สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงรายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยจะประกอบด้วยขั้นตอนวิธีการนำเสนอแบบในระนาบ 2 มิติ ความหมายของระบบผู้เชี่ยวชาญ ตามด้วยงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่นำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic algorithm) รวมกับเทคนิคการค้นหาต่างๆ การนำอัลกอริทึมการทำงานเชิงละโมบ (Greedy algorithm) ร่วมกับเทคนิค No-fit-polygon และการค้นหาเฉพาะที่ (Local search) และการนำอัลกอริทึมการทำงานแบบมด (Ant algorithm) มาร่วมกับ No-fit-polygon ในตอนท้ายจะกล่าวถึงการเสนอโครงสร้างอัลกอริทึมแบบศึกษาสำนึกชื่ออัลกอริทึมโทโพส (TOPOS)

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ในระนาบ 2 มิติ และระบบผู้เชี่ยวชาญ โดยอธิบายในหัวข้อต่อไปนี้

2.1.1 ขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์กราฟิกส์ในระนาบ 2 มิติ

งานวิจัยนี้เป็นการนำอัลกอริทึมทางด้านคอมพิวเตอร์กราฟิกส์มาช่วยในการวางแบบเกี่ยวข้องกับการสร้างและแสดงภาพในระนาบ 2 มิติ โดยมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

- การเปลี่ยนขนาด (Scaling)

  เป็นการเพิ่มหรือลดขนาดการนำเสนอรูปหลายเหลี่ยม เนื่องจากแบบที่รับเข้าในระบบมีขนาดใหญ่ เมื่อนำเสนอในระบบจะต้องทำการลดขนาด โดยที่มีสูตรดังนี้

  $$X' = S_x \bullet X \quad \text{และ} \quad Y' = S_y \bullet Y \qquad (2\text{-}1)$$

  โดยที่ X, Y คือ ตำแหน่งปัจจุบัน

  X', Y' คือ ตำแหน่งใหม่

  S_x, S_y คือ มาตราส่วนที่ต้องการในแนวแกน Xและแกน Y

- การหาพื้นที่รูปหลายเหลี่ยม (Polygon's area calculation)

  รูปหลายเหลี่ยมเป็นรูปที่ประกอบด้วยจุดตั้งแต่ 3 จุดขึ้นไป ในการคำนวณหาพื้นที่ของรูปหลายเหลี่ยมทำได้โดยสูตรการทำงานในกรอบต่อไปนี้

$Y' = X \cdot SIN\theta + Y \cdot COS\theta$ $A := 0$ และ $B := 0$
สำหรับ $i := 0$ ถึง จำนวนจุดของแบบทั้งหมด ทำ
เริ่ม
ถ้า i = จำนวนจุดของแบบทั้งหมด แล้ว
เริ่ม
$A := A +$ (ค่าจุด X ของตำแหน่งที่ i * ค่าจุด Y ของตำแหน่งที่ 0)
$B := B +$ (ค่าจุด Y ของตำแหน่งที่ i * ค่าจุด X ของตำแหน่งที่ 0)
จบ แล้วถ้าไม่ใช่
เริ่ม
$A := A +$ (ค่าจุด X ของตำแหน่งที่ i * ค่าจุด Y ของตำแหน่งที่ $i+1$)
$B := B +$ (ค่าจุด Y ของตำแหน่งที่ i * ค่าจุด X ของตำแหน่งที่ $i+1$)
จบ
จบ
พื้นที่ := $|A-B| / 2$

- การหมุน (Rotation)

การหมุนแกนไปเป็นมุมตามที่ต้องการจึงทำให้เทอม X และ Y โดยมีสูตรดังนี้

$X' = X \cdot COS\theta - Y \cdot SIN\theta$ และ $Y' = X \cdot SIN\theta + Y \cdot COS\theta$ (2-2)

โดยที่ X, Y คือ ตำแหน่งปัจจุบัน
X', Y' คือ ตำแหน่งใหม่
θ คือ องศาที่ต้องการหมุน

- การเคลื่อนที่ (Translation)

เป็นการเคลื่อนย้ายรูปจากตำแหน่งเริ่มต้นไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยมีสูตรดังนี้

$X' = X + D_x$ และ $Y' = Y + D_y$ (2-3)

โดยที่ X, Y คือ ตำแหน่งปัจจุบัน
X', Y' คือ ตำแหน่งใหม่
D_x, D_y คือ ระยะทางที่ขนาน
แนวแกน X และแกน Y

- การนำเสนอรูปหลายเหลี่ยม (Polygon representation)
  รูปหลายเหลี่ยมประกอบด้วยจุด (X,Y) ร่วมของรูป โดยที่จุดจะเรียงตามลำดับจุดประกอบด้าน ในการนำเสนอรูปหลายเหลี่ยมเป็นการวาดด้านประกอบรูปซึ่งได้จากการวาดเส้นจากจุดประกอบด้านของรูป

2.1.2 ระบบผู้เชี่ยวชาญ

ระบบฐานข้อมูลความรู้ผู้เชี่ยวชาญ (Knowledge-based expert systems) หรือระบบผู้เชี่ยวชาญ [2] เป็นระบบที่ใช้ข้อมูลความรู้ความชำนาญของมนุษย์ที่อยู่ในรูปแบบข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ในการแก้ปัญญา โดยเลียนแบบการคิด การวิเคราะห์ของมนุษย์ ระบบผู้เชี่ยวชาญมีการใช้ข้อมูลหรือกฎในรูปแบบข้อมูลทางคอมพิวเตอร์แทนความรู้ความชำนาญ โดยที่กฎหรือข้อมูลจะถูกเรียกใช้ทำงานเมื่อต้องการแก้ปัญญา เปรียบเสมือนกับหนังสือหรือคู่มือมีความรู้อย่างมหาศาลแต่มนุษย์เป็นผู้อ่านและตีความหมายในการนำมาใช้งาน

การเขียนโปรแกรมแบบเดิมมีลักษณะการทำงานที่ใช้ตรรกวิทยาในการตัดสินใจเลือกการทำงาน (Decision-making logic) อย่างมีระบบ โดยการใส่ความรู้เพียงเล็กน้อยของอัลกอริทึมพื้นฐานสำหรับการแก้ปัญหาที่เป็นปัญญาเฉพาะและเงื่อนไขที่มีขอบเขตชัดเจน การนำความรู้มาใช้ในโปรแกรมแบบเดิมนั้น โดยทั่วไปจะเป็นการเขียนโปรแกรมคำสั่ง (Code) ให้เป็นส่วนหนึ่งภายในโปรแกรม ดังนั้นเมื่อความรู้มีการเปลี่ยนแปลง โปรแกรมจึงต้องทำการเปลี่ยนแปลงและสร้างใหม่ตามไปด้วย

ระบบฐานข้อมูลความรู้ (Knowledge-based system) เป็นฐานข้อมูลเก็บรวบรวมความรู้ของมนุษย์ในรูปแบบข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ หลักการของระบบฐานข้อมูลความรู้คือ ทำอย่างไรให้สามารถใช้ความรู้ที่มีอยู่ในการแก้ปัญหาได้อย่างมีเหตุผลและเหมาะสม ปัญหาที่แตกต่างกันภายใต้ขอบเขตของฐานความรู้เดียวกัน สามารถใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นในการแก้ปัญหา โดยไม่ต้องทำการเขียนโปรแกรมใหม่

ความสามารถของระบบผู้เชี่ยวชาญ อธิบายได้โดยใช้หลักการและเหตุผลของขั้นตอนการทำงานแบบการตามรอยย้อนกลับ (Back-traces) ปัญหาในการจัดการระดับความแม่นยำ (Precise) และความไม่มั่นใจ (unconfident) สนับสนุนให้มีการเพิ่มเติมคุณสมบัติบางประการที่การเขียนโปรแกรมในแบบเดิมไม่สามารถจัดการแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการจัดวางแบบในระนาบ 2 มิติ มีการนำวิธีการและขั้นตอนต่างๆ มาช่วยในงานวิจัยอย่างต่อเนื่อง สามารถแบ่งกลุ่มตามอัลกอริทึมหลักที่ใช้ในงานวิจัยได้ดังนี้

2.2.1 การนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมรวมกับเทคนิคการค้นหาแบบต่างๆ

ในปัจจุบันมีการนำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาช่วยในการแก้ปัญหาหลายประเภท เช่นงานวิจัยของ แฟลเคนูเออร์ [3] ที่อธิบายการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและการแยกกลุ่มของปัญหา หรืองานวิจัยของ เอ็มฮาล์ลาฮ์ และคณะ [4] เสนอพฤติกรรมการวางแบบของผู้วางแบบ ที่ได้จากการวิเคราะห์แผนการวางแบบ ผู้วางแบบจะวางแบบที่ซ้ายสุดโดยใช้ความกว้างให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด โดยให้เกิดพื้นที่ว่างระหว่างแบบน้อยที่สุด คือพยายามนำแบบที่มีความพอดีที่สุดวางเป็นชิ้นถัดไปในพื้นที่ว่างที่เกิดจากการวางแบบก่อนหน้านี้ ผู้วางแบบตัดสินใจเริ่มต้นวางแบบที่มีขนาดใหญ่ก่อน และนำแบบที่มีขนาดเล็กวางแทรกลงในช่องว่างที่เกิดจากการวางแบบ โดยการวางแบบอนุกรม (Sequential placement) ถูกนำมาใช้ในเงื่อนไขเกี่ยวกับวิธีเชิงพันธุกรรม จากงานวิจัยนี้ให้ผลการทดลองที่ดีโดยเฉพาะในส่วนการการจัดลำดับของแบบ วิธีการเชิงพันธุกรรมช่วยปรับปรุงการค้นหาลำดับชิ้นต่อไป ช่วยลดเวลาในการคำนวณ ในงานวิจัยมีการเสนอแนะให้นำเทคนิคของผู้วางมาช่วยในการตรวจหาลำดับแบบร่วมกับวิธีเชิงพันธุกรรม โดยที่ผู้ใช้สามารถระบุกระบวนการคัดเลือกเชิงพันธุกรรม (Genetic selection) ระหว่างกลุ่มประชากรเริ่มต้นโดยการกำจัดและ/หรือเพิ่มส่วนประกอบที่แน่นอน อาจทำให้ผลลัพธ์ดีขึ้นได้

มาดาราส์มัย และคณะ [5,6] นำขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาโดยมีขั้นตอนดังนี้ ทำการกำหนดและเริ่มต้นประชากรโดยใช้วิธีการสุ่ม (Random solution) ประเมินความยาวของผ้าที่ต้องใช้ในการวางแบบและจัดเก็บค่าโดยเรียงลำดับค่าน้อยไปมาก มีการใช้ความยาวของแบบในการแบ่งกลุ่มแบบไปยังสายโครโมโซมและคำนวณประสิทธิภาพของแต่ละสายโครโมโซม แล้วใช้วิธีการสุ่มร่วมกับการทำงานวิธีเชิงพันธุกรรมซ้ำจนไม่สามารถได้ประสิทธิภาพที่ดีขึ้นกว่าเดิม ผลลัพธ์ที่ได้จะมีประสทธิภาพดีที่สุด และมีการปรับปรุงงานวิจัยด้วยการนำผลเฉลยบางส่วน (Partial solution) มาใช้ เพื่อแยกแบบที่หาได้จากผลเฉลยบางส่วนออกจากกลุ่มลำดับการวางแบบ และทำการวิธีเชิงพันธุกรรมอีกครั้ง โดยยอมให้มีการหมุนแบบได้ 180 องศา แต่ประสิทธิภาพที่ได้ยังน้อยกว่าการวางแบบของผู้เชี่ยวชาญอยู่ 1-3% และผู้ทำงานวิจัยนี้มีความตั้งใจที่จะปรับระบบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพให้เทียบเท่ากับการวางของผู้เชี่ยวชาญ

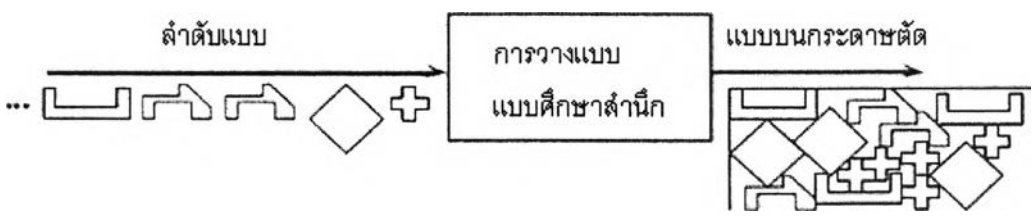
เชน และคณะนำเสนอ [7] การเปรียบเทียบหลายวิธีการทำงานของวิธีการเชิงละโมบ (Greedy algorithm) ในการวางแบบบนระนาบ 2 มิติ แต่ไม่ได้มุ่งเน้นไปที่การวางแบบทางอุตสาหกรรมเครื่องนุ่งห่ม และมีการนำวิธีเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการวิจัยร่วมด้วย โดยกล่าวสรุปผลไว้ว่าวิธีเชิงพันธุกรรมใช้เวลาค่อนข้างมากในช่วงการทำกระบวนการเชิงพันธุกรรมและไม่ได้ผลการทำงานที่ดีไปกว่ากระบวนการเชิงละโมบสำหรับจำนวนแบบในการทดลองน้อยๆ แต่ให้ผลแม่นยำกว่าการทำงานของกระบวนการเชิงละโมบสำหรับแบบที่มีรูปทรงไม่แน่นอน

2.2.2 การนำขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบใหม่มาใช้ในการแก้ปัญหา

บลูค และเคนแดลล์ นำความไม่พอดีของรูปหลายเหลี่ยมที่นำเสนอแนวคิดโดย อาร์ท (Art) [8] ร่วมกับ 3 ขั้นตอนวิธีเชิงวิวัฒนาการ คือ ขั้นตอนวิธีจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing) ขั้นตอนวิธีค้นหาแบบต้องห้าม (Tabu search) และขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม โดยขั้นตอนวิธีค้นหาสิ่งต้องห้ามให้ความสามารถในการแก้ปัญหาได้ดีที่สุด ต่อมาทั้งสองได้นำอัลกอริทึมการทำงานแบบมด (Ant algorithm) [9] มาทดลองเปรียบเทียบกับงานเดิมซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองว่าอัลกอริทึมการทำงานแบบมดให้ผลเชิงสนับสนุนและยังให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้ที่จะใช้ขั้นตอนวิธีจำลองการอบเหนียว แต่ไม่สามารถเทียบกับการทำงานของขั้นตอนวิธีค้นหาแบบต้องห้ามได้ และมีแนวความคิดที่จะนำเสนออัลกอริทึมการทำงานแบบมดกับเทคนิคการค้นหาในผลงานต่อไป

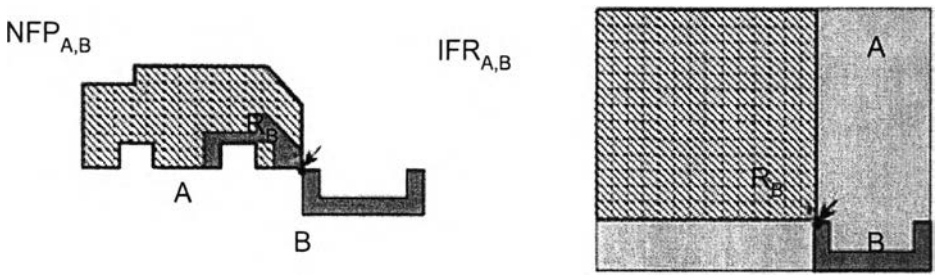
2.2.3 การนำวิธีการเชิงละโมบรวมกับเทคนิคต่างๆ

ในงานวิจัยของโกเมสและโอลิเวียรา [10] ได้นำวิธีการเชิงละโมบร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่และลักษณะการวางแบบที่ปรับตัวให้เหมาะสมด้วยตนเองหรือแกรส์พ (GRASP :- Greedy Randomised Adaptive Search Procedure) กล่าวถึงการวางแบบที่จะทำการวางทีละแบบโดยที่เลือกจากแบบทั้งหมดที่เหมาะสมกับแบบที่วางไว้แล้ว แสดงการทำงานดังรูปที่ 2-1



รูปที่ 2-1 การวางแบบที่ปรับตัวให้เหมาะสมด้วยตนเอง

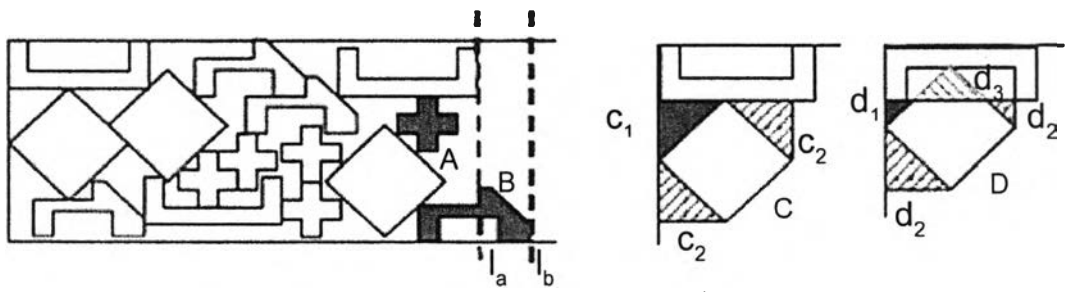
โดยใช้หลักการความไม่พอดีของรูปหลายเหลี่ยมและความพอดีภายในรูปสี่เหลี่ยมดังแสดงในรูปที่ 2-2



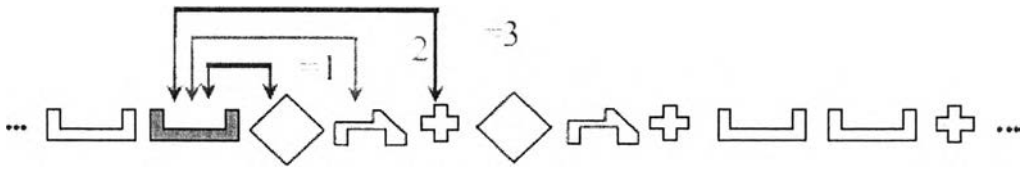
รูปที่ 2-2 ความไม่พอดีของรูปหลายเหลี่ยม $NFP_{A,B}$ และความพอดีภายในรูปสี่เหลี่ยม $IFR_{A,B}$

- ถ้าการอ้างถึงจุด R_B ของแบบ B ถูกวางภายในของ $NFP_{A,B}$ ก็ต่อเมื่อ B ซ้อนทับ A
- ถ้าการอ้างถึงจุด R_B ของแบบ B ถูกวางบนขอบของ $NFP_{A,B}$ ก็ต่อเมื่อ B สัมผัส A.
- ถ้าการอ้างถึงจุด R_B ของแบบ B ถูกวางภายนอกของ $NFP_{A,B}$ ก็ต่อเมื่อ B ไม่สัมผัส A.

นอกเหนือจากนั้นมีการนำข้อกำหนดในเรื่องความยาวของแบบตัด และการเพิ่มพื้นที่สิ้นเปลืองภายในมาใช้ในการตัดสินใจเลือกวางแบบ โดยในการตัดสินใจเลือกวางแบบใกล้เคียงจะมีการกำหนดจำนวนแบบที่จะนำมาพิจารณาในการวางแบบครั้งต่อไป ในรูปที่ 2-3 และรูปที่ 2-4 แสดงให้เห็นว่าในการวางแบบใหม่แต่ละครั้งจะมีแบบในการพิจารณา 3 แบบในลำดับที่ต่อจากแบบที่ได้วางไปแล้ว จากการทดลองในงานวิจัยนี้ได้สรุปผลการทดลองไว้ว่ากระบวนการทำงานของ GRASP มีทางเลือกในการตัดสินใจน้อยไปจึงทำงานได้ไม่เต็มระบบ เช่น จำนวนลำดับแบบที่นำมาพิจารณาวางแบบในแต่ละครั้ง เงื่อนไขในการค้นหาแบบที่เหมาะสมในแต่ละครั้ง ฟังก์ชันการทำงานแบบละโมบ (Greedy function) ในการจัดลำดับของแบบ และลำดับแบบที่ถูกกำหนดไว้



รูปที่ 2-3 ความยาวของกระดาษตัด และการเพิ่มพื้นที่สิ้นเปลืองภายใน

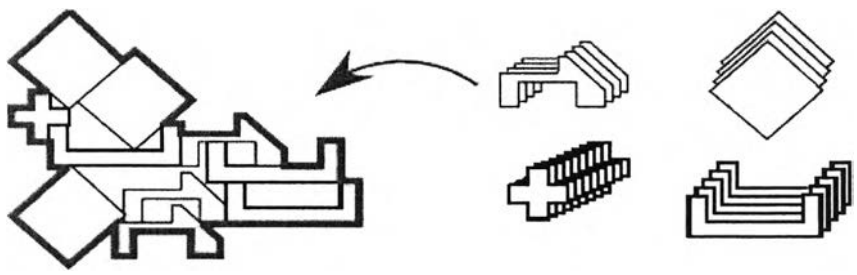


รูปที่ 2-4 ขนาดจำนวนแบบใกล้เคียงที่นำมาพิจารณาในการวางแบบครั้งต่อไป

2.2.4 การเสนอโครงสร้างอัลกอริทึมแบบศึกษาสำนึก

ในงานวิจัยของ โอลิเวียรา และคณะ [11] ได้นำเสนอ อัลกอริทึมโทโพส (TOPOS algorithm) ซึ่งมีกระบวนการทำงานดังนี้

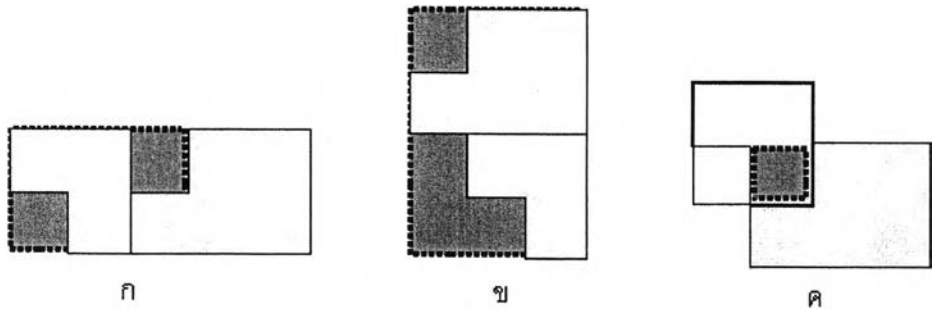
- วิธีการวางแบบทีละแบบต่อจากกลุ่มของแบบที่วางเสร็จบางส่วน ทำให้กลุ่มของแบบที่วางเสร็จขยายขึ้นเรื่อยๆ บนขอบเขตที่กำหนดจนกว่าแบบทั้งหมดจะถูกวางบนขอบเขตเสร็จสิ้น ดังรูปที่ 2-5



ผลเฉลยบางส่วน ลำดับแบบที่จะวางต่อไป

รูปที่ 2-5 การสร้างผลเฉลยบางส่วน

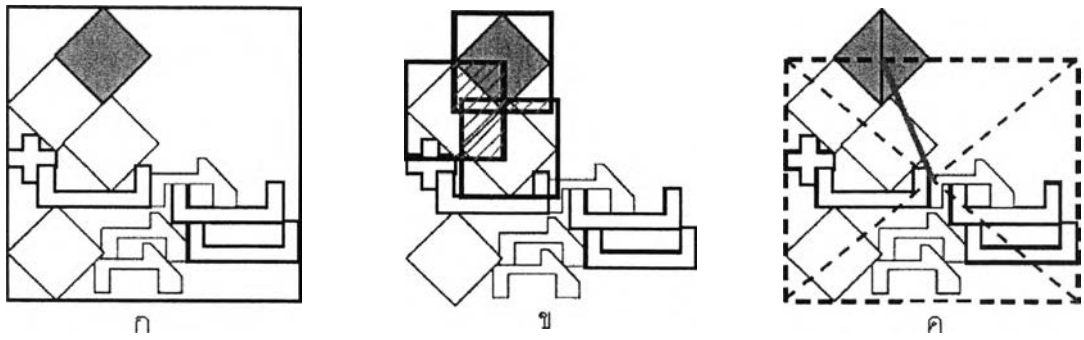
- ทุกครั้งที่มีการวางแบบใหม่จะใช้หลักการความไม่พอดีของรูปหลายเหลี่ยม ในการกำหนดจุดภายนอกการ ที่เหมาะสมในการวางบนขอบเขตที่กำหนด โดยเป็นการวางแบบใหม่บนขอบเขตของแบบที่ถูกจัดเรียงไว้แล้ว มองส่วนแบบที่ถูกจัดเรียงไว้แล้วเป็นรูปหลายเหลี่ยม โดยไม่พิจารณาช่องว่างภายในรูปหลายเหลี่ยมที่เกิดจากการวางแบบก่อนหน้านั้น และการพิจารณาความเหมาะสมที่สุดของแบบ 2 แบบ (แบบที่เกิดจากกลุ่มของแบบที่วางแล้ว และแบบใหม่) โดยความเหมาะสมของแบบสามารถพิจารณาได้จากการทำงานอธิบายในหัวข้อต่อไปเพื่อให้สอดคล้องกัน
- กลยุทธ์การวางที่นำมาพิจารณาในการเลือกตัดสินใจ การทดสอบ และการสร้างมี 3 กลยุทธ์ คือ



รูปที่ 2-6 กลยุทธ์การวางแบบ (ก) บริเวณของรูปสี่เหลี่ยมที่ห้อมล้อมแบบ 2 แบบขนาดเล็กที่สุด (ข) ความยาวของรูปสี่เหลี่ยมที่ห้อมล้อมแบบ 2 แบบน้อยที่สุด (ค) การซ้อนทับระหว่างรูปสี่เหลี่ยมที่ห้อมล้อมแบบ 2 แบบมากที่สุด

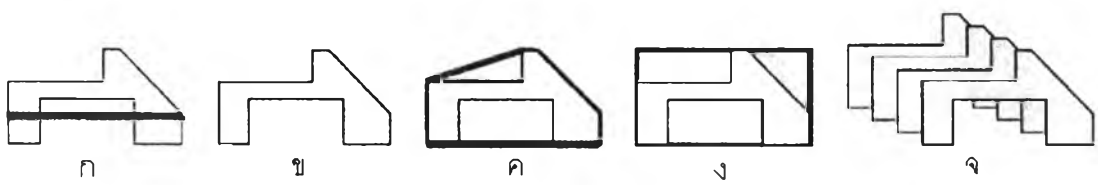
- การเลือกแบบที่ดีที่สุดให้เข้ากับสภาพแวดล้อมและเป็นจุดการวางที่ดีที่สุดจะทำในทุกๆ ขั้นตอนของการค้นหาเฉพาะที่ โดยใช้อัลกอริทึมการศึกษาสำนึก (Heuristic algorithm) และให้สอดคล้องกับหลักการเลือกกลยุทธ์การวาง การวางแบบที่ดีที่สุดมีเป้าหมายหลักคือ การวางแบบให้เต็มขอบเขตพื้นที่ที่กำหนดให้ได้มากที่สุด การประเมินและเปรียบเทียบการวางแบบในลักษณะต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้สิ้นเปลืองพื้นที่น้อยที่สุด ทำให้เกิดหลักการสำคัญ 3 หลักการที่แสดงในรูปที่ 2-7 แต่หลักการการสิ้นเปลืองและหลักการระยะห่างไม่สามารถใช้กับแบบที่มีขนาดใหญ่ได้ เพราะขนาดของแบบที่มีขนาดใหญ่จะทำให้มีการสิ้นเปลืองและมีระยะห่างสูงกว่าแบบขนาดเล็ก โอกาสในการตัดสินใจเลือกแบบที่มีพื้นที่มากจึงเกิดได้น้อยกว่าการเลือกแบบที่มีพื้นที่น้อย ทำให้เกิดการประเมินการวางที่ผิดพลาด เพื่อหลีกเลี่ยงการประเมินที่ผิดพลาดดังกล่าวจึงมีการนำหลักการการซ้อนทับ มาพิจารณารวมด้วยสำหรับการประเมินแบบที่มีพื้นที่มาก การใช้หลักการทั้งสามหลักการสามารถกำหนดจำนวนหลักการที่ใช้โดยเลือกใช้เพียงหลักการเดียว สองหลักการ หรือใช้ทั้งสามหลักการรวมกันก็ได้ หลักการที่มีประสิทธิภาพถูกนำมาใช้ในการพิจารณาการแก้ปัญหาที่มีลักษณะแตกต่างกัน เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้เกิดการสิ้นเปลืองน้อยสุด คือ

  การสิ้นเปลือง – การซ้อนทับ + ระยะห่าง (4)



รูปที่ 2-7 หลักการประเมินการวางของแบบใหม่ (ก) การสิ้นเปลือง (Waste) (ข) การซ้อนทับ (Overlap) (ค) ระยะห่าง (Distance)

- ขบวนการการเพิ่มแบบใหม่บนขอบเขตจะถูกควบคุมด้วยวิธีการ 2 วิธี ที่มีการผลิตความแตกต่าง 2 ประเภท สำหรับตัวแปรของอัลกอริทึมโทโพส คือ การค้นหาเฉพาะที่ และ การเลือกเข้ากลุ่มตั้งต้น ในส่วนนี้จะกล่าวเพียงการเลือกเข้ากลุ่มตั้งต้น แบบที่แตกต่างกันถูกเรียงลำดับ โดยใช้หลักการใดหลักการหนึ่งจากหลักการที่แสดงในรูปที่ 2-8



รูปที่ 2-8 หลักการเรียงลำดับในการเลือกเข้ากลุ่มตั้งต้น (ก) การลดลงของความยาว (ข) การลดลงของบริเวณ (ค) การลดลงของความเว้า (ง) การเพิ่มขึ้นของรูปสี่เหลี่ยมห้อมล้อมแบบ (จ) บริเวณทั้งหมดของแบบแต่ละแบบ

- ในการวางแบบต่อไปได้นำหลักการที่กล่าวมาแล้วมาช่วยในการตัดสินใจ เพื่อสร้างตัวเลือกผลเฉลยบางส่วน
- ผลเฉลยบางส่วนถูกประเมินค่าและปรับเข้ากับสภาพแวดล้อมที่ดีที่สุดที่ถูกเลือก ผลเฉลยบางส่วนปัจจุบันที่วางแบบใหม่แล้ว จะเป็นผลเฉลยบางส่วน ในรอบต่อไปของการทำงาน โดยการทำงานของอัลกอริทึมจะหยุดเมื่อแบบทั้งหมดถูกวางเสร็จเรียบร้อย

ผลการทดลองขึ้นอยู่กับกรรมวิธีที่เลือกใช้ในการพิจารณาวางแบบและเลือกผลเฉลยบางส่วน ที่ดีที่สุดที่มีอยู่ ประกอบด้วยตัวแปรให้เลือก 126 ตัวแปร ตัวแปรทั้งหมดแสดงในตารางที่ 2-1 นอกเหนือจากนั้นเป็นการดีที่จะมีฟังก์ชันการทำงานที่ให้สามารถเพิ่มกรรมวิธีการวางแบบใหม่หรือทดสอบการประเมินค่าใหม่ๆ นักวิจัยยังไม่สามารถตอบได้ครบว่า วิธีการใดคือวิธีการ

หรือกรรมวิธีการประเมินที่ดีที่สุดในการหาว่าแบบที่จะวางต่อไปเป็นแบบที่เหมาะสมที่สุดหรือไม่ ดังนั้นอัลกอริทึมโทโพส จึงไม่ใช่ขั้นตอนวิธีเพียงวิธีเดียวที่ให้คำตอบที่ดี แต่เป็นเครื่องมือที่ง่ายและสะดวกในการใส่กรรมวิธีการวางแบบและการประเมินการวางแบบ

ตารางที่ 2-1 ความหลากหลายของอัลกอริทึมโทโพส

		การเลือก	
การค้นหา	เฉพาะที่	แบบขึ้นต่อไปและการพิจารณาวางแบบ	การหาตำแหน่งจุด
		ค่าความสิ้นเปลือง	
		ค่าการซ้อนทับ	
		ค่าระยะห่าง	พื้นที่กรอบสี่เหลี่ยมรอบแบบน้อยที่สุด
		ค่าความสิ้นเปลือง + ค่าการซ้อนทับ	X วามยาวกรอบสี่เหลี่ยมรอบแบบน้อยที่สุด
		ค่าความสิ้นเปลือง + ค่าระยะห่าง	ารซ้อนทับมากที่สุดของกรอบสี่เหลี่ยมรอบแบบ
		ค่าการซ้อนทับ + ค่าระยะห่าง	
		ค่าความสิ้นเปลือง + ค่าการซ้อนทับ + ค่าระยะห่าง	
การเริ่มต้น	การแยกจำพวก	แบบขึ้นต่อไป	การพิจารณาวางแบบ	การหาตำแหน่งจุด
			ค่าความสิ้นเปลือง	
		ความยาว	ค่าการซ้อนทับ	
		พื้นที่	ค่าระยะห่าง	พื้นที่กรอบสี่เหลี่ยมรอบแบบน้อยที่สุด
		ความโค้งเว้า	X ค่าความสิ้นเปลือง + ค่าการซ้อนทับ	X วามยาวกรอบสี่เหลี่ยมรอบแบบน้อยที่สุด
		กรอบรูปสี่เหลี่ยม	ค่าความสิ้นเปลือง + ค่าระยะห่าง	การซ้อนทับมากที่สุดของกรอบสี่เหลี่ยมรอบแบบ
		พื้นที่รวมทั้งหมด	ค่าการซ้อนทับ + ค่าระยะห่าง	
			ค่าความสิ้นเปลือง + ค่าการซ้อนทับ + ค่าระยะห่าง	