บทที่ 3
การออกแบบตามแนวความคิดสำหรับตัวแบบการมอบหมายการจัดส่งให้รถโม่

ทำการออกแบบรูปแบบตามแนวความคิด (Conceptual Design) ในการสร้างระบบช่วยตัดสินใจในการมอบหมายการจัดส่งให้กับรถโม่ โดยมีหลักการตามแนวความคิดแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ดังต่อไปนี้

3.1 หลักการตามแนวความคิด

การมอบหมายการจัดส่งให้กับรถโม่เริ่มต้นด้วยการจัดการกับงานจอง โดยจะคำนวณการมอบหมายการจัดส่งสำหรับงานจอง แล้วนำผลนี้ไปวางแผนกำหนดโรงงานต้นวันให้รถโม่แต่ละคันในวันที่ต้องจัดส่งคอนกรีต

เมื่อถึงวันกำหนดจัดส่งคอนกรีต จะทำการคำนวณการมอบหมายการจัดส่งระหว่างวัน โดยมีการคำนวณหลายรอบในวันนั้น เพื่อให้ครอบคลุมคำสั่งผลิตที่เพิ่งสั่งจองมาระหว่างวัน และการคำนวณในรอบถัดไปสามารถเปลี่ยนแผนการมอบหมายการจัดส่งที่คำนวณในรอบที่แล้วได้ เฉพาะแผนที่ยังไม่ถึงเวลาจัดส่งจริง

การมอบหมายการจัดส่งให้กับรถโม่ จะมอบหมายคำสั่งผลิตปัจจุบันที่รถโม่ต้องจัดส่งคอนกรีตและกำหนดโรงงานถัดไปให้รถโม่เดินทางไปต่อหลังจากเทคอนกรีตคำสั่งปัจจุบันเสร็จ ซึ่งสืบเนื่องจากรถโม่สามารถรับคอนกรีตจากโรงงานใดก็ได้ภายในพื้นที่เดียวกัน

ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการทำงานของการมอบหมายการจัดส่งให้กับรถโม่ตามแนวความคิด

3.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

3.2.1 พารามิเตอร์ (Parameters)

1. I คือ ชุดของคำสั่งผลิตจำลอง (Dummy) โดยที่ i = 0,N+1,...,N+จำนวนโรงงานที่พิจารณา (N คือ คำสั่งผลิตทั้งหมด)

2. J คือ ชุดของคำสั่งผลิต โดยที่ j = 1, 2,...,N (N คือ คำสั่งผลิตทั้งหมด)

3. T คือ ชุดของรถโม่ โดยที่ t = 1,2,...,T (T คือ จำนวนรถโม่ทั้งหมด)

4. $Distance_{ij}$ คือ ระยะทางจากจุดเทของคำสั่งผลิต i ถึงโรงงานของคำสั่งผลิต j

5. $ProdT_i$ คือ เวลาเริ่มผลิตของคำสั่งผลิต i

6. $Time_SP_{ij}$ คือ เวลาเดินทางจากจุดเทลูกค้าของคำสั่งผลิต i ไปโรงงานของคำสั่งผลิต j

7. $Time_PS_Pour_i$ คือ เวลาการดำเนินงานของคำสั่งผลิต i ประกอบด้วย เวลาเดินทางจากโรงงานไปถึงจุดเทลูกค้า จนกระทั่งเทคอนกรีตเสร็จ พร้อมเดินทางออกจากจุดเทลูกค้าของคำสั่งผลิต i

8. $ProdSize_i$ คือ ปริมาณคอนกรีตที่ผลิตของคำสั่งผลิต i

9. $TruckSize_t$ คือ ปริมาณคอนกรีตที่บรรทุกได้จริงของรถโม่ t

3.2.2 ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable)

ถ้า X_{ijt} = 1 หมายถึงรถโม่คันที่ t ได้รับมอบหมายการจัดส่งสำหรับคำสั่งผลิต i และ j ตามลำดับ

ถ้า X_{ijt} = 0 หมายถึงรถโม่คันที่ t ไม่ได้รับมอบหมายการจัดส่งสำหรับคำสั่งผลิต i และ j ตามลำดับ

3.2.3 เป้าหมาย (Objective)

ระยะทางรวมของรถโม่ทุกคันในการเดินทางจากจุดเทลูกค้าไปรับคอนกรีตที่โรงงานของทุกคำสั่งผลิตต่ำที่สุด

สมการเป้าหมายสามารถเขียนในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

$$\min z = \sum_{i \in I \cup J} \sum_{j \in I \cup J} \sum_{t \in T} (Distance_{ij} \cdot X_{ijt})$$

3.2.4 ขอบข่าย (Constraints)

1. คำสั่งผลิตทุกคำสั่ง ต้องได้รับการมอบหมายให้กับรถโม่เพื่อจัดส่งคอนกรีต

2. แต่ละคำสั่งผลิตจะมีรถโม่เพียงคันเดียวเท่านั้นที่ได้รับการมอบหมายให้จัดส่งคอนกรีต

3. เวลาที่รถโม่แต่ละคันว่าง (Available) ในการดำเนินงานกับคำสั่งผลิตหนึ่ง ต้องเพียงพอสำหรับเวลาที่จะใช้จัดส่งคอนกรีตสำหรับคำสั่งผลิตนั้น ๆ

4. ขนาดบรรทุกคอนกรีตของคำสั่งผลิตต้องไม่เกินขนาดบรรทุกจริงของรถโม่

สมการขอบข่ายสามารถเขียนในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

1. ทุกคำสั่งผลิต j ต้องมีรถโม่ 1 คันเพื่อทำหน้าที่จัดส่งคอนกรีตให้กับลูกค้า

$$\sum_{i \in I \cup J} \sum_{t \in T} X_{ijt} = 1, \quad \forall j \in J$$

2. รถโม่คันเดียวกันสามารถจัดส่งคำสั่งผลิต i และ j ตามลำดับได้หรือไม่ หมายความว่า รถโม่ที่ดำเนินการกับคำสั่งผลิต i เสร็จแล้วสามารถไปรับคอนกรีตที่โรงงานของคำสั่งผลิต j ได้ทันหรือไม่

$$-K \cdot X_{ijt} - ProdT_i + ProdT_j \geq -K + Time_PS_Pour_i + Time_SP_{ij},$$

$$\forall t \in T \quad \forall i, j \in I \cup J$$

(K คือ ค่าคงที่ที่มีค่ามาก)

3. เมื่อรถโม่เข้ารับมอบหมายคำสั่งผลิตใดก็ต้องออกจากคำสั่งผลิตนั้น ได้แก่ รถโม่ที่เข้ารับมอบหมายคำสั่งผลิต j ก็ต้องออกจากคำสั่งผลิต j

$$\sum_{i \in I \cup J} X_{ijt} - \sum_{k \in I \cup J} X_{jkt} = 0, \quad \forall j \in J, \forall t \in T$$

4. คำสั่งผลิตแรกในการมอบหมายให้รถโม่แต่ละคันต้องไม่ใช้รถคันเดียวกัน

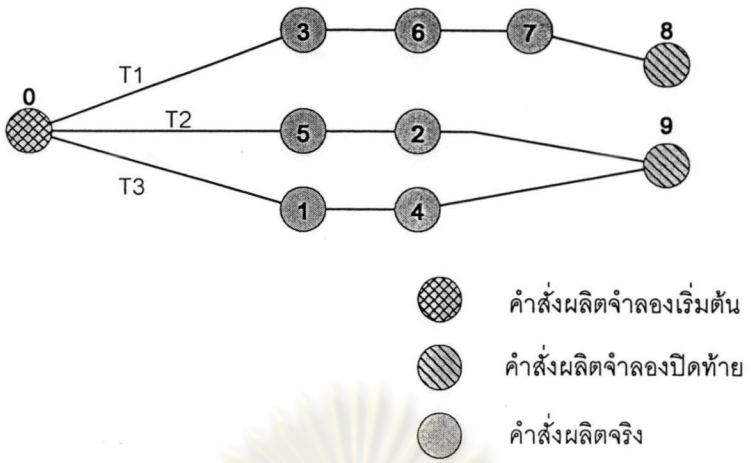
$$\sum_{j \in I \cup J} X_{0jt} \leq 1, \quad \forall t \in T$$

5. รถโม่ที่ได้รับการมอบหมายให้จัดส่งต้องมีขนาดบรรทุกจริงมากกว่าหรือเท่ากับปริมาณผลิตของแต่ละคำสั่งผลิต

$$ProdSize_i \cdot X_{ijt} \leq TruckSize_t, \quad \forall i, j \in I \cup J, \ \forall t \in T$$

3.3 ลักษณะคำตอบที่ได้จากตัวแบบการมอบหมายการจัดส่งให้รถโม่

การมอบหมายการจัดส่งให้รถโม่แต่ละคันจะอยู่ในรูปแบบสายโซ่ สาย 1 สาย แทนรถโม่ 1 คัน และวงกลมที่อยู่บนสายคือคำสั่งผลิตที่รถโม่คันดังกล่าวได้รับมอบหมายตามลำดับจากซ้ายไปขวา



ภาพที่ 3.2 ลักษณะคำตอบที่ได้จากตัวแบบการมอบหมายการจัดส่งให้รถโม่

เนื่องจากลักษณะของการมอบหมายการจัดส่งเป็นลักษณะโครงข่าย (network) ตัวแปรตัดสินใจมีลักษณะเป็นคำสั่งผลิตต่อด้วยคำสั่งผลิตที่มอบหมายให้กับรถโม่แต่ละคัน ทุกคำสั่งผลิตจริงต้องมีคำสั่งผลิตก่อนหน้าและต่อหลัง จึงต้องกำหนดให้มีคำสั่งผลิตจำลอง (dummy) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ คำสั่งผลิตจำลองเริ่มต้น สั่งผลิตจำลองปิดท้าย

การเริ่มต้น รถโม่ทุกคันจะเริ่มที่จุดเดียวกันคือ ได้รับคำสั่งผลิตจำลองเริ่มต้น หลังจากนั้นก็ได้รับคำสั่งผลิตจริงต่าง ๆ ตามลำดับ จนกระทั่งไม่มีคำสั่งผลิตให้รถคันนั้นแล้ว รถโม่ก็จะได้รับคำสั่งผลิตจำลองปิดท้าย ซึ่งจำนวนคำสั่งผลิตจำลองปิดท้ายจะมีจำนวนเท่ากับจำนวนโรงงานที่พิจารณา เป็นการแทนโรงงานที่ให้รถโม่ไปจอดกรณีที่ไม่ได้รับคำสั่งผลิต

<u>ตัวอย่าง</u> จากภาพที่ 3.2

กำหนดให้มีรถโม่ 3 คัน ได้แก่หมายเลข T1, T2, T3

โรงงาน 2 โรง ได้แก่ A, B

คำสั่งผลิตจริง 7 คำสั่ง ได้แก่ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

คำสั่งผลิตจำลองเริ่มต้น คือ 0

คำสั่งผลิตจำลองปิดท้าย คือ 8, 9 (จำนวนคำสั่งผลิตจำลองปิดท้ายเท่ากับจำนวนโรงงาน) โดยคำสั่งผลิตจำลอง 8 แทนโรงงาน A, 9 แทนโรงงาน B

จากการคำนวณด้วยตัวแบบการมอบหมายการจัดส่งให้กับรถโม่ได้ผลลัพธ์ดังนี้

T1 : 0 3 6 7 8

T2 : 0 5 2 9

T3 : 0 1 4 9

สามารถอธิบายได้ว่า

รถโม่หมายเลข T1 ได้รับการมอบหมายให้จัดส่งคำสั่งผลิตที่ 3, 6, 7 ตามลำดับ หลังจากนั้นรถคันนี้ต้องไปจอดรอรับคอนกรีตที่โรงงาน A

รถโม่หมายเลข T2 ได้รับการมอบหมายให้จัดส่งคำสั่งผลิตที่ 5, 2 ตามลำดับ หลังจากนั้นรถคันนี้ต้องไปจอดรอรับคอนกรีตที่โรงงาน B

รถโม่หมายเลข T3 ได้รับการมอบหมายให้จัดส่งคำสั่งผลิตที่ 1, 4 ตามลำดับ หลังจากนั้นรถคันนี้ต้องไปจอดรอรับคอนกรีตที่โรงงาน B

3.4 การประเมินแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เพื่อตรวจสอบว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นสามารถใช้แทนปัญหาและได้ผลตามเป้าหมายที่ตั้งไว้หรือไม่

ขั้นตอนการประเมินผลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

1. สร้างข้อมูลแบบสุ่ม

ข้อมูลที่สร้างประกอบไปด้วยข้อมูลระยะทาง ระยะเวลา รายละเอียดคำสั่งผลิต และข้อมูลรถโม่

2. คำนวณการมอบหมายการจัดส่งทุกทางเลือกที่เป็นไปได้ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 หาทางเลือกของคำสั่งผลิตที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่รถโม่แต่ละคันสามารถรับจัดส่งได้โดยคำนึงถึง เวลาจัดส่ง ขนาดบรรทุกจริง

2.2 คำนวณระยะทางรวมในการเดินทางระหว่างจุดเทลูกค้ากับโรงงานของทุกทางเลือก

2.3 เลือกทางเลือกที่มีระยะทางรวมระหว่างจุดเทลูกค้ากับโรงงานของรถโม่ทุกคันน้อยที่สุดเป็นคำตอบ

3. คำนวณการมอบหมายการจัดส่งให้กับรถโม่ด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์

4. เปรียบเทียบระยะทางรวมระหว่างข้อ 2 และ 3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการคำนวณทุกทางเลือกที่เป็นไปได้

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณแสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 3.1 ผลการคำนวณทุกทางเลือกที่เป็นไปได้

ชุดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	ทางเลือกที่เป็นไปได้	ระยะทางรวม
1	จำนวนคำสั่งผลิต = 6 จำนวนรถโม่ = 2 จำนวนโรงงาน = 2 จำนวนหน่วยงานลูกค้า = 3	รถคันที่1: 4 5 6 P2 รถคันที่2: 1 2 3 P2	**35**
		รถคันที่1: 1 2 6 P2 รถคันที่2: 4 5 3 P2	**35**
2	จำนวนคำสั่งผลิต = 6 จำนวนรถโม่ = 2 จำนวนโรงงาน = 3 จำนวนหน่วยงานลูกค้า = 4	รถคันที่1: 5 6 P2 รถคันที่2: 1 2 3 4 P2	**25**
		รถคันที่1: 5 6 4 P2 รถคันที่2: 1 2 3 P3	26
		รถคันที่1: 1 2 3 4 P2 รถคันที่2: 5 6 P2	**25**
		รถคันที่1: 1 2 3 P3 รถคันที่2: 5 6 4 P2	26
3	จำนวนคำสั่งผลิต = 7 จำนวนรถโม่ = 3 จำนวนโรงงาน = 3 จำนวนหน่วยงานลูกค้า = 4	รถคันที่1: 1 4 P2 รถคันที่2: 1 3 6 7 P2 รถคันที่3: 5 2 P3	**43**
		รถคันที่1: 5 2 P3 รถคันที่2: 3 6 7 P2 รถคันที่3: 1 4 P2	**43**
		รถคันที่1: 5 4 P2 รถคันที่2: 3 6 7 P2 รถคันที่3: 1 2 P2	47
		รถคันที่1: 1 2 P3 รถคันที่2: 3 6 7 P2 รถคันที่3: 5 4 P2	47

ผลการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ตารางที่ 3.2 ผลการคำนวณจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ชุดข้อมูล	ขนาดข้อมูล	ผลการคำนวณ	ระยะทางรวม
1	จำนวนคำสั่งผลิต = 6 จำนวนรถโม่ = 2 จำนวนโรงงาน = 2 จำนวนหน่วยงานลูกค้า = 3	รถคันที่1: 4 5 6 P2 รถคันที่2: 1 2 3 P2	35
2	จำนวนคำสั่งผลิต = 6 จำนวนรถโม่ = 2 จำนวนโรงงาน = 3 จำนวนหน่วยงานลูกค้า = 4	รถคันที่1: 5 6 P2 รถคันที่2: 1 2 3 4 P2	25
3	จำนวนคำสั่งผลิต = 7 จำนวนรถโม่ = 3 จำนวนโรงงาน = 3 จำนวนหน่วยงานลูกค้า = 4	รถคันที่1: 5 2 P3 รถคันที่2: 3 6 7 P2 รถคันที่3: 1 4 P2	43

3.5 สรุปผลการประเมินแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

การสรุปผลจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างการคำนวณจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์ กับ การคำนวณทุกทางเลือกที่เป็นไปได้ โดยผลที่ใช้เปรียบเทียบ คือ ระยะทางรวมในการเดินทางระหว่างจุดเทลูกค้ากับโรงงานของรถโม่ทุกคัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 ผลการเปรียบเทียบระหว่างการคำนวณจากตัวแบบทางคณิตศาสตร์กับ การคำนวณทุกทางเลือกที่เป็นไปได้

ชุดข้อมูล	ระยะทางรวม	
	ทางเลือกที่ดีที่สุดจากทุกทางเลือก	แบบจำลองทางคณิตศาสตร์
1	35	35
2	25	25
3	43	43

จากข้อมูลสรุปในตาราง ระยะทางรวมที่คำนวณได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับระยะทางที่คำนวณได้จากทางเลือกที่ดีที่สุดจากทุกทางเลือกที่เป็นไปได้ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์นี้สามารถใช้แทนปัญหาการมอบหมายการจัดส่งให้กับรถโม่เพื่อคำนวณหาระยะทางรวมน้อยที่สุดในการเดินทางของรถโม่ทุกคันเพื่อไปรับคอนกรีตที่โรงงานต่าง ๆ ตามคำสั่งผลิตทั้งหมดที่เกิดขึ้นได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย