่าง ๆ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ใช้บริการในช่วง Non-Peak Period ที่มักจะมีอาชีพรับจ้าง เรียนหนังสือและค้าขายเล็กน้อย ปรากฏว่า กลุ่มผู้โดยสารที่มาใช้บริการในช่วง Peak Period จะมีรายได้/เดือน สูงกว่ากลุ่มผู้โดยสารที่มาใช้บริการในช่วง Non-Peak Period สำหรับรายได้โดยเฉลี่ยของผู้โดยสารสามารถแสดงให้เห็นได้ดังตารางที่ 3.7

จากตารางที่ 3.7 จะพบว่า รายได้โดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการของสาย 25* (ปากน้ำ-วัดธาตุทอง) ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 4,760 และ 4,440 บาท/เดือน ตามลำดับ ส่วนรายได้โดยเฉลี่ยของผู้ใช้บริการของสาย 25 (ปากน้ำ-ท่าช้าง) ในช่วง Peak และNon-Peak Period เท่ากับ 4,760 และ 4,440 บาท/เดือน ตามลำดับ สำหรับรายได้โดยเฉลี่ยของสาย 142 (ปากน้ำ-วัดเลา) ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 6,440

ตารางที่ 3.7 แสดงรายได้โดยเฉลี่ยของผู้ที่มาใช้บริการในรถแต่ละสาย

สาย	จุดต้นทางและจุดปลายทาง	ช่วงเวลา	รายได้โดยเฉลี่ย (บาท/เดือน)
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Peak Period	4,760
25*	ปากน้ำ-วัดธาตุทอง	Non-Peak Period	4,440
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Peak Period	4,760
25	ปากน้ำ-ท่าช้าง	Non-Peak Period	4,440
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Peak Period	6,440
142	ปากน้ำ-วัดเลา	Non-Peak Period	5,040
145*	สายลวด-บางกะปิ	Peak Period	5,650
145*	สายลวด-บางกะปิ	Non-Peak Period	4,460
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Peak Period	5,650
145	สายลวด-สวนจตุจักร	Non-Peak Period	4,460

ที่มา : จากการสัมภาษณ์และออกแบบสอบถาม

หมายเหตุ : ข้อมูลของเดือนมกราคม 2534

และ 5,040 บาท/เดือน รายได้โดยเฉลี่ยของผู้ที่มาใช้บริการสาย 145*(สายลวด-บางกะปิ) ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 5,650 และ 4,460 บาท/เดือน และรายได้โดยเฉลี่ยของผู้ที่มาใช้บริการของสาย 145 (สายลวด-สวนจตุจักร) ในช่วง Peak และ Non-Peak Period เท่ากับ 5,650 และ 4,460 บาท/เดือน ตามลำดับ

3.2.3 ลักษณะของสมการในแบบจำลอง

แบบจำลองที่สร้างขึ้นนี้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์แบบแผนการจัดการเดินรถในแต่ละสายและในแต่ละช่วงเวลา เพื่อให้ต้นทุนทั้งฝ่ายผู้ผลิตและฝ่ายผู้บริโภครวมกันแล้วต่ำสุด ทั้งนี้โดยไม่นำต้นทุนทางสังคมอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง

แบบจำลองประกอบด้วย สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) และสมการข้อจำกัด (Constraint Function) ซึ่งมีโครงร่างแบบจำลอง ดังนี้

3.2.3.1 สมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) สมการวัตถุประสงค์ถูกกำหนดโดยการหาจำนวนเที่ยวและจำนวนรถวิ่ง ในแต่ละสาย แต่ละวัน ที่ทำให้ต้นทุนรวมต่ำสุด ทั้งนี้จากการกำหนดให้ต้นทุนรวม เท่ากับ ต้นทุนของฝ่ายผู้ผลิตรวมกับต้นทุนของฝ่ายผู้บริโภค โดยที่ต้นทุนฝ่ายผู้ผลิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1) ค่าใช้จ่ายต่อคันต่อวัน หมายถึง ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ฝ่ายผู้ผลิตต้องจ่าย อันเนื่องมาจากการนำรถออกวิ่งบริการ ทั้งนี้โดยขึ้นกับจำนวนรถ(คัน) และระยะเวลาในการบริการ สามารถถือได้ว่าเป็น Fixed Cost ของการจัดการเดินรถ เช่น ค่าใช้จ่ายจำพวกเงินเดือน ผลประโยชน์ตอบแทนสวัสดิการ ค่าเช่ารถยนต์โดยสาร ค่าเหมาซ่อมรถยนต์โดยสาร ค่าเช่าสถานที่จอดรถ ฯลฯ

2) ค่าใช้จ่ายต่อเที่ยวในแต่ละช่วงเวลาของวัน หมายถึงค่าใช้จ่ายที่ฝ่ายผู้ผลิตต้องจ่ายเมื่อมีเที่ยววิ่งบริการเกิดขึ้น สามารถถือได้ว่าเป็น Variable Cost ของการจัดการเดินรถ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สำคัญเพียงรายการเดียว คือค่าน้ำมันเชื้อเพลิง

สำหรับด้านต้นทุนฝ่ายผู้บริโภคหรือผู้โดยสาร ได้แก่ ต้นทุนของเวลาที่เสียไปในการคอยรถยนต์โดยสาร (สำหรับต้นทุนของเวลาที่เสียไปขณะที่ใช้บริการอยู่บนรถโดยสารประจำทางของผู้โดยสาร ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาและในแต่ละสาย จึงไม่นำมาคิด)

ดังนั้น สามารถสร้างสมการเป้าหมายได้โดยง่าย ดังนี้

$$\text{Minimize Cost} \quad \sum_{j=1}^{2}\sum_{i=1}^{5} Z_{ij} N_{ij} + \sum_{j=1}^{2}\sum_{i=1}^{5} C_{ij} F_{ij} + \sum_{j=1}^{2}\sum_{i=1}^{5} V_{ij} W_{ij}$$

กำหนดให้

j = 1.....2 : ช่วงเวลาที่ทำการศึกษา โดยที่

1 = ช่วง Peak Period

2 = ช่วง Non-Peak Period

i = 1.....5 : จำนวนสายการเดินรถ โดยที่

1 = สาย 25*(ปากน้ำ-วัดธาตุทอง)

2 = สาย 25 (ปากน้ำ-ท่าช้าง)

3 = สาย 142 (ปากน้ำ-วัดเลา)

4 = สาย 145*(สายลวด-บางกะปิ)

5 = สาย 145 (สายลวด-สวนจตุจักร)

Z_{ij} = ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อคันต่อวันของรถสายที่ iในช่วงเวลาที่ j(บาทต่อคัน)

N_{ij} = จำนวนรถของสายที่ i ในช่วงเวลาที่ j ต่อวัน

F_{ij} = จำนวนเที่ยววิ่งของรถสายที่ i ในช่วงเวลาที่ j ต่อวัน

C_{ij} = ค่าใช้จ่ายแปรผันตามจำนวนเที่ยวของรถสายที่ i ในช่วงเวลาที่ j (บาทต่อเที่ยว/วัน)

V_{ij} = ต้นทุนเฉลี่ยของผู้โดยสารที่มาคอยใช้บริการในสายที่ i ช่วงเวลาที่ j (บาทต่อนาที) ซึ่งก็คือ ต้นทุนค่าเสียโอกาส (Opportunity Cost) ของผู้โดยสาร

W_{ij} = เวลาที่ผู้โดยสารใช้ในการคอยรถสายที่ i ช่วงเวลาที่ j (นาที)

3.2.3.2 สมการข้อจำกัดและเงื่อนไขในแบบจำลอง (Constraint Function)

สำหรับข้อจำกัดและเงื่อนไขของตัวแปรต่าง ๆ ที่ต้องการศึกษาในแบบจำลองมีดังต่อไปนี้

1) ข้อจำกัดทางด้านขนาดและจำนวนรถทั้งหมด เนื่องจากรถยนต์โดยสารของกองเดินรถที่ 1 เขตการเดินรถที่ 3 ทั้งหมด เป็นรถที่มีสัญญาการจ้างเอกชนเหมาซ่อม โดยในสัญญาค่าเหมาซ่อมมีสาระสำคัญว่า ในแต่ละวันทางบริษัทผู้เหมาซ่อมต้องซ่อมรถให้ออกวิ่งได้มากกว่าหรือเท่ากับ 95 % ของยอดรถประจำการ ถ้าไม่สามารถทำได้จะต้องถูกปรับไปตามสัญญา ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้ทางบริษัทสามารถซ่อมได้ทันตามสัญญา ทำให้ยอดรถออกวิ่งในแต่ละวันจะมีมากกว่าหรือเท่ากับ 95 % ของยอดรถประจำการ โดยยอดรถประจำการทั้งหมด 186 คัน

แยกเป็น

- รถที่มีขนาดความยาว 12 เมตร จำนวน 57 คัน ซึ่งในปัจจุบัน สาย 25 (ปากน้ำ-ท่าช้าง)และสาย 145(สายลวด-สวนจตุจักร) ใช้วิ่งบริการ
- รถที่มีขนาดความยาว 10 เมตร จำนวน 129 คัน ซึ่งในปัจจุบัน สาย 25* (ปากน้ำ-วัดธาตุทอง)สาย 142 (ปากน้ำ-วัดเลา)และสาย 145* (สายลวด-บางกะปิ) ใช้วิ่งบริการ

สามารถเขียนในรูปสมการได้ดังนี้

$$.95\ (\ 57\ ) \leqslant N_2 + N_5 \leqslant 57$$

$$.95\ (\ 129\ ) \leqslant N_1 + N_3 + N_4 \leqslant 129$$

โดยที่

N_1 = ยอดรถประจำการสาย 25* (ปากน้ำ-วัดธาตุทอง) มีขนาดความยาว 10 เมตร

N_2 = ยอดรถประจำการสาย 25 (ปากน้ำ-ท่าช้าง) มีขนาดความยาว 12 เมตร

N_3 = ยอดรถประจำการสาย 142 (ปากน้ำ-วัดเลา) มีขนาดความยาว 10 เมตร

N_4 = ยอดรถประจำการสาย 145* (สายลวด-บางกะปิ) มีขนาดความยาว 10 เมตร

N_5 = ยอดรถประจำการสาย 145 (สายลวด-สวนจตุจักร)มีขนาดความยาว 12 เมตร

2) ข้อจำกัดทางด้านจำนวนรถในแต่ละสาย ในช่วง Peak Period และช่วง Non-Peak Period กำหนดให้รถทุกคันวิ่งให้บริการอย่างต่อเนื่อง ไม่มีการจอดหยุดพัก ณ.ท่าต้นทางและท่าปลายทาง ซึ่งจะทำให้ระยะเวลาห่างระหว่างรถแต่ละคัน [9]เท่ากันกับความถี่ [10] ในการปล่อยรถแต่ละคัน กล่าวคือ ในช่วง Peak Period และ Non-Peak Period ความถี่ในการปล่อยรถของสายที่ i เท่ากับ d_p นาที และ d_{np} นาที ต่อคัน เมื่อรถแต่ละคันออกจากท่าปล่อยรถ ไปยังท่าปลายทาง ก็จะมีระยะเวลาห่างระหว่างรถแต่ละคัน เป็นเวลา d_p นาที ในช่วง Peak Period และ d_{np} นาที ในช่วง Non-Peak Period

---

[9]ระยะเวลาห่างระหว่างรถแต่ละคัน(Headway) หมายถึง ระยะห่างระหว่างรถแต่ละคันที่ออกวิ่งให้บริการโดยคิดเป็นนาที ซึ่งระยะเวลาห่างระหว่างรถแต่ละคัน จะไม่เท่ากันตลอดเส้นทางการวิ่ง ทั้งนี้ขึ้นกับปัญหาการจราจร ตลอดจนอัตราความเร็วที่ใช้และอื่นๆ

[10]ความถี่ในการปล่อยรถ หมายถึง ระยะเวลาของการปล่อยรถแต่ละคัน ในแต่ละเส้นทางการเดินรถซึ่งจะคิดเป็นนาที/คัน

ระยะเวลาห่างระหว่างรถแต่ละคัน (นาที) = ความถี่ในการปล่อยรถ (นาที)+เวลาที่จอดพัก ณ.ท่าต้นทางและท่าปลายทาง(นาที)

กำหนดให้รถทุกคันวิ่งโดยไม่มีการจอดพักรถ ณ.ท่าต้นทางและท่าปลายทาง

ระยะเวลาห่างระหว่างรถแต่ละคัน = ความถี่ในการปล่อยรถ

จากการกำหนดให้เวลาที่พักรถ ณ.ท่าต้นทางและท่าปลายทาง เท่ากับ 0 ทำให้เวลาที่ผู้โดยสารใช้ในการคอยน้อยที่สุด เท่ากับ 0 หรือเวลาที่ผู้โดยสารใช้ในการคอยมากที่สุดเท่ากับ ความถี่ในการปล่อยรถในแต่ละช่วงเวลา (W = Waiting Time ของผู้โดยสาร มีค่าตั้งแต่ 0 - D_i กล่าวคือ $0 \leqslant W_i \leqslant D_i$) แต่ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ W_{ip} และ W_{inp} = 0 เพื่อที่จะต้องการหาค่า N สูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้

ระยะเวลาห่างระหว่างรถแต่ละคัน ในแต่ละช่วงเวลาที่ j ของสายที่ i จะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับจำนวนเวลาเฉลี่ยที่รถใช้วิ่งบริการ ในแต่ละช่วงเวลาที่ j ของสายที่ i +เวลาที่พักรถ ณ.ท่าต้นทางและท่าปลายทาง (นาที/เที่ยว)หารด้วยยอดรถของสายที่ i (ยอดรถในแต่ละช่วงเวลาใด ๆ ก็ตามของสายที่ i ย่อมเท่ากัน)

ในช่วง Peak Period

$$D_{ip} \geq \frac{T_{ip} + W_{ip}}{N_{ij}}$$

(ระยะเวลาห่างระหว่างรถแต่ละคันในช่วงเวลาที่ j ของสายที่ i = ความถี่ในการปล่อยรถแต่ละคัน ในช่วงเวลาที่ j ของสายที่ i)

$$D_{ip} N_{ij} \geq T_{ip}$$

ในช่วง Non-Peak Period

$$D_{inp} \geq \frac{T_{inp} + W_{inp}}{N_{ij}}$$

$$D_{inp} N_{ij} \geq T_{inp}$$

โดยที่

N_{ij} = จำนวนรถของสายที่ i ในช่วงเวลาที่ j(คันต่อวัน)

T_{ip} = จำนวนเวลาเฉลี่ยที่รถใช้วิ่งบริการ ในช่วง Peak Period ของสายที่ i (นาทีต่อเที่ยว)

T_{inp} = จำนวนเวลาเฉลี่ยที่รถใช้วิ่งบริการ ในช่วง Non - Peak Period ของสายที่ i (นาทีต่อเที่ยว)

D_{ip} = ความถี่ในการปล่อยรถของสายที่ i ในช่วง Peak Period (นาทีต่อคัน)

D_{inp} = ความถี่ในการปล่อยรถของสายที่ i ในช่วง Non - Peak Period (นาทีต่อคัน)

W_{ip} = จำนวนระยะเวลาที่ผู้โดยสารใช้ในการคอยรถในช่วง Peak Period ของสายที่ i (นาที)

W_{inp} = จำนวนระยะเวลาที่ผู้โดยสารใช้ในการคอยรถ ในช่วง Non-Peak Period ของสายที่ i (นาที)

3)ข้อจำกัดทางด้านจำนวนเที่ยวที่ปล่อย ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดให้เวลาที่รถจอดพักที่ท่าต้นทางและท่าปลายทาง เท่ากับศูนย์ ซึ่งหมายความว่า รถทุกคันเมื่อวิ่งออกจากท่าต้นทาง ไปถึงท่าปลายทางแล้ววิ่งวนกลับมาท่าต้นทางอีกครั้ง ซ้ำเช่นนี้เรื่อยไป โดยไม่มีการพักรถ ทำให้เวลาที่ผู้โดยสารคอยที่ป้ายรถโดยสารประจำทาง เท่ากับ 0

ในแต่ละช่วงเวลา จำนวนเที่ยววิ่งจะมากกว่า หรือ เท่ากับ จำนวนระยะเวลาในแต่ละช่วงเวลา(นาที)หารด้วย จำนวนระยะเวลาเฉลี่ยที่รถใช้วิ่งบริการ + เวลาที่พักรถ ณ. ท่าต้นทางและท่าปลายทาง (นาทีต่อเที่ยว)

$$F_{ip} \geq \frac{R_{ip}}{T_{ip} + W_{ip}}$$

$$F_{inp} \geq \frac{R_{inp}}{T_{inp} + W_{inp}}$$

จากการกำหนดให้เวลาที่พักรถ ณ.ท่าต้นทางและท่าปลายทาง เท่ากับ 0 ทำให้เวลาที่ผู้โดยสารใช้ในการคอยน้อยที่สุด เท่ากับ 0 หรือเวลาที่ผู้โดยสารใช้ในการคอยมากที่สุด เท่ากับ ความถี่ในการปล่อยรถในแต่ละช่วงเวลา (W = Waiting Time ของผู้โดยสาร มีค่าตั้งแต่ 0 - D_i กล่าวคือ $0 \leq W_i \leq D_i$)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จำนวนเที่ยวรวมต่อวันของสายที่ i = (จำนวนเที่ยวในช่วง Peak Period + จำนวนเที่ยวในช่วง Non - Peak Period) N_{ij}

$$F_i = \left[F_{ip} + F_{inp} \right] N_{ij}$$

$$F_i \geq \left[\frac{R_{ip}}{T_{ip} + W_{ip}} + \frac{R_{inp}}{T_{inp} + W_{inp}} \right] N_{ij}$$

แต่ W_{ip} และ W_{inp} = 0 (เพื่อที่จะต้องการหาค่า F ที่สูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้)

$$F_{inp} \geq \left[\frac{R_{inp}}{T_{inp}} + \frac{R_{inp}}{T_{inp}} \right] N_{ij}$$

โดยที่

T_{ip} = จำนวนระยะเวลาเฉลี่ยที่รถใช้วิ่งบริการ ในช่วง Peak Period ของสายที่ i (นาทีต่อเที่ยว)

T_{inp} = จำนวนระยะเวลาเฉลี่ยที่รถใช้วิ่งบริการ ในช่วง Non-Peak Period ของสายที่ i (นาทีต่อเที่ยว)

R_{ip} = จำนวนระยะเวลาทั้งหมดในช่วง Peak Period ของสายที่ i (นาที)

R_{inp} = จำนวนระยะเวลาทั้งหมดในช่วง Non-Peak Period ของสายที่ i (นาที)

F_{ip} = จำนวนเที่ยวในช่วง Peak Period ของสายที่ i (เที่ยว)

F_{inp} = จำนวนเที่ยวในช่วง Non-Peak Period ของสายที่ i (เที่ยว)

F_i = จำนวนเที่ยวรวมต่อวันของสายที่ i

W_{ip} = จำนวนระยะเวลาที่ผู้โดยสารใช้ในการคอยรถในช่วง Peak Period ของสายที่ i (นาที)

W_{inp} = จำนวนระยะเวลาที่ผู้โดยสารใช้ในการคอยรถ ในช่วง Non-Peak Period ของสายที่ i (นาที)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 ผลการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis)

การใช้ลิเนียร์โปรแกรมมิ่งในการวิเคราะห์มีข้อจำกัด กล่าวคือ ปัจจัยต่างๆ ที่กำหนดให้คงที่ในแบบจำลอง จะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นและลงตามสภาวะตลาดที่เป็นอยู่จริง ทำให้ผลการศึกษาไม่เป็นไปตามสภาพความเป็นจริง ดังนั้น จึงมีการนำเอาการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) เข้ามาประกอบการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อที่จะพิจารณาดูว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ (Coefficients) หรือค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลอง จะมีผลทำให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimum Solution) เปลี่ยนแปลงไปอย่างไรบ้าง ทั้งนี้โดยพิจารณาการเปลี่ยนแปลงใน 3 รูปแบบ คือ เมื่อ

1) ค่าของสัมประสิทธิ์ในสมการเป้าหมายเปลี่ยนแปลงไป
2) ค่าทางด้านขวามือของสมการหรืออสมการข้อจำกัดเปลี่ยนแปลงไป
3) ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการหรืออสมการข้อจำกัด เปลี่ยนแปลงไป

การวิเคราะห์ต่อไปนี้ จะพิจารณา ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าของสัมประสิทธิ์ในสมการเป้าหมาย และค่าทางขวามือของสมการหรืออสมการข้อจำกัด ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสัมประสิทธิ์ของสมการหรืออสมการข้อจำกัด ไม่ได้นำมาศึกษาในที่นี้ ทั้งนี้ เพราะค่าสัมประสิทธิ์ของสมการหรืออสมการข้อจำกัด ได้มาจากการบวกกันของค่าทางขวามือของสมการหรืออสมการข้อจำกัดที่ผ่านมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย