บทที่ 4

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การพัฒนาแบบจำลองการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบหลายจุดส่งนั้น จะต้องพิจารณาถึงข้อจำกัดต่างๆ ที่มีความซับซ้อนหลายข้อจำกัดด้วยกัน ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการสร้างแบบจำลอง วิธีการในการพิจารณาข้อจำกัดด้านต่างๆ เช่น เวลาที่ใช้ในการบรรทุกสินค้าลงจากยานพาหนะ กรอบเวลาการขนส่งสินค้า ความจุของยานพาหนะ ระยะทางสูงสุดที่สามารถวิ่งได้ และจำนวนยานพาหนะสูงสุดที่สามารถใช้ได้ เป็นต้น

4.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหา

แบบจำลองที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีโครงสร้างเป็นแบบแบบจำลองการแบ่งเซ็ต (Set Partitioning Model) ซึ่งประกอบไปด้วยเซตของเส้นทางที่เป็นไปได้ โดยพิจารณาจากข้อจำกัดต่างๆ ในเบื้องต้นซึ่งยังไม่มีการคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆ ในการขนส่ง แบบจำลองการแบ่งเซ็ตที่พัฒนาขึ้น มีรายละเอียดดังนี้

$$\text{Min} \sum_{p \in P} C_p X_p + rn \tag{4.1}$$

Subject to

$$\sum_{p \in P} \delta_p^{ij} X_p = T_{ij} \qquad \forall ij \in O \tag{4.2}$$

$$\sum_{p \in P} \beta_p X_p - n = 0 \tag{4.3}$$

$$X_p \in \{0,1\} \qquad \forall p \in P \tag{4.4}$$

โดยที่ P คือเซตของเส้นทางการขนส่งทั้งหมดประกอบไปด้วยสมาชิก p

I คือเซตของจุดเริ่มต้นทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วยสมาชิก i

J คือเซตของจุดปลายทาง ซึ่งประกอบด้วยสมาชิก j

O คือเซตของจุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง (Origin-Destination) ซึ่งประกอบด้วยสมาชิก ij

C_p คือค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในการเดินทางในเส้นทาง p

r คือค่าใช้จ่ายในการใช้รถบรรทุก 1 คันต่อวัน

δ_p^{ij} คือจำนวนครั้งที่เส้นทาง p ครอบคลุมการขนส่งของคู่ค้า ij

T_{ij} คือความต้องการการขนส่งเป็นจำนวนรอบการขนส่งจากจุดเริ่มต้น i ไปยังจุดปลายทาง j

$ß_p$ มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการขนส่งสินค้าด้วยเส้นทาง p และมีค่าเท่ากับ 0 ในกรณีอื่นๆ

X_p คือจำนวนครั้งที่เกิดการเดินทางในเส้นทาง p

X_p คือตัวแปรที่ใช้พิจารณา แสดงถึงเส้นทางการขนส่งที่จะครอบคลุมคู่จุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง ij ต่างๆ ที่เป็นสมาชิกของเซตของเส้นทางการขนส่ง O ทั้งหมด เป็นจำนวน δ_p^{ij} ครั้ง

สมการเป้าหมาย (4.1) เพื่อหาผลเฉลยที่มีค่าที่ต่ำที่สุด (Minimize) ของผลรวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด การพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นนั้น จะคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในเส้นทางขนส่งนั้นทั้งหมด ซึ่งจะครอบคลุมค่าใช้จ่ายทั้งในส่วนค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Cost) และค่าใช้จ่ายส่วนที่เปลี่ยนแปลงไปตามระยะทาง ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายแปรผัน (Variable Cost) โดยค่าใช้จ่ายในส่วนนี้จะเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function Coefficient) คือ C_p จะเห็นได้การคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นนั้นพิจารณาเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดในเส้นทางหนึ่งๆ ดังนั้น การคำนวณค่าใช้จ่ายจึงสามารถคำนวณจากวิธีการคิดค่าใช้จ่ายที่ซับซ้อนได้ ซึ่งเป็นข้อดีของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีโครงสร้างรูปแบบเป็นแบบจำลองการแบ่งเซ็ต (Set Partitioning Model)

โดยสมการเงื่อนไข (4.3) กำหนดให้รถทุกคันที่ใช้ในการขนส่งจะต้องเสียค่าใช้จ่าย และเงื่อนไข (4.2) กำหนดให้ลูกค้าทุกรายต้องได้รับสินค้าเท่ากับจำนวนที่ต้องการ

ตัวแปรการตัดสินใจ X_pแต่ละตัวจะมีความเป็นอิสระต่อกัน ดังนั้นการเลือกเส้นทางการขนส่งเส้นทางหนึ่งจะไม่มีผลต่อการเดินทางในเส้นทางอื่นๆ ดังนั้น การพิจารณาเงื่อนไขทางการขนส่งของเส้นทางต่างๆ จะเป็นการตรวจสอบว่าเส้นทางการขนส่งแต่ละเส้นทางสามารถขนส่งได้

ตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ ในส่วนต่อไปจะกล่าวถึงวิธีการสร้างแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขของการขนส่งต่างๆ ของแบบจำลองการหาผลเฉลยที่ดีที่สุด

4.2 การสร้างแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขการขนส่ง

การพิจารณาเงื่อนไขต่างๆ ของเส้นทางการขนส่งนั้น จะประกอบไปด้วยเงื่อนไขต่างๆ ที่พิจารณา คือ กลุ่มของสินค้า จำนวนรถสูงสุดที่สามารถใช้ได้ ช่วงเวลาการขนส่งขึ้นและลงจากรถ กรอบเวลาการขนส่งสินค้า จำนวนรอบการขนส่งต่อเนื่องสูงสุด ความจุของรถบรรทุก และระยะทางสูงสุดที่สามารถวิ่งได้ รายละเอียดวิธีการสร้างแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขเหล่านี้มีดังนี้

4.2.1 การสร้างแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขกลุ่มของสินค้า

เงื่อนไขด้านกลุ่มของสินค้านั้น จะถูกพิจารณาในขั้นตอนการเตรียมข้อมูลก่อนนำเข้าสู่แบบจำลอง โดยจะต้องพิจารณาแบ่งกลุ่มของสินค้าที่ขนส่ง กล่าวคือ ในการขนส่งและสินค้าที่ถูกขนส่งด้วยรถคันเดียวกัน จะต้องเป็นสินค้าที่สามารถขนส่งด้วยกันได้ ดังนั้นการพิจารณาเงื่อนไขประเภทของสินค้าจึงเป็นกระบวนการก่อนการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะไม่ส่งผลต่อแบบจำลองที่สร้างขึ้นแต่อย่างใด

4.2.2 การสร้างแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขจำนวนรถสูงสุด

แบบจำลองการแบ่งเซตที่แสดงในหัวข้อที่แล้วนั้นมีตัวแปรที่แสดงถึงจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่ง อีกทั้งสมการวัตถุประสงค์ยังคำนึงถึงค่าใช้จ่ายคงที่ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากจำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งอีกด้วย อย่างไรก็ดียังไม่มีสมการเงื่อนไขที่กำหนดจำนวนรถสูงสุดที่สามารถใช้ในการขนส่ง ดังนั้นจึงต้องทำการเพิ่มสมการเงื่อนไขเกี่ยวกับจำนวนรถสูงสุด แบบจำลองมีรูปแบบดังต่อไปนี้

$$\text{Min} \sum_{p \in P} C_p X_p + rn \qquad (4.5)$$

Subject to

$$\sum_{p \in P} \delta_p^{ij} X_p = T_{ij} \qquad \forall ij \in O \qquad (4.6)$$

$$\sum_{p \in P} \beta_p X_p - n = 0 \qquad (4.7)$$

$$X_p \in \{0,1\} \qquad \forall p \in P \qquad (4.8)$$

$$0 \leq n \leq N \qquad (4.9)$$

โดยที่ N คือจำนวนรถบรรทุกสูงสุดที่สามารถใช้ได้

4.2.3 การสร้างแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขของเวลา

การพิจารณาเงื่อนไขการขนส่งเกี่ยวกับเวลาในงานวิจัยนี้ จะประกอบไปด้วยเงื่อนไขทั้งหมด 2 รูปแบบที่คำนึงถึงคือ เวลาในที่ใช้ในการบรรทุกสินค้าลงจากรถ และ กรอบเวลาการขนส่งสินค้าของโรงงานและลูกค้าทั้งหมด

เพื่อง่ายต่อการอธิบายวิธีการสร้างแบบจำลองภายใต้เงื่อนไขด้านเวลาซึ่งมีความซับซ้อนสูง ผู้วิจัยกำหนด ตัวแปรที่ใช้ประกอบการอธิบายดังนี้

e_i คือจุดเริ่มต้นของกรอบเวลาที่ตำแหน่ง i

l_i คือจุดสิ้นสุดของกรอบเวลาที่ตำแหน่ง i

d_i คือเวลาที่รถเดินทางออกจากจุด i

a_i คือเวลาที่รถเดินทางถึงจุดหมาย i

$t_{i,j}$ คือเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากจุดเริ่มต้น i ไปยังจุดปลายทาง j

v_i คือเวลาที่ใช้ในการขนสินค้าขึ้นและลงจากรถที่จุด i

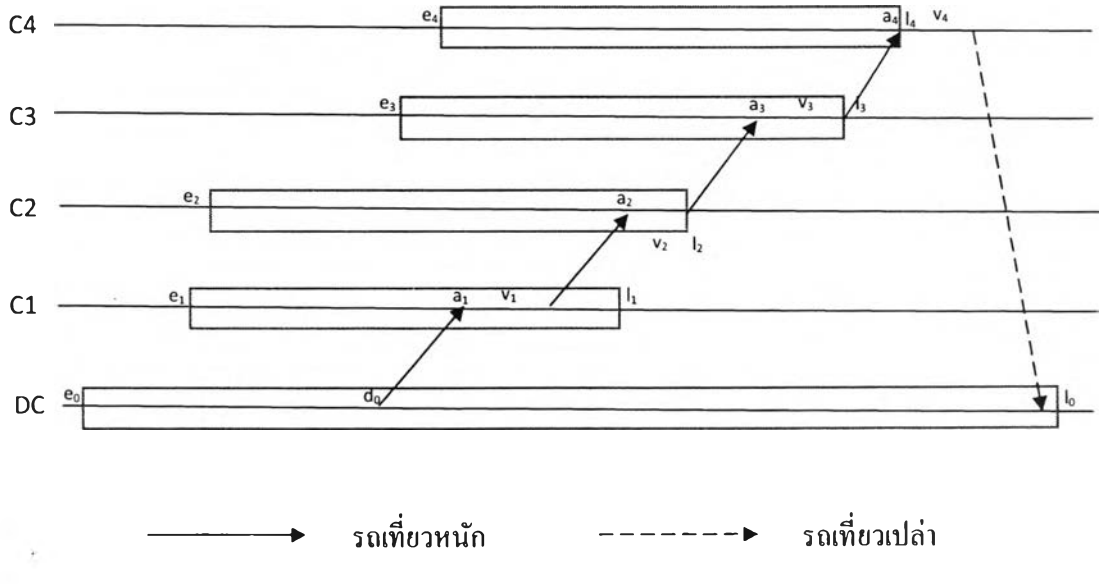
s คือระยะเวลาระหว่างเวลาที่รถออกจากจุดเริ่มต้นและเวลาเร็วสุดที่สามารถออกจากจุดเริ่มต้นได้

s_i คือระยะเวลาที่เดินทางมาถึงก่อนเวลาเร็วที่สุดของกรอบเวลาขนส่งสินค้าที่จุด i

f_s คือความยืดหยุ่นในการเดินทาง กล่าวคือช่วงเวลาที่รถสามารถเลื่อนเวลาการออกเดินทางจากจุดเริ่มต้นได้

k คือจำนวนรอบการขนส่งสินค้าต่อเนื่อง

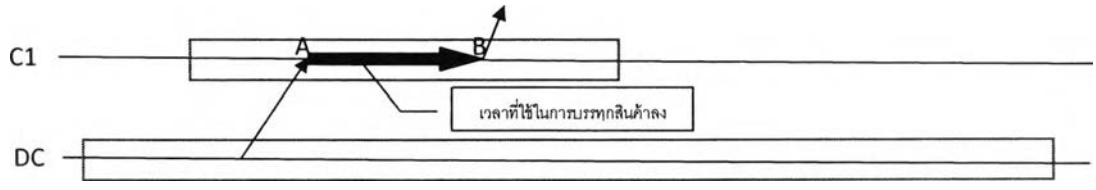
จากรูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างการขนส่งที่มีจุดเริ่มต้นอยู่ที่ DC ส่งสินค้าให้กับลูกค้า 4 รายคือ C1, C2, C3 และ C4 โดยที่ลูกศรเส้นทึบแสดงถึงการเดินทางที่เป็นรถเที่ยวหนัก ในขณะที่ลูกศรเส้นประแสดงถึงการเดินทางที่เป็นรถเที่ยวเปล่า และกรอบสีเข้มแสดงถึงกรอบเวลาการขนส่งสินค้า จุดเริ่มต้นนั้นมีความกว้างของกรอบเวลาเท่ากับ l_0 - e_0 ขนส่งสินค้าออกจากจุดเริ่มต้นที่เวลา d_0 และเดินทางไปถึงลูกค้ารายแรกที่เวลา a_1 จากนั้นทำการขนสินค้าลงจากรถบรรทุก ใช้เวลาในการขนสินค้าลงจากรถบรรทุกเท่ากับ v_1 จากนั้นออกเดินทางต่อเพื่อขนส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายที่ 2 โดยเดินทางถึงลูกค้ารายที่ 2 ที่เวลา a_2 จากนั้นขนส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายต่อไปเช่นนี้เรื่อยๆ จนขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าครบทุกราย จากนั้นจะกลับมายังจุดเริ่มต้น โดยการเดินทางออกจากจุดเริ่มต้น การเดินทางขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า และ การเดินทางกลับมายังจุดเริ่มต้นสามารถทำได้ภายในกรอบเวลาของจุดนั้นๆ เท่านั้น



รูปที่ 4.1 การพิจารณาเงื่อนไขด้านเวลา

ภาพตัวอย่างข้างต้นเป็นเพียงภาพอธิบายตัวแปรต่างๆ เบื้องต้นเท่านั้น รายละเอียดของเงื่อนไขด้านเวลาทั้ง 2 รูปแบบมีดังนี้

4.2.3.1 เงื่อนไขเวลาที่ใช้ในการบรรทุกสินค้าลง



รูปที่ 4.2 การพิจารณาเงื่อนไขเวลาที่ใช้ในการบรรทุกสินค้าลง

เวลาที่ใช้ในการบรรทุกสินค้าลงจากยานพาหนะเป็นข้อจำกัดทางด้านเวลาที่จะส่งผลต่อการพิจารณาการขนส่งไปยังลูกค้าให้ทันกรอบเวลาที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาพการทำงานจริง เนื่องจากสินค้าที่ส่งมีปริมาณมากและใช้เวลาในการขนส่งสินค้าลงจากตัวรถนาน หากไม่คำนึงถึงเวลาในส่วนนี้อาจทำให้ผลเฉลยที่ได้จากแบบจำลองแตกต่างจากสภาพการทำงานที่สามารถทำได้จริง ซึ่งเวลา ส่วนนี้จะเป็นองค์ประกอบส่วนย่อยดังแสดงในรูป 4.2

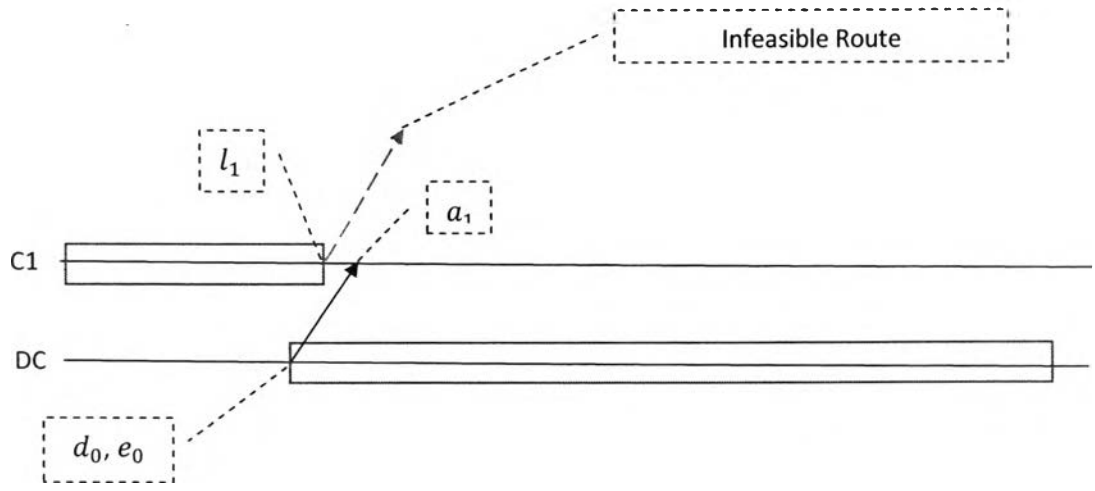
รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างการเดินทางของรถบรรทุกขนส่งสินค้าออกจากจุด DC ไปส่งสินค้าให้กับลูกค้า C1 โดยมาถึงจุด C1 ที่เวลา A จากนั้นทำการบรรทุกสินค้าลงจากตัวรถ จุด B เป็นจุดที่ทำการนำสินค้าลงที่จุดปลายทางเรียบร้อยและพร้อมที่จะดำเนินการอื่นๆ ต่อไป

4.2.3.2 เงื่อนไขกรอบเวลา

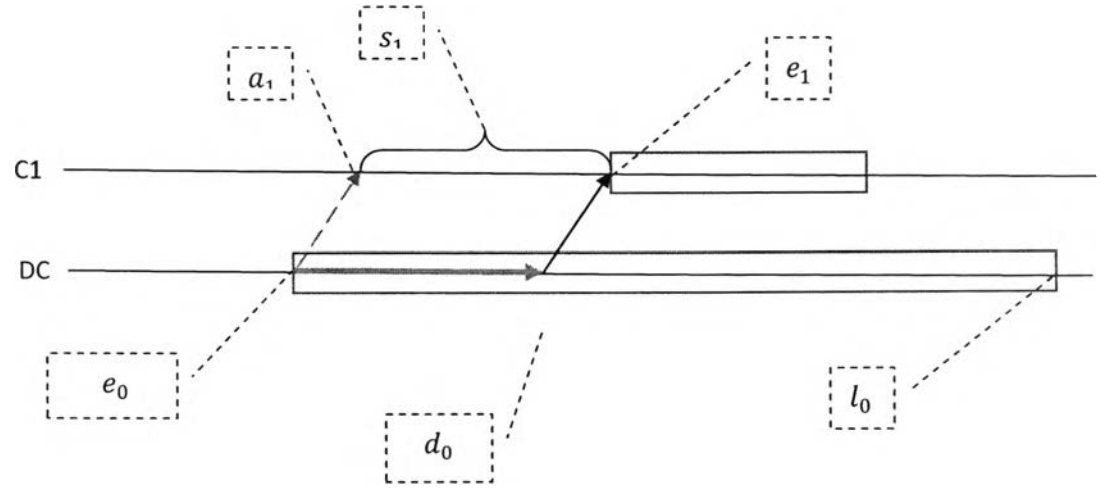
เงื่อนไขกรอบเวลาการขนส่งของโรงงานและลูกค้า เป็นเงื่อนไขที่มีความซับซ้อนสูง ผู้วิจัยได้พัฒนาอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาข้อจำกัดด้านกรอบเวลาของโรงงานและลูกค้า โดยอัลกอริทึมนี้จะมีหน้าที่ในการตรวจสอบความเป็นไปได้ของการขนส่งภายใต้กรอบเวลา อัลกอริทึมในการ

แก้ปัญหาข้อจำกัดด้านกรอบเวลาของโรงงานและลูกค้ามีรหัสขั้นตอน (Pseudo code) ดังแสดงในรูปที่ 4.5

ในขั้นตอนแรกอัลกอริทึมจะทำการสร้างตัวแปร d_0, f_s และ s เพื่อใช้ในการตรวจสอบความเป็นไปได้ของเส้นทางเพื่อพิจารณาข้อจำกัดทางด้านกรอบเวลาการขนส่งสินค้า จากนั้นทำการวนรอบเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ของการเดินทางในแต่ละช่วง โดยรหัสขั้นตอนจะตรวจสอบในแต่ละกรณีที่อาจจะเกิดขึ้นได้ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในลำดับถัดไป หากพบเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible Route) จะลบเส้นทางนี้ออกจากกลุ่มของเส้นทางที่เป็นไปได้ที่สร้างขึ้น



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปไม่ได้รูปแบบที่ 1



รูปที่ 4.4 เวลาที่รถบรรทุกออกเดินทางถูกขยับจากจุดเริ่มของกรอบเวลา

$d_0 \longleftarrow e_0$

$f_s \longleftarrow l_0 - e_0$

$s \longleftarrow 0$

for $i = 1$ to k **do**

$s_i \longleftarrow 0$

$a_i \longleftarrow d_{i-1} + t_{i-1,i}$

if $(a_i > l_i)$ break //Infeasible trip 1

else if $(a_i < e_i)$ **then**

$s_i = e_i - a_i$

if $((s_i > f_s)$ break //Infeasible trip 2

$f_s = \min(l_i - e_i, f_s - s_i)$

$s = s + s_i$

$d_i = e_i$

else

$f_s = \min(l_i - a_i, f_s)$

$d_i = a_i$

endif

endfor

$a_{k+1} \longleftarrow d_k + t_{k,0}$

if $(a_{k+1} > l_0)$ break //Infeasible trip 1

if $(a_{k+1} < e_0)$ **then**

if $((e_0 - a_{k+1}) > f_s)$ break //Infeasible trip 2

$s = s + e_0 - a_{k+1}$

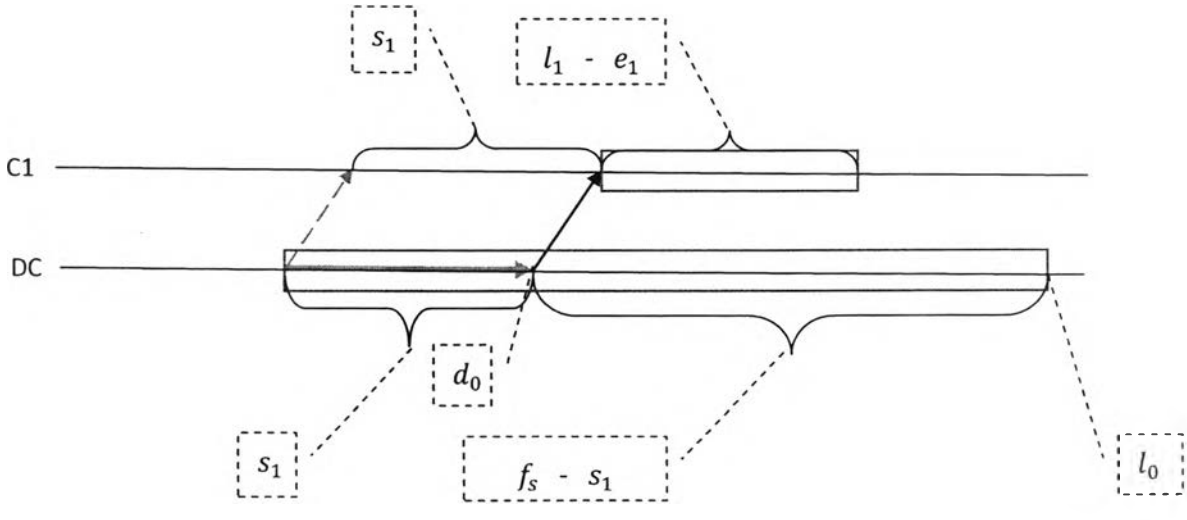
endif

รูปที่ 4.5 รหัสขั้นตอนของอัลกอริทึมการพิจารณาข้อจำกัดด้านกรอบเวลา

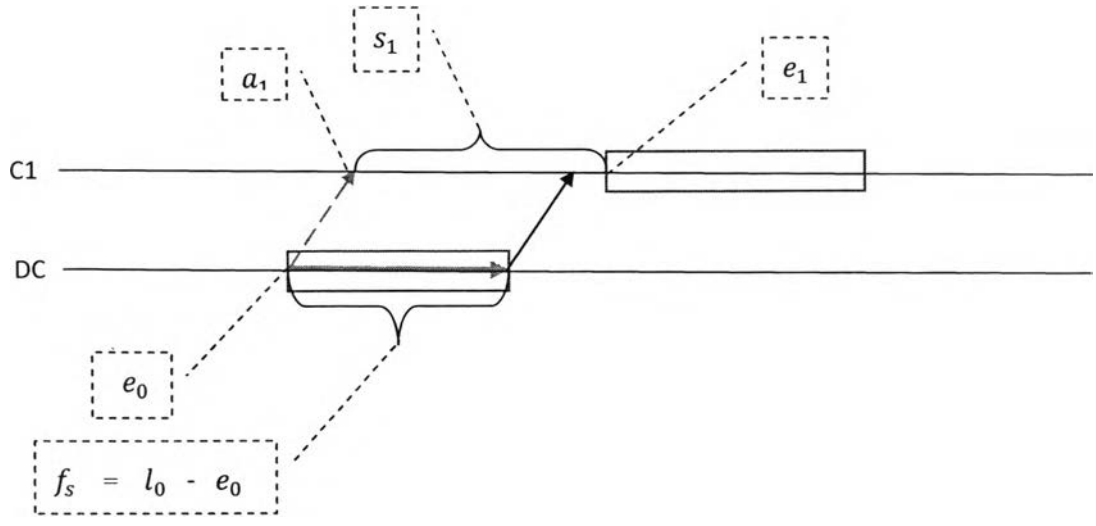
รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปไม่ได้เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านกรอบเวลารูปแบบที่ 1 หรือ infeasible trip 1 ในรหัสขั้นตอนของอัลกอริทึม เป็นเส้นทางขนส่งที่เป็นไปไม่ได้เนื่องจากไม่สามารถเดินทางไปยังลูกค้ารายต่อไปได้ทันกรอบเวลาช้าสุด แม้ว่าจะออกจากจุดเริ่มต้นที่เวลาเร็วที่สุดที่สามารถออกเดินทางได้ กล่าวคือ a_1 มีค่าน้อยกว่า l_1 แม้ว่าจะออกจากจุดเริ่มต้นที่เวลา e_0 ก็ตาม ดังนั้นเส้นทางตามเส้นประสีแดงในรูปจึงเป็นเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปไม่ได้

รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างกรณีที่เดินทางถึงจุดหมายก่อนกรอบเวลาเร็วที่สุด กล่าวคือ a_1 มีค่าน้อยกว่า e_1 ดังนั้นเวลาที่รถบรรทุกออกเดินทางจึงถูกขยับจากจุดเริ่มต้นของกรอบเวลาจุดต้นทางจากตำแหน่งเส้นทางเส้นประซึ่งออกเดินทางที่เวลา e_0 ซึ่งเป็นเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เป็นไปไม่ได้ โดยขยับเป็นเวลาเท่ากับ s_1 กลายเป็นเส้นทางที่เป็นไปได้ (Feasible trip) ซึ่งออกเดินทางที่เวลา d_0 (ตำแหน่งเส้นทางที่เป็นเส้นทึบในรูป)

รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างการหาค่าความยืดหยุ่นของการเดินทาง (f_s) โดยค่าความยืดหยุ่นที่ถูกกำหนดขึ้นในขั้นแรกของอัลกอริทึมมีค่าเท่ากับ l_0 - e_0 และในแต่ละรอบการเดินทางค่าความยืดหยุ่นจะเปลี่ยนแปลงไป โดยหาค่าได้จากค่าน้อยระหว่าง l_1 - e_1 และ f_s - s_1 เห็นได้ว่าความยืดหยุ่นของการเดินทางคือช่วงเวลาที่รถสามารถเลื่อนเวลาเดินการออกเดินทางได้โดยที่ยังสามารถขนส่งสินค้าได้ภายในกรอบเวลาการขนส่งสินค้า กล่าวคือ ช่วงเวลาที่รถสามารถเดินทางออกจากจุดเริ่มต้น (DC) ที่จะสามารถขนส่งสินค้าทั้งหมดได้ภายในกรอบเวลาคือ d_0 + f_s

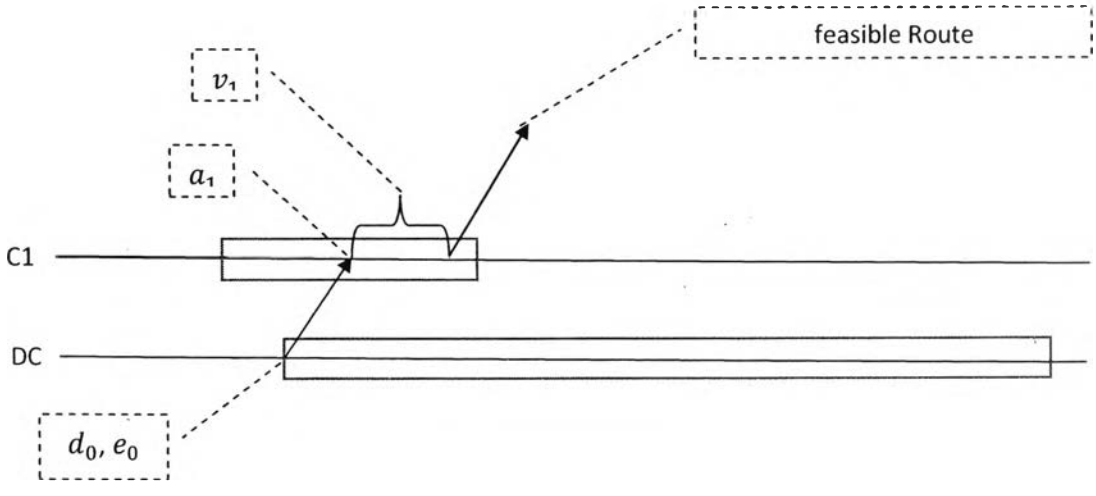


รูปที่ 4.6 ตัวอย่างการหาค่าความยืดหยุ่น



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปไม่ได้รูปแบบที่ 2

รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่างเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปไม่ได้เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านกรอบเวลารูปแบบที่ 2 หรือ Infeasible trip 2 ในรหัสขั้นตอนของอัลกอริทึม เป็นเส้นทางขนส่งที่เป็นไปไม่ได้เนื่องจากเดินทางถึงจุดส่งก่อนเวลาเร็วสุดของกรอบเวลาการขนส่งสินค้ามากกว่าความยืดหยุ่นของการเดินทาง (f_s) กล่าวคือ ไม่สามารถเลื่อนเวลาการออกเดินทางเพื่อให้ขนส่งสินค้าถึงจุดส่งภายในกรอบเวลาได้



รูปที่ 4.8 กรณีรถบรรทุกเดินทางถึงภายในกรอบเวลา

รูปที่ 4.8 แสดงการเดินทางกรณีรถบรรทุกเดินทางถึงภายในกรอบเวลา โดยในกรณีนี้ค่าความยืดหยุ่นของการเดินทาง (f_s)จะมีค่าเท่ากับค่าน้อยระหว่าง l_i - a_i และ f_s ปัจจุบัน และเวลาเร็วสุดที่รถสามารถออกเดินทางขนส่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่อย่างใด กล่าวคือ s_i มีค่าเท่ากับ 0

ในทุกกรณีที่กล่าวมานั้น รถบรรทุกที่เดินทางในเส้นทางจะต้องเดินทางกลับมายังจุดเริ่มต้น (DC) หลังจากสิ้นสุดการขนส่งในรอบวันก่อนเวลาช้าสุดของกรอบเวลาของจุดเริ่มต้น (l_0)โดยในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองนั้นเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะถูกสร้างขึ้นและตรวจสอบความเป็นไปได้ภายใต้ข้อจำกัดด้านเวลาที่ได้กล่าวมา ในกรณีที่เส้นทางนั้นไม่สามารถทำการขนส่งภายใต้เงื่อนไขด้านเวลานี้ได้เส้นทางนั้นจะถูกลบออกจากเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้ กล่าวคือเส้นทางการขนส่งนั้นจะถูกลบออกจากแบบจำลอง

นอกจากข้อจำกัดเวลาที่เกี่ยวกับเวลาทั้ง 2 รูปแบบที่กล่าวมาข้างต้น ยังมีข้อจำกัดอื่นๆ ที่คำนึงถึงซึ่งอาจจะทำให้เกิดเส้นทางการเดินรถที่เป็นไปไม่ได้ ดังจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

4.2.4 การสร้างแบบจำลองภายใต้ข้อจำกัดอื่นๆ

ข้อจำกัดที่คำนึงถึงในงานวิจัยนี้ นอกจากเงื่อนไขที่กล่าวถึงทั้งหมดข้างต้น ยังมีเงื่อนไขอื่นๆ อีก 3 เงื่อนไข ที่ยังไม่ได้กล่าวถึงและเป็นเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับความเป็นไปได้ของเส้นทาง ได้แก่ เงื่อนไขจำนวนรอบการขนส่งต่อเนื่องสูงสุด เงื่อนไขความจุของรถบรรทุก และ เงื่อนไขระยะทางวิ่งสูงสุดของรถบรรทุกต่อวัน เงื่อนไขทั้งสามเป็นเงื่อนไขที่เกิดขึ้นเนื่องจากสภาพการทำงานจริง ที่คำนึงถึงเพื่อที่จะจำกัดให้ผลเฉลยสอดคล้องกับสภาพการทำงานจริงมากขึ้น อีกทั้งยังสามารถช่วยลดจำนวนตัวแปรในแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นลงได้อย่างมาก เนื่องจากแบบจำลองแบบแบ่งเซ็ตจะมีจำนวนตัวแปรเท่ากับจำนวนเส้นทางการขนส่งที่เป็นไปได้ อย่างไรก็ดีจำนวนตัวแปรในแบบจำลองยังคงมีปริมาณมากแม้ว่าจะพิจารณาข้อจำกัดทั้งหมดข้างต้นแล้วก็ตาม ข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยมีจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 จำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้เมื่อขนส่งต่อเนื่อง 2 ราย

	ขนส่งต่อเนื่อง 2 ราย		
หมายเลขชุดข้อมูล	จำนวนเส้นทางทั้งหมด	จำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้	สัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้
C102(25)	600	320	53%
R102(25)	600	298	50%
RC102(25)	600	323	54%
C102(50)	2,450	1,190	49%
R102(50)	2,450	1,087	44%
RC102(50)	2,450	1,126	46%

ตารางที่ 4.2 จำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้เมื่อขนส่งต่อเนื่อง 3 ราย

	ขนส่งต่อเนื่อง 3 ราย		
หมายเลขชุดข้อมูล	จำนวนเส้นทางทั้งหมด	จำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้	สัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้
C102(25)	13,800	3,040	22%
R102(25)	13,800	2,304	17%
RC102(25)	13,800	2,356	17%
C102(50)	117,600	22,198	19%
R102(50)	117,600	15,910	14%
RC102(50)	117,600	11,392	10%

ตารางที่ 4.3 จำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้เมื่อขนส่งต่อเนื่อง 4 ราย

	ขนส่งต่อเนื่อง 4 ราย		
หมายเลขชุดข้อมูล	จำนวนเส้นทางทั้งหมด	จำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้	สัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้
C102(25)	303,600	23,236	8%
R102(25)	303,600	11,234	4%
RC102(25)	303,600	9,749	3%
C102(50)	5,527,200	347,730	6%
R102(50)	5,527,200	161,336	3%
RC102(50)	5,527,200	52,229	1%

ตารางที่ 4.1, 4.2 *และ* 4.3 แสดงจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้เมื่อขนส่งต่อเนื่อง 2, 3 และ 4 ราย ตามลำดับ เห็นได้ว่าจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้มีค่าที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเพิ่มจำนวนรอบการขนส่งต่อเนื่อง แต่สัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้กลับมีค่าลดลง โดยมีสัดส่วนเส้นทางที่เป็นไปได้เพียงประมาณร้อยละ 50, 17 และ 4 เมื่อทำการขนส่งต่อเนื่อง 2, 3 และ 4 ราย ตามลำดับ เมื่อจำนวนการขนส่งต่อเนื่องเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้สัดส่วนของเส้นทางที่เป็นไปได้มีค่าลดลงอย่างมากเนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเวลา ความจุของรถบรรทุก และ ระยะทางวิ่งสูงสุดของรถบรรทุก ซึ่งจำนวนเส้นทางที่เป็นไปได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อระยะเวลาการหาผลเฉลย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงคำนึงถึงเงื่อนไขจำนวนรอบการขนส่งต่อเนื่องสูงสุดเพื่อลดการทำงานที่ไม่เกิดประโยชน์ของอัลกอริทึมและลดระยะเวลาการหาผลเฉลยที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากจำนวนเส้นทางที่เป็นไปไม่ได้ อย่างไรก็ดีจำนวนตัวแปรในแบบจำลองยังคงมีจำนวนมากแม้ว่าจะทำการสร้างแบบจำลองโดยคำนึงถึงเงื่อนไขต่างๆ หลายประการดังที่กล่าวถึงทั้งหมดข้างต้น จึงต้องใช้วิธีการแก้ปัญหาที่มีประสิทธิภาพเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา ซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีรายละเอียดดังแสดงในบทถัดไป