ตัวแบบกำหนดการหลายระดับสำหรับปัญหาการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของศูนย์กลางกระจายสินค้า

ภัทรียา ลาสุนนท์,[1*] ดร.รักน้อย อัครรุ่งเรืองกุล,[2] ดร.เทวัญ เริ่มสูงเนิน[1]

[1]ภาควิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

โทรศัพท์ 043-202-376 E-mail[*]ann_kkumath@hotmail.com , rtawun@kku.ac.th

[2]ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น 40002

โทรศัพท์ 043-343-117 E-mail raxaka@kku.ac.th

บทคัดย่อ

กำหนดการหลายระดับ (Multi-level Programming) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างตัวแบบสำหรับหาตำแหน่งที่เหมาะสมของศูนย์กลางกระจายสินค้า (Optimal Distribution Center Location) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ต้นทุนโลจิสติกส์รวม (Total Logistic Costs) ซึ่งประกอบด้วย ค่าการขนส่งสินค้า ค่าสินค้าคงคลัง และค่าการจัดการศูนย์กลางกระจายสินค้าต่ำที่สุด สำหรับปัญหาในการศึกษาครั้งนี้จะแบ่งพารามิเตอร์ของตัวแบบออกเป็น 3 ส่วน คือ 1. ส่วนของโรงงานผลิตสินค้า ได้แก่กำลังการผลิตสินค้า 2. ส่วนของศูนย์กลางกระจายสินค้า ได้แก่ขีดความสามารถในการจัดเก็บสินค้า การเปิดและดำเนินการ การเก็บรักษาสินค้าคงคลัง การสั่งซื้อสินค้า และปริมาณสินค้าที่จุดสั่งซื้อ 3. ส่วนของลูกค้า ได้แก่ความต้องการของลูกค้า และพบว่ากำหนดการสามระดับ (Three-level Programming) มีความเหมาะสมสำหรับสร้างตัวแบบปัญหานี้ ซึ่งจะนำไปหาเฉลยด้วยระเบียบวิธีทางฮิวรีสติก (Heuristics) เช่น ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และหรือขั้นตอนวิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing) ต่อไป

คำสำคัญ: กำหนดการสองระดับ; กำหนดการสามระดับ; กำหนดการหลายระดับ; ศูนย์กระจายกลางสินค้า; โลจีสติกส์

1. บทนำ

ในปัจจุบันสภาพวิกฤตเศรษฐกิจน้ำมันแพง ส่งผลกระทบโดยตรงกับอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าทำให้ต้นทุนในการผลิตสูงขึ้น เช่นค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ผู้บริโภคมีหลายทางเลือกในการเลือกซื้อสินค้า เนื่องจากมีผู้ผลิตจำนวนมากในตลาด จึงมีการแข่งขันสูงในการแย่งชิงส่วนแบ่งทางการตลาด การมีตำแหน่งที่เหมาะสมของศูนย์กลางกระจายสินค้าเป็นวิธีการหนึ่งในการลดต้นทุนในส่วนของการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า และส่งผลให้ต้นทุนสินค้าต่ำลงได้ ซึ่งจะทำให้ได้เปรียบคู่แข่งขัน

การจัดการโลจิสติกส์ที่มีประสิทธิภาพจึงเข้ามามีบทบาทอย่างสูงในการพัฒนาและสร้างศักยภาพในการแข่งขัน ซึ่งมีแนวคิดที่มุ่งเน้นความสอดคล้องสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ตั้งแต่ต้นน้ำ (Supplier) จนถึงปลายน้ำ (Final Customer) โดยมองความต้องการของลูกค้า (Customer) แล้วย้อนกลับมามองผู้ผลิต (Manufacturer) จนถึงการจัดหาวัตถุดิบ (Supplier) การดำเนินการให้ทุกองค์กรที่อยู่ในห่วงโซ่ต่างได้รับผลประโยชน์อย่างเท่ากัน และไม่ผลักภาระต้นทุนไปให้ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง

ปัญหาโลจิสติกส์ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนรวมของระบบการจัดการองค์กร ซึ่งพบว่าปัญหาการหาตำแหน่งที่เหมาะสม (Optimal Location) ส่งผลไปสู่ต้นทุนรวมค่อนข้างมากทั้งในเครือข่ายองค์กรขนาดเล็กและขนาดใหญ่ อาจเป็นการลดเพียงในส่วนใดส่วนหนึ่ง ในสองส่วนหรือสามส่วนร่วมกันแล้วแต่ปัญหาขององค์กร

ปัจจุบันจึงเกิดแนวคิดในการสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Modeling) ของปัญหาที่เกิดขึ้นจริงเกี่ยวกับกิจกรรมทางด้านโลจิสติกส์ที่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้มากสุดด้วยต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดและคุ้มค่าที่สุด โดยมีผลกำไรสูงสุด และตัวแบบที่นิยมนำมาใช้อธิบายลักษณะปัญหาที่มีการตัดสินใจหลายลำดับขั้นที่เกี่ยวเนื่องกัน ได้แก่กำหนดการหลายระดับ เช่นกำหนดการสองระดับ(Bi-level Programming) ที่ประกอบไปด้วยฟังก์ชันจุดประสงค์ 2 ฟังก์ชัน จะสามารถแบ่งปัญหาใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยๆที่ต่อเนื่องกันได้ 2 ระดับ เช่นกิจกรรมทางด้านการขนส่ง และกิจกรรมสินค้าคงคลังที่ต้องพิจารณาร่วมกัน ลักษณะของกำหนดการจะสามารถใช้เป็นตัวแบบของกิจกรรมทางด้านโลจิสติกส์นี้ได้

Stephan Dempe [9] กล่าวว่าปัญหากำหนดการสองระดับ เป็นปัญหาการหาค่าที่เหมาะสม (Optimal) ที่มีการจัดการตามลำดับขั้นของปัญหา โดยฟังก์ชันจุดประสงค์จะเป็นการหาค่าต่ำสุด (minimize) ของปัญหาที่มีการหาค่าที่เหมาะสม 2 ขั้นตอน ซึ่งเงื่อนไขของปัญหาจะถูกกำหนด โดยค่าที่เหมาะสมของอีกปัญหาหนึ่งก่อนและที่สำคัญกำหนดการสองระดับสามารถขยายไปเป็นกำหนดการหลายระดับได้ตามแนวคิดของ Roghanian และคณะ [8] ซึ่งจะเป็นกำหนดการที่เหมาะสมยิ่งในการเป็นตัวแบบปัญหาขององค์กรที่มีโครงข่ายซับซ้อน ประกอบด้วยหลายกิจกรรมในการดำเนินการ

อย่างไรก็ตาม กิจกรรมด้านโลจิสติกส์เริ่มตั้งแต่กระบวนการผลิตไปจนถึงผู้บริโภคนั้นมีความซับซ้อนมากกว่า 2 ระดับ ดังนั้นการนำเอากำหนดการที่มีหลายระดับมาประยุกต์ใช้สร้างตัวแบบ จะทำให้ได้ตัวแบบที่ครอบคลุมกิจกรรมโลจิสติกส์ในจำนวนมากขึ้น และผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปสู่การวางแผนการบริหารจัดการเชิงโลจิสติกส์ได้ครบวงจรยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้จึงนำเสนอตัวแบบกำหนดการสามระดับเกี่ยวกับปัญหาการหาตำแหน่งที่เหมาะสมศูนย์กลางกระจายสินค้าโดยมีต้นทุนรวมต่ำที่สุด อันจะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพและขีดความสามารถในการแข่งขันที่มากขึ้นต่อไป

2. การทบทวนวรรณกรรม

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 4 ส่วนดังต่อไปนี้

1. ตัวแบบปัญหาทางด้านโลจิสติกส์ เพื่อศึกษาตัวอย่างลักษณะของปัญหา ขอบเขต วัตถุประสงค์ และรูปแบบของตัวแบบที่ใช้
2. ปัญหากำหนดการสองระดับ เพื่อศึกษาลักษณะของตัวกำหนดการ การประยุกต์ใช้กับปัญหาทางด้านต่างๆ
3. ตัวแบบกำหนดการสองระดับกับงานทางด้านโลจิสติกส์ เพื่อดูลักษณะปัญหา วัตถุประสงค์ที่ใช้กับตัวแบบนี้ และใช้เป็นพื้นฐานในการขยายแนวคิดกับงานทางด้านโลจิสติกส์ต่อไป
4. สรุปการทบทวนวรรณกรรม เพื่อรวบรวมข้อมูลในการสรุปแนวทางวิจัย

2.1. ตัวแบบปัญหาทางด้านโลจิสติกส์

Francisco และ David [3] นำเสนอตัวแบบกำหนดการเลขจำนวนเต็ม (Integer Programming Model) สำหรับปัญหาการหาตำแหน่งที่เหมาะสมในการตั้งโรงงานผลิตสินค้า (Plant Location) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ราคาสินค้า ค่าขนส่งสินค้าจากโรงงานไปยังลูกค้า และค่าการดูแลรักษาสินค้าคงคลังต่ำที่สุด

Hinojosa และคณะ [5] นำเสนอตัวแบบปัญหากำหนดการพลวัต (Dynamic Programming Model) เกี่ยวกับปัญหาการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของคลังสินค้า (Warehouse) มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ค่าใช้จ่ายรวมซึ่งประกอบไปด้วย ค่าขนส่งสินค้าจากโรงงานผ่านคลังสินค้าจนถึงมือลูกค้า ค่าการดูแลรักษาสินค้าคงคลัง และค่าใช้จ่ายในการเปิดคลังสินค้าต่ำที่สุด

Byung Ki Lee และคณะ [1] ได้อธิบายเกี่ยวกับปัญหาโครงข่ายโซ่อุปทานหลายระดับ (Multi-level Supply Chain Network) โดยศึกษาตั้งแต่การผลิตสินค้าจากโรงงานจนกระทั่งถึงมือลูกค้า โดยสินค้าจะผ่านคลังสินค้า และศูนย์กลางกระจายสินค้า และได้นำเสนอตัวแบบกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) โดยมีวัตถุประสงค์ให้ค่าใช้จ่ายรวมซึ่งประกอบด้วยค่าขนส่งสินค้า ค่าการดูแลรักษาสินค้าคงคลัง และค่าการสั่งซื้อสินค้าต่ำที่สุด

นอกจากตัวแบบที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังมีตัวแบบอื่นๆ อีกดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : สรุปตัวแบบคณิตศาสตร์ที่ใช้กับปัญหาทางด้านโลจิสติกส์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	ลักษณะปัญหา	วัตถุประสงค์	ตัวแบบคณิตศาสตร์
F.Barahona and D.Jensen (1998)	การหาตำแหน่งที่เหมาะสมของโรงงาน	ค่าขนส่งและค่าสินค้าคงคลังต่ำที่สุด	กำหนดการเลขจำนวนเต็ม
C.Pilot and S.Pilot (1999)	ปัญหาด้านการขนส่ง	ค่าขนส่งต่ำที่สุด	กำหนดการอย่างง่าย
Cengiz Hasever and John Moussourakis (2005)	ปัญหาสินค้าคงคลัง (หลายชนิด)	ค่าสินค้าคงคลังต่ำที่สุด	ผสมผสานตัวแบบกำหนดการเลขจำนวนเต็ม
Y.Hinojosa, et al.(2008)	การหาตำแหน่งที่เหมาะสมของคลังสินค้า	ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด (ค่าขนส่ง ค่าสินค้าคงคลัง ค่าการเปิด)	กำหนดการพลวัต
Byung Ki Lee, et al. (2008)	ปัญหาโครงข่ายโซ่อุปทานหลายระดับ	ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด (ค่าขนส่ง ค่าสินค้าคงคลัง ค่าการสั่งซื้อ)	กำหนดการเชิงเส้น

2.2. ปัญหากำหนดการสองระดับ

Roghanian และคณะ [8] กล่าวว่าปัญหากำหนดการสองระดับเป็นปัญหาที่ประกอบด้วยจุดตัดสินใจ 2 จุด ได้แก่ จุดที่เรียกว่า Upper level และจุดที่เรียกว่า Lower level โดยการตัดสินใจในส่วน Upper จะครอบคลุมเงื่อนไขในส่วน Lower ซึ่งจะตัดสินใจก่อนเรียบร้อยแล้ว มีรูปแบบทั่วไปของปัญหาดังต่อไปนี้

$$(U) \quad \min_{x} \quad F(x,y)$$
$$s.t. \quad G(x,y) \leq 0$$
$$(L) \quad \min_{y} \quad f(x,y)$$
$$s.t. \quad g(x,y) \leq 0$$

โดยที่ $x \in R^{n1}$ และ $y \in R^{n2}$

และสำหรับการประยุกต์ Vicente และ Calamai [11] กล่าวว่ากำหนดการสองระดับสามารถนำมาใช้กับปัญหาต่างๆ เช่น ปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) ปัญหาการจัดการ (Management Problem) และปัญหาการวางแผน (Optimal Design Problem) เป็นต้น

2.3. ตัวแบบกำหนดการสองระดับกับงานทางด้านโลจิสติกส์

Roghanian และคณะ [7] นำเสนอปัญหาทางด้านการวางแผนโซ่อุปทาน (Supply Chain Planning) เกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมของหลายๆ กระบวนการที่ต้องทำในเวลาเดียวกันเริ่มตั้งแต่ในส่วนของวัตถุดิบเข้าสู่กรรมวิธีในการผลิต การขนส่งและการกระจายสินค้าจนกระทั่งสินค้าถึงมือลูกค้า ซึ่งปัญหาเป็นแบบโครงสร้างเครือข่ายการตัดสินใจหลายระดับ (Multi-level Decision Network Structure) ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยใช้รูปแบบกำหนดการสองระดับ

Sun Huijun และคณะ [10] นำเสนอปัญหาการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของศูนย์กลางกระจายสินค้าโดยใช้ตัวแบบกำหนดการสองระดับ ซึ่งประกอบด้วย 1. The upper level จะเป็นการกำหนดตำแหน่งที่เหมาะสมภายใต้ค่าที่น้อยที่สุดของ Planner's Cost ได้แก่ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เงินลงทุนในการจัดตั้ง และ 2. The lower level จะเป็นการกำหนดดุลยภาพของความต้องการของลูกค้าและผู้วางแผนภายใต้ค่าที่น้อยที่สุดของ Customer's Cost ซึ่งได้นำระเบียบวิธีการฮิวริสติกมาใช้ในการแก้ปัญหา

2.4. สรุปการทบทวนวรรณกรรม

เนื่องจากตัวแบบที่เคยศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการหาตำแหน่งที่เหมาะสม เป็นการพิจารณาในหนึ่งระดับหรือสองระดับเท่านั้น ซึ่งพบว่าตัวแบบกำหนดการสองระดับครอบคลุมกิจกรรมโลจิสติกส์ได้มากกว่าหนึ่งระดับ และจากแนวคิดในการขยายกำหนดการสองระดับไปเป็นกำหนดการหลายระดับ ทำให้ผู้วิจัยมุ่งประเด็นการศึกษาไปยังการสร้างตัวแบบกำหนดการหลายระดับ(สามระดับ) กับปัญหาการหาตำแหน่งที่เหมาะสมกับโครงข่ายองค์กรหลายระดับ(สามระดับ) เพื่อให้ต้นทุนรวมในการจัดการเครือข่ายต่ำที่สุด ซึ่งยังไม่มีการนำมาใช้กับปัญหาทางด้านนี้

3. ตัวแบบกำหนดการสามระดับที่นำเสนอ

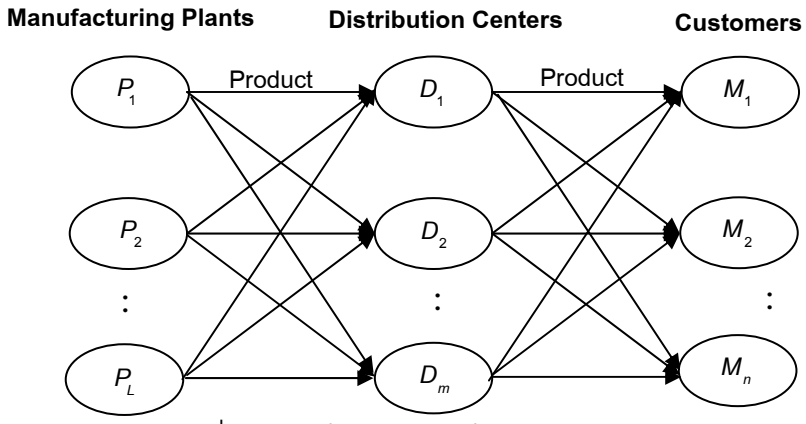
3.1. ขอบเขตปัญหา

ปัญหานี้เป็นปัญหาการหาตำแหน่งที่เหมาะสม (Optimal Location) ของโซ่อุปทานที่ประกอบด้วย

3.1.1. โรงงานผลิตสินค้า(Manufacturing Plants) กำหนดให้มีจำนวน L แห่ง โดยที่โรงงานจะผลิตสินค้าประเภทเดียว(Single Product) ทั้งหมดเองตามกำลังผลิต และจะไม่มีการรับซื้อจากภายนอก

3.1.2. ศูนย์กลางกระจายสินค้า(Distribution Centers) กำหนดให้มี M แห่ง โดยไม่มีนโยบายสินค้าขาดมือ กล่าวคือการมีสินค้าคงคลังในศูนย์กลางกระจายสินค้า

3.1.3. ลูกค้า (Customers) กำหนดให้มีจำนวน N คน โดยลูกค้ามีความต้องการสินค้าแบบ Deterministic Demand กล่าวคือความต้องการเป็นแบบแน่นอนในช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งสามารถสรุปโครงสร้างขอบเขตปัญหาได้รูปที่ 1



รูปที่ 1 : แสดงโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานของปัญหา

3.2. วัตถุประสงค์ของปัญหา

เพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสมของศูนย์กลางกระจายสินค้า รวมทั้งจำนวนสินค้าที่จัดส่งจากโรงงานมายังศูนย์กลางกระจายสินค้าที่มีการสั่งซื้อสินค้า และจำนวนสินค้าที่จัดส่งจากศูนย์กลางกระจายสินค้าไปยังลูกค้า โดยมีต้นทุนรวม ซึ่งประกอบด้วย ต้นทุนการขนส่งสินค้า ต้นทุนสินค้าคงคลัง และต้นทุนการจัดการศูนย์กลางกระจายสินค้าต่ำที่สุด

3.3. ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่ใช้

3.3.1. ตัวแปรตัดสินใจ

$$D_j = \begin{cases} 1 \ , & \text{เมื่อศูนย์กลางกระจายสินค้า j เปิด} \\ 0 \ , & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$$

$$X_j = \begin{cases} 1 \ , & \text{เมื่อศูนย์กลางกระจายสินค้า j สั่งซื้อสินค้าจากโรงงาน} \\ 0 \ , & \text{อื่น ๆ} \end{cases}$$

3.3.2. พารามิเตอร์กำหนดดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 : สรุปพารามิเตอร์ที่ใช้ในตัวแบบปัญหา

ตัวแปรปัญหา	**Plant (i)**	→	**DC (j)**	→	**Market (k)**
1. Customer demand					D_k
2. Capacity 2.1 Physical point 2.2 Link	 CP_i 	 CPD_{ij}	 CD_j 	 CDM_{jk}	
3. Distribution cost 3.1 Opening cost 3.2 Operating cost			 a_j b_j		
4. Invemtory cost 4.1 Holding cost 4.2 Odering cost			 HD_j OD_j		
5. Inventory control 5.1 Order quantity(Lot size) 5.2 Reorder point		 QPD_{ij} 	 ID_j	 QDM_{jk} 	
6. Transportation cost		TPD_{ij}		TDM_{jk}	

โดยที่

D_k : ความต้องการของลูกค้าที่ k

CP_i : กำลังการผลิตสินค้าของโรงงานที่ i

CD_j : ขีดความสามรถในการจัดเก็บสินค้าของ DC ที่ j

CPD_{ij} : กำลังการขนส่งสินค้าต่อรอบจากโรงงานที่ i ไปยัง DC ที่ j

CDM_{jk} : กำลังการขนส่งสินค้าต่อรอบจาก DC ที่ j ไปยังลูกค้าที่ k

a_j : ค่าใช้จ่ายในการเปิด DC ที่ j

b_j : ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของ DC ที่ j

HD_j : ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาสินค้าคงคลังของ DC ที่ j

OD_j : ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสินค้าของ DC ที่ j ต่อครั้ง

QPD_{ij} : ปริมาณสินค้าที่ส่งจากโรงงานที่ i ไปยัง DC ที่ j

QDM_{jk} : ปริมาณสินค้าที่ส่งจาก DC ที่ j ไปยังลูกค้าที่ k

ID_j : ปริมาณสินค้าที่จุดสั่งซื้อสินค้าของ DC ที่ j

TPD_{ij} : ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าต่อหน่วยจากโรงงานที่ i ไปยัง DC ที่ j

TDM_{jk} : ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าต่อหน่วยจาก DC ที่ j ไปยังลูกค้าที่ k

3.4. ตัวแบบกำหนดการสามระดับ (Three-level Programming Model)

ระดับที่ 1 : ฟังก์ชันจุดประสงค์ $\min \quad F1 = \sum_j \left(a_j + b_j\right) D_j$

เงื่อนไข $\sum_j D_j \geq 1$ (1)

$D_j \in \{0,1\}$

ระดับที่ 2 : ฟังก์ชันจุดประสงค์ $\min \quad F2 = \sum_j X_j OD_j + ID_j HD_j$

เงื่อนไข $\sum_i QPD_{ij} + ID_j = \sum_k QDM_{jk} \quad , \quad \forall j$ (2)

$\sum_j X_j \geq 1$ (3)

$ID_j \leq Big\,M \cdot D_j$ (4)

$ID_j \geq 0 \quad , \quad \forall j$ (5)

$X_j \in \{0,1\}$

ระดับที่ 3 : ฟังก์ชันจุดประสงค์ $\min \quad F3 = \sum_i \sum_j QPD_{ij} \cdot TPD_{ij} + \sum_j \sum_k QDM_{jk} \cdot TDM_{jk}$

เงื่อนไข $\sum_j QPD_{ij} \leq CP_i \quad , \quad \forall i$ (6)

$QPD_{ij} \leq CPD_{ij} \quad , \quad \forall i, j$ (7)

$\sum_i QPD_{ij} + ID_j \leq CD_j \quad , \quad \forall j$ (8)

$\sum_j QDM_{jk} = D_k \quad , \quad \forall k$ (9)

$QDM_{jk} \leq CDM_{jk} \quad , \quad \forall j, k$ (10)

$\sum_k QDM_{jk} \leq \sum_i QPD_{ij} + ID_j \quad , \quad \forall j$ (11)

$\sum_i QPD_{ij} \leq Big\,M \cdot X_j \quad , \quad \forall j$ (12)

$QPD_{ij} \geq 0 \quad QDM_{ij} \geq 0 \quad , \quad \forall i, j, k$ (13)

3.4.1. วัตถุประสงค์ในระดับที่ 1 เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการจัดการศูนย์กลางกระจายสินค้าต่ำสุด

เงื่อนไข (1) : เป็นการยืนยันว่าอย่างน้อยต้องมีการเปิดศูนย์กลางกระจายสินค้า 1 แห่ง

3.4.2. วัตถุประสงค์ในระดับที่ 2 เพื่อให้ค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสินค้าคงคลังต่ำสุด

เงื่อนไข (2) : ปริมาณสินค้าที่ส่งมาจากทุกโรงงานมายัง *DC* ที่ *j* รวมกับสินค้าที่จุดสั่งซื้อของ *DC* ที่ *j* จะต้องเท่ากับปริมาณสินค้าที่ทุกคนต้องการจาก *DC* ที่ *j*

เงื่อนไข (3) : เป็นการยืนยันว่าอย่างน้อยต้องมีการสั่งซื้อสินค้าจากโรงงาน

เงื่อนไข (4) : ปริมาณสินค้าที่จุดสั่งซื้อของ *DC* ที่ *j* จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปิด *DC* ที่ *j*

เงื่อนไข (5) : ปริมาณสินค้าที่จุดสั่งซื้อของแต่ละ DC เป็นศูนย์ เมื่อไม่มีการสั่งซื้อ

3.4.3. วัตถุประสงค์ในระดับที่ 3 เพื่อให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าต่ำสุด

เงื่อนไข (6) : ปริมาณสินค้าที่ส่งจากโรงงานที่ i ไปยังทุก DC ย่อมไม่เกินกำลังการผลิตของโรงงานที่ i

เงื่อนไข (7) : ปริมาณสินค้าที่ส่งจากโรงงานที่ i ไปยัง DC ที่ j ต้องไม่เกินกำลังการขนส่งสินค้าต่อรอบ

เงื่อนไข (8) : ปริมาณสินค้าที่ส่งจากทุกโรงงานไปยัง DC ที่ j รวมกับปริมาณสินค้าที่จุดสั่งซื้อของ DC ที่ j ต้องไม่เกินความสามารถในการจัดเก็บสินค้าของ DC ที่ j

เงื่อนไข (9) : ปริมาณสินค้าที่ส่งจากทุก DC ไปยังลูกค้าที่ k เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า

เงื่อนไข (10): ปริมาณสินค้าที่ส่งจาก DC ที่ j ไปยังลูกค้าที่ k ไม่เกินกำลังการขนส่งสินค้าต่อรอบ

เงื่อนไข (11): ปริมาณสินค้าที่ทุกคนต้องการจาก DC ที่ j ย่อมไม่เกินปริมาณการนำเข้าจากทุกโรงงานรวมกับปริมาณสินค้าคงเหลือที่จุดสั่งซื้อ

เงื่อนไข (12): ปริมาณสินค้าที่นำเข้าจากทุกโรงงานมายัง DC ที่ j จะเกิดขึ้นเมื่อ DC ที่ j มีการสั่งซื้อสินค้า

เงื่อนไข (13): ปริมาณสินค้าที่ส่งจากโรงงาน i ไปยัง DC ที่ j และจาก DC ที่ j ไปยังลูกค้าที่ k จะเป็นศูนย์ เมื่อไม่มีการส่งสินค้า

และ *Big M* : ใช้แทนจำนวนจริงที่มีค่ามากพอ

4. ขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหา (Algorithm of Three-level Programming)

4.1 แนวคิดในการคำนวณ

กำหนดค่าเริ่มต้นของตัวแปรตัดสินใจในเงื่อนไขระดับต่างๆ เพื่อกำหนดขอบเขตโดเมนของปัญหาเริ่มต้นที่การหาผลเฉลยในระดับที่ 3 จากนั้นนำไปแทนค่าเพื่อหาผลเฉลยระดับที่ 2 ในทำนองเดียวกันกำหนดตัวแปรตัดสินใจขึ้นมาอีกชุดหนึ่งเพื่อหาผลเฉลยใหม่ และนำผลเฉลยทั้งสองไปเปรียบเทียบกันเพื่อหาคำตอบที่ดีกว่า และนำไปแทนค่าเพื่อหาผลเฉลยในระดับที่ 1 ในทำนองเดียวกันนำผลเฉลยที่ได้ไปเปรียบเทียบเพื่อหาคำตอบที่ดีกว่า ทำไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้คำตอบที่เป็นผลเฉลยที่ดีที่สุด จากผลเฉลยทั้งหมดที่เป็นไปได้ ซึ่งตัวแปรตัดสินใจชุดสุดท้ายที่กำหนดขึ้นจะเป็นคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัญหากำหนดการสามระดับที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของทั้งสามระดับ

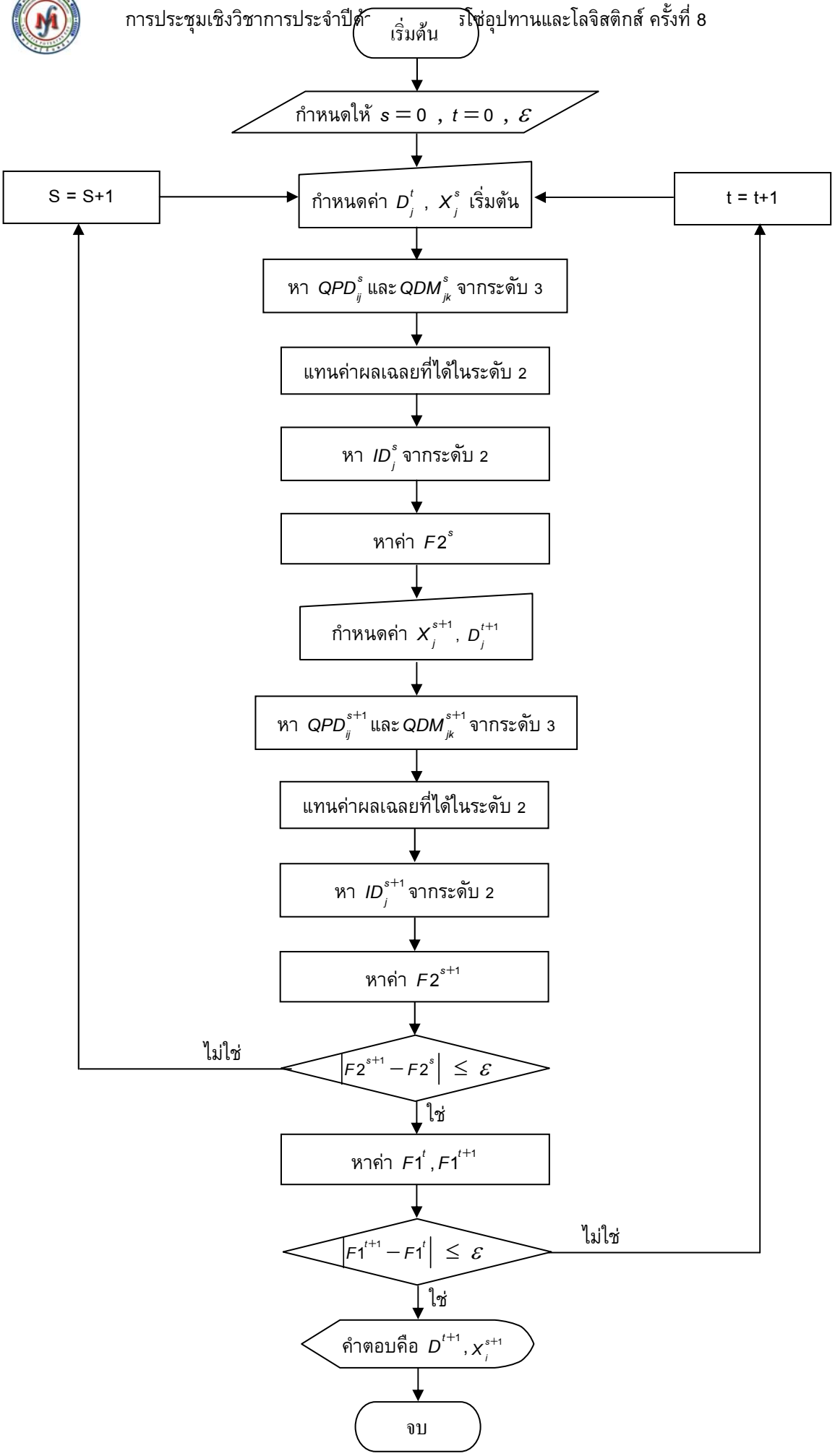
4.2 ขั้นตอนวิธีการคำนวณ

จากหลักการข้างต้นสามารถสรุปเป็นข้อๆ ได้ดังต่อไปนี้

1. สมมติคำตอบเริ่มต้นของตัวแปรตัดสินใจ $D_j^0 = (d_1, d_2, d_3, \ldots, d_m)$; $d_j \in \{0,1\}, j = 1,2,3,\ldots,m$
2. สมมติค่าเริ่มต้นของตัวแปรตัดสินใจ $X_j^0 = (x_1, x_2, x_3, \ldots, x_m)$; $x_j \in \{0,1\}, j = 1,2,3,\ldots,m$
3. กำหนดค่าเริ่มต้นกระบวนการทำซ้ำให้ $s = 0$, $t = 0$ และ ε (ค่าความคลาดเคลื่อนในการลู่เข้า)
4. แทนค่า X_j^s ในเงื่อนไขของกำหนดการระดับที่ 3 พร้อมทั้งหาผลเฉลย
5. ให้ผลเฉลยที่ได้เท่ากับ QPD_{ij}^s และ QDM_{jk}^s
6. แทนค่า D_j^t, X_j^s, QPD_{ij}^s และ QDM_{jk}^s ในเงื่อนไขกำหนดการระดับที่ 2 พร้อมทั้งหาผลเฉลย
7. ให้ผลเฉลยที่ได้เท่ากับ ID_j^s
8. หาค่า $F2^s$ โดยแทนค่า ID_j^s ในฟังก์ชันจุดประสงค์ของกำหนดการระดับที่ 2

9. สมมติค่า $X_j^{s+1} = (x_1, x_2, x_3, \ldots, x_m)$; $x_j \in \{0,1\}, j = 1,2,3,\ldots,m$
และ $D_j^{t+1} = (d_1, d_2, d_3, \ldots, d_m)$; $d_j \in \{0,1\}, j = 1,2,3,\ldots,m$ อีกครั้ง
10. แทนค่า X_j^{s+1} ในเงื่อนไขของกำหนดการระดับที่ 3 พร้อมทั้งหาผลเฉลย
11. ให้ผลเฉลยที่ได้เท่ากับ QPD_{ij}^{s+1} และ QDM_{jk}^{s+1}
12. แทนค่า D_j^{t+1}, X_j^{s+1}, QPD_{ij}^{s+1} และ QDM_{jk}^{s+1} ในเงื่อนไขกำหนดการระดับที่ 2 พร้อมทั้งหาผลเฉลย
13. ให้ผลเฉลยที่ได้เท่ากับ ID_j^{s+1}
14. หาค่า $F2^{s+1}$ โดยแทนค่า ID_j^{s+1} ในฟังก์ชันจุดประสงค์ของกำหนดการระดับที่ 2
15. ตรวจสอบการทำซ้ำถ้า $\left|F2^{s+1} - F2^{s}\right| \leq \varepsilon$ แล้วทำต่อในขั้นตอนต่อไป
แต่ถ้าไม่ใช่ให้กำหนด $s = s + 1$ แล้วย้อนกลับไปทำในข้อ 4 อีกครั้ง
16. หาค่า $F1^{t}$ และ $F1^{t+1}$ โดยแทนค่า D_j^{t} และ D_j^{t+1} ในฟังก์ชันจุดประสงค์ของกำหนดการระดับที่ 1 ตามลำดับ
17. ตรวจสอบการทำซ้ำถ้า $\left|F1^{t+1} - F1^{t}\right| \leq \varepsilon$ **แล้วคำตอบที่เหมาะสมคือ** D_j^{t+1} และ X_j^{s+1}
แต่ถ้าไม่ใช่ให้กำหนด $t = t + 1$ แล้วย้อนกลับไปทำในข้อ 4 อีกครั้ง

ซึ่งสามารถสรุปเป็นผังขั้นตอนการดำเนินงาน ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2: แสดงขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหากำหนดการสามระดับ

5. บทสรุปและงานวิจัยในอนาคต

ผลงานวิจัยที่ออกมาเป็นการนำเสนอตัวแบบกำหนดการสามระดับกับปัญหาการหาตำแหน่งที่เหมาะสมของศูนย์กลางกระจายสินค้าในโครงข่ายองค์กร 3 ระดับ พร้อมทั้งนำเสนอขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาเพื่อให้ต้นทุนรวมขององค์กรต่ำที่สุด เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเราสามารถสร้างตัวแบบใหม่ๆ ในรูปแบบของกำหนดการหลายระดับ เพื่ออธิบายเกี่ยวกับปัญหาการหาตำแหน่งที่เหมาะสม และปัญหาทางด้านโลจิสติกส์อื่นๆ ได้ ซึ่งส่งผลให้การจัดการเชิงโลจิสติกส์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

งานวิจัยในอนาคต คือ การหาผลเฉลยของตัวแบบกำหนดการสามระดับตามขั้นตอนที่ได้นำเสนอ ด้วยระเบียบวิธีทางด้านฮิวรีสติก เช่น ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และหรือขั้นตอนวิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing) พร้อมทั้งตัวอย่างในการคำนวณ

บรรณานุกรม

[1] Byung Ki Lee, Kyung Hwan Kang, Young Hoon Lee, 2008, Decomposition heuristic to minimize total cost in a multi-level supply chain network, Computer & Industail Engineering 54, 954-959.

[2] Chenggen Shi, Jie Lu, Guangguan Zhang, 2005, An extended Kuhn-Tucker approach for linear bi-level programming, Applied Mathetics and Computation 162,51-63.

[3] Francisco Barahona, David Jensen, 1998, Plant location with minimum inventory, Mathematical Programming 83,101-111.

[4] Gengiz Haksever, John Moussourakis, 2005, A model for optimizing multi-product inventory systems with multiple constraints, International Journal of Production Economics 97,18-30.

[5] Hinojosa,Y., Kalcsics,J., Nickel., Puerto,J., Velten,S., 2008, Dynamic supply chain with inventory, Computer&Operation Research 35, 373-391.

[6] Pilot, C., Pilot, S., 1999, A model for allocated versus actual cost in assignment and transportation problems, European Journal of Operational Research 112, 570-581.

[7] Roghanian, E., Sadjadi, S.J., Aryanezhad, M.B., 2007, A probabilistic bi-level linear multi-objective programming problem to supply chain planning, Applied Mathematics and Computation 188, 786-800.

[8] Roghanian, E., Aryanezhad, M.B., Sadjadi, S.J., 2008, Integrating goal programming, Khun-Tucker conditions, and penalty function approaches to solve linear bi-level programming problems, Applied Mathematics and Computation 195, 585-590.

[9] Staphan Dempe, 2006, Optimization with Multivalued Muppings: Theory, Applications and Algorithms, Springer.

[10] Sun Huijun, Gao Ziyou, Wu Jianjun, 2008, A bi-level programming model and solution algorithm for the location of logistics distribution centers, Applied Mathematical Modelling 32,610-616.

[11] Vicente, L.N., Calamai, P.H., 1994, Bi-level and multilevel programming: a bibliography review, Journal of Global Optimization 5(3), 291-306.