

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและการค้นเฉพาะที่สำหรับการแก้ปัญหา การบรรจุผลิตภัณฑ์ในสามมิติ*

Genetic Algorithms with Local Search to Solve Three Dimensional Bin Packing

คทา ประดิษฐ์วงศ์ (Kata Praditwong) **

ธีรศักดิ์ ทะเลทอง (Teerasak Talethong) ***

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการแก้ปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์ในสามมิติซึ่งมีเซตของกล่องที่เป็นมุมฉากบรรจุลงในตู้ที่เป็นมุมฉากเช่นกัน มีการทดลองเปรียบเทียบระหว่างวิธีแบบศึกษาสำนัก (First-fit Algorithm, Best-fit Algorithm และ Next-fit Algorithm), ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นเฉพาะที่ โดยเปรียบเทียบผลการทดลองในเชิงจำนวนตู้สินค้าที่ใช้บรรจุ จากผลการทดลองพบว่าขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นเฉพาะที่ใช้จำนวนตู้สินค้าน้อยที่สุด

คำสำคัญ : ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม, วิธีแบบศึกษาสำนัก, การค้นเฉพาะที่, ปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์ในสามมิติ

* บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของปริิณยานิพนธ์ เรื่อง โปรแกรมประยุกต์การบรรจุกล่องผลิตภัณฑ์ลงตู้สินค้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

** อาจารย์ที่ปรึกษาปริิณยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร
(Advisors : Assistant Professor Doctor, Department of Computing, Faculty of Science, Silpakorn University.
e-mail : praditwong_k@su.ac.th)

*** นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

(Student of Bachelor of Computer Science, Department of Computing, Faculty of Science, Silpakorn University. e-mail : talethong_t@su.ac.th)

Abstract

This work purposes a method to solve three dimensional bin packing that a given set of rectangular-shaped boxes is to be packed into a three dimensional rectangular bin. The experimental comparison among of heuristics (First-fit Algorithm, Best-fit Algorithm and Next-fit Algorithm), genetic algorithms and genetic algorithms with local search is conducted. The experiment focuses on the number of bins. The results show that the genetic algorithm with local search is better than other methods.

Keywords : Genetic Algorithm, Heuristics, Local Search, Three Dimensional Bin Packing Problem

บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจการขนส่งและการนำเข้าสินค้ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจ และมีแนวโน้มที่จะเติบโตมากขึ้นเรื่อยๆ ในการขนส่ง สินค้าส่วนใหญ่จะถูกบรรจุลงในกล่องสี่เหลี่ยมที่เป็นลักษณะมุมฉากแล้วจึงบรรจุลงในตู้สินค้า ยังมีจำนวนกล่องมากก็จะใช้ตู้สินค้ามาก ทำให้การขนส่งแต่ละครั้งมีต้นทุนมากตามไปด้วย การบรรจุกล่องลงในตู้สินค้าจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากกล่องแต่ละชนิดมีขนาดที่แตกต่างกัน หากจัดเรียงได้ไม่เหมาะสมอาจทำให้ใช้พื้นที่อย่างสิ้นเปลืองและไม่คุ้มค่า ดังนั้นหากมีวิธีการที่ช่วยจัดเรียงกล่องโดยใช้จำนวนตู้สินค้าน้อยที่สุด ก็จะช่วยลดต้นทุนการขนส่งแก่ผู้ประกอบการได้ อย่างไรก็ตามการหาคำตอบหรือวิธีจัดเรียงกล่องที่ดีที่สุดเพื่อแก้ปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์ (Bin Packing Problem) ไม่สามารถทำได้ในเวลาที่ยอมรับ เนื่องจากในปัจจุบันได้ยอมรับกันโดยทั่วไปว่า ปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์ เป็นปัญหาที่อยู่ในกลุ่มของปัญหาที่เรียกว่า NP-Hard นั่นคือยังไม่มีวิธีการแก้ปัญหานี้ได้ในระยะเวลาที่เป็นพหุนาม (Polynomial Time) ซึ่งปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์เป็นปัญหาแบบ NP-Hard (Lodi, Martello and Vigo, 2002: 410) ตั้งแต่เป็นปัญหาบรรจุผลิตภัณฑ์ที่มีมิติเดียวแล้ว การใช้วิธีการแก้ปัญหโดยวิธีแบบศึกษาสำนึก (Heuristic Algorithm) ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และการค้นเฉพาะที่ (Local Search) มาผสมกันเพื่อให้ได้คุณภาพของคำตอบที่ดี เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการปัญหาที่ยาก

วิธีการวิจัย

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.1 ปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์ (Bin Packing Problem) เป็นการหาวิธีการนำกล่องจำนวนหนึ่งมาบรรจุลงตู้ โดยให้มีจำนวนของตู้ที่ใช้มีจำนวนน้อยที่สุด โดยกล่องจะต้องมีขนาดเล็กกว่าตู้เสมอ (Neapolitan and Naimipour, 2011: 421)

1.2 วิธีแบบศึกษาสำนึก (Heuristic Algorithm) เป็นวิธีแก้ไขปัญหโดยการคิดคำตอบแบบใช้สามัญสำนึก (Heuristics) มีจุดเด่นคือสามารถหาคำตอบได้เร็วและได้คำตอบที่มีคุณภาพที่ดี แต่อาจจะมีข้อผิดพลาดที่ไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในบางกรณี (Pearl, 1984: 3) โดยวิธีแบบศึกษาสำนึกที่นำมาใช้ประกอบไปด้วย 3 วิธี (Martello and Toth, 1990: 222-223) คือ

1.2.1 First-fit Algorithm เป็นวิธีการบรรจุกล่องใส่ตู้โดยจะพิจารณาเริ่มจากตู้แรกถึงตู้ใบสุดท้ายจะบรรจุกล่องลงตู้ ถ้าตู้มีความสามารถบรรจุกล่องได้ ถ้าไม่สามารถบรรจุได้จะไปพิจารณาตู้ใบถัดไป ถ้าตู้ทั้งหมดไม่สามารถบรรจุได้ก็จะใช้ตู้ใบใหม่

1.2.2 Best-fit Algorithm เป็นวิธีการบรรจุกล่องใส่ตู้โดยพิจารณาจากตู้ปัจจุบันทั้งหมดที่สามารถบรรจุกล่องได้ และจะเลือกกล่องบรรจุลงในตู้ที่เหลือพื้นที่น้อยที่สุด ถ้าทุกตู้ไม่สามารถบรรจุกล่องนี้ได้ให้ใช้ตู้ใหม่

1.2.3 Next-fit Algorithm เป็นวิธีการบรรจุกล่องใส่ตู้โดยจะพิจารณาเริ่มจากตู้สุดท้ายที่มีการบรรจุกล่องก่อนหน้า ถ้าตู้ปัจจุบันสามารถบรรจุกล่องได้ก็จะทำ แต่ถ้าไม่สามารถบรรจุได้จะนำไปบรรจุใส่ตู้ใบใหม่โดยไม่ย้อนกลับมาบรรจุใส่ตู้ก่อนหน้าแม้ว่าจะมีที่เหลือพอ ข้อดีของวิธีนี้จำนวนตู้ที่ต้องพิจารณามีเพียงตู้เดียวในแต่ละครั้งทำให้ทำงานได้อย่างรวดเร็ว แต่อาจจะไม่ได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด

ตัวอย่างการบรรจุกล่องใน 1 มิติ จะสนใจที่ขนาดของกล่องในเชิงมิติ กำหนดให้ตู้มีความจุ 150 หน่วย และมีกล่องที่มีขนาดดังแสดงในตารางที่ 1 ในการนำกล่องทั้งหมดที่ปรากฏในตารางที่ 1 มาบรรจุใส่ตู้ด้วยวิธีแบบศึกษาสำนึกแบบ First-fit Algorithm มีลำดับการทำงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1. กล่อง A นำมาบรรจุใส่ตู้ใบที่ 1

ขั้นตอนที่ 2. กล่อง B นำมาบรรจุใส่ตู้ใบที่ 1 เพราะตู้ใบที่ 1 ยังมีส่วนที่ว่างพอ

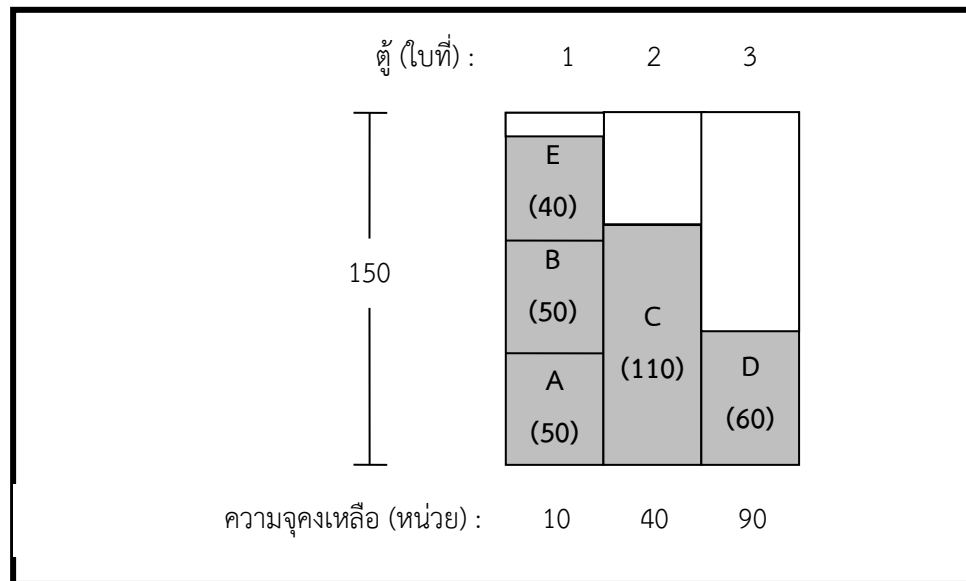
ขั้นตอนที่ 3. กล่อง C ไม่สามารถบรรจุใส่ตู้ใบที่ 1 ได้ นำไปบรรจุใส่ตู้ใบที่ 2 ที่เป็นตู้ใหม่

ขั้นตอนที่ 4. กล่อง D ไม่สามารถบรรจุใส่ตู้ใบที่ 1 ได้ จึงพิจารณาตู้ใบถัดไป (ใบที่ 2) พบว่าไม่สามารถบรรจุใส่ตู้ได้ จึงเปิดตู้ใบที่ 3 และนำกล่องไปบรรจุใส่ตู้ใบที่ 3

ขั้นตอนที่ 5. กล่อง E นำมาบรรจุใส่ตู้ใบที่ 1 เนื่องจากเป็นตู้ใบแรกที่สามารถบรรจุกล่องนี้ได้ ผลของการบรรจุด้วยวิธีนี้แสดงในรูปที่ 1

ตารางที่ 1 ปัญหาสำหรับการบรรจุกล่องใน 1 มิติ

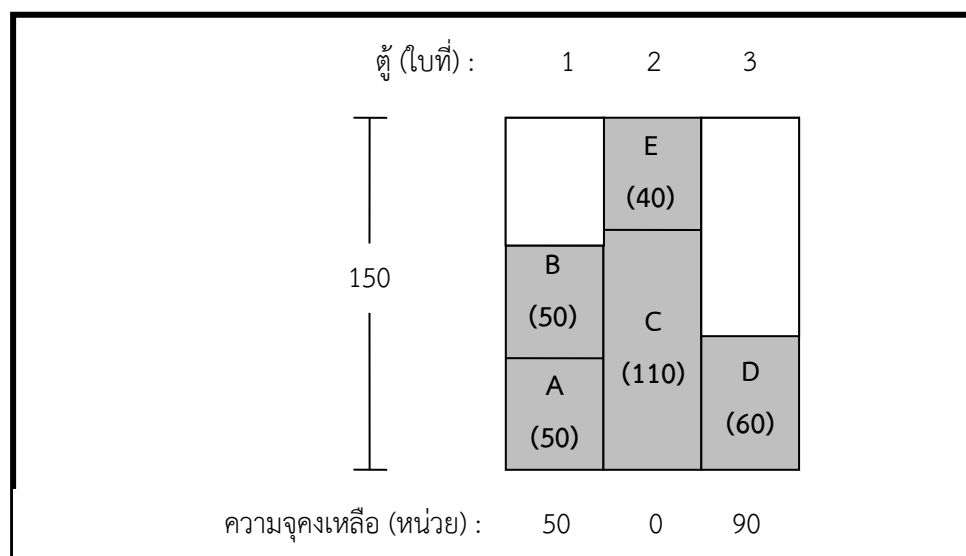
กล่อง	A	B	C	D	E
ขนาด (หน่วย)	50	50	110	60	40



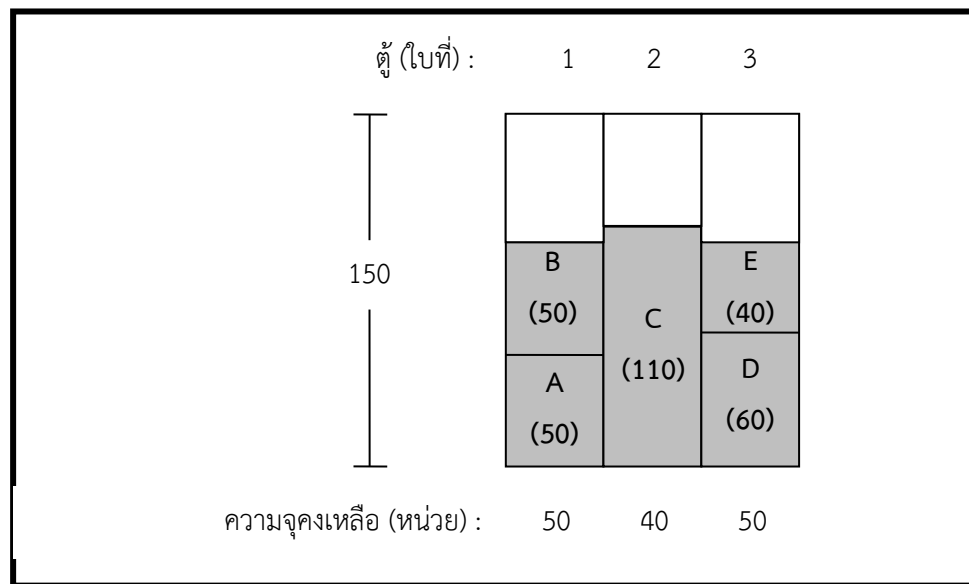
รูปที่ 1 First-fit Algorithm

วิธีแบบศึกษาสำนึกแบบ Best-fit Algorithm ใช้วิธีบรรจุกล่องเหมือนกับ วิธีแบบ First-fit Algorithm ใน 4 กล่องแรก แต่สำหรับกล่อง E นั้น จะต้องพิจารณาทั้ง 3 ตู้ว่าถ้าบรรจุกล่อง E แล้วตู้ใดจะเหลือส่วนที่ว่างน้อยที่สุด ในกรณีนี้ตู้ที่บรรจุแล้วมีช่องว่างเหลือน้อยที่สุด คือ ตู้ที่ 2 ซึ่งวิธีการบรรจุกล่องด้วยวิธีแบบศึกษาสำนึกแบบ Best-fit Algorithm แสดงในรูปที่ 2

วิธีแบบศึกษาสำนึกแบบ Next-fit Algorithm ในการบรรจุ 4 กล่องแรกนั้นจะเหมือนกับวิธีแบบ First-fit Algorithm และ Best-fit Algorithm แต่ในกล่อง E จะพิจารณาที่ตู้ที่ 3 เลย เมื่อตู้ที่ 3 สามารถบรรจุได้ก็จะทำการบรรจุทันที ไม่มีการพิจารณาตู้ก่อนหน้านี้ ซึ่งแสดงการบรรจุกล่องในตู้ในรูปที่ 3



รูปที่ 2 Best-fit Algorithm



รูปที่ 3 Next-fit Algorithm

1.3 ปัญหาการบรรจุผลรวมแทน 5 มติ

การบรรจุผลรวมแทน 3 มิติ จะพิจารณากล่องที่เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งขนาดนั้นจะพิจารณาทั้งความกว้าง ความสูง และความลึก และในตู้ที่เป็น 3 มิตินั้น มีการแบ่งส่วนตู้ออกเป็นส่วย่อย เรียกว่า แถวและชั้น เริ่มการบรรจุตามด้านกว้าง ต่อกันไปเรื่อยๆ เมื่อไม่สามารถบรรจุได้จะขึ้นแถวใหม่ และขนาดของแถวก่อนหน้ามีความลึกเท่ากับกล่องที่ลึกที่สุดในแถวนั้น เมื่อไม่สามารถขึ้นแถวใหม่ได้จะขึ้นชั้นใหม่ และได้ว่าชั้นแรกมีความสูงเท่ากับกล่องที่สูงที่สุดในชั้นนั้น โดยมีหลักการดังนี้ การบรรจุกล่องจะเริ่มจากด้านซ้ายและลึกสุดของตู้สำหรับกล่องถัดไปบรรจุทางด้านขวาของกล่องก่อนหน้า เมื่อไม่สามารถบรรจุได้ กล่องชุดแรกที่บรรจุได้คือ 1 แถว และจะนำมาบรรจุต่อทางด้านหน้าของแถวก่อนหน้า เมื่อไม่สามารถขึ้นแถวใหม่ได้ ชุดของกล่องที่บรรจุได้คือ 1 ชั้น กล่องต่อไปจะนำมาบรรจุต่อทางด้านบนของชั้นก่อนหน้า ตัวอย่างเช่น กำหนดให้มีตู้ที่มีความกว้าง 40 หน่วย ความสูง 25 หน่วย และความลึก 10 หน่วยและมีกล่องจำนวน 6 ใบ โดยมีขนาดที่แสดงในตารางที่ 2 โดยการจัดกล่องบรรจุลงในตู้ด้วยวิธีแบบศึกษาสำนักแบบ First-fit Algorithm ได้ผลลัพธ์ที่แสดงในรูปที่ 4

1.4 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ย่อว่า GA เป็นวิธีสำหรับค้นหาผลเฉลยหรือคำตอบโดยประมาณของปัญหาโดยอาศัยหลักการทฤษฎีวิวัฒนาการและการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Goldberg, 1989: 1) โดยมีประชากรแทนกลุ่มของคำตอบที่แต่ละคำตอบอยู่ในลักษณะสายอักขระที่เรียกว่าโครโมโซม จากนั้นเริ่มต้นจากการวัดคุณภาพของโครโมโซม เลือกโครโมโซมที่มีคุณภาพดี และทำปฏิบัติการทางพันธุกรรม (การข้ามสายพันธุ์และการกลายพันธุ์) เพื่อสร้างโครโมโซมใหม่มาเป็นรุ่นถัดไป และทำกระบวนการสร้างโครโมโซมใหม่ไปเรื่อยๆจนพบคำตอบที่มีค่าความเหมาะสมตามต้องการ

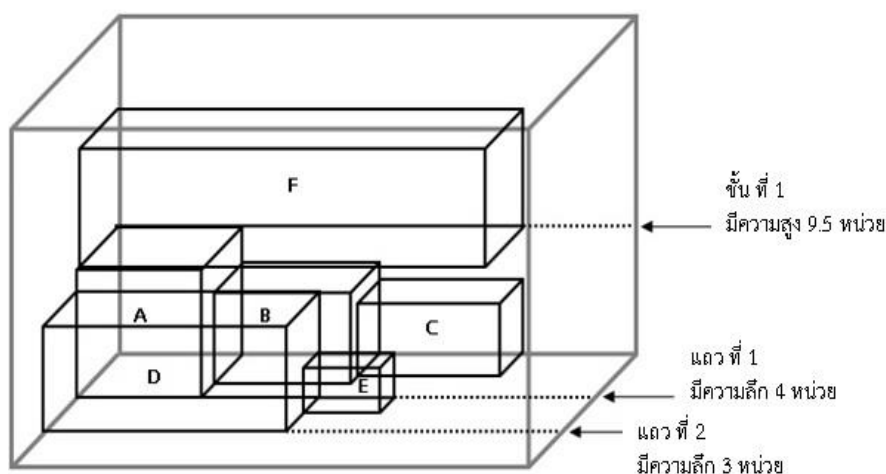
1.5 การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search)

การค้นหาเฉพาะที่เป็นวิธีในการค้นหาคำตอบแบบหนึ่ง เหมาะสำหรับกรณีที่เซตของผลเฉลยมีขนาดใหญ่หลายๆ ซึ่งเป็นไปไม่ได้ที่จะตรวจสอบผลเฉลยทั้งหมดเพื่อให้เจอผลเฉลยที่ดีที่สุด การค้นหาเฉพาะที่จะมี

ฟังก์ชันต้นทุนสำหรับพิจารณาคุณภาพของผลเฉลย จากนั้นมีการเปลี่ยนแปลงสถานะของผลเฉลยปัจจุบันที่ค้นหาไปเป็นผลเฉลยใกล้เคียง (Neighbor) ถ้าผลเฉลยใกล้เคียงดีกว่าก็จะรับมาเป็นผลเฉลยใหม่ จากนั้นก็จะหาผลเฉลยที่ใกล้เคียงตัวใหม่ไปจนกว่าจะเจอค่าของผลเฉลยที่เป็นที่พอใจ (El-Ghazali 2009: 121) โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการหมุนกลองตามแนวแกน y ทั้งหมดในแต่ละตู้เรียงจากตู้แรกไปจนถึงตู้สุดท้ายเป็นการค้นหาผลเฉลยที่ใกล้เคียง หากผลเฉลยใหม่ดีขึ้นจะทำการเก็บผลเฉลยใหม่เอาไว้ จากนั้นจึงทำการหาผลเฉลยใกล้เคียงในตู้ถัดไป และทำจนครบทุกตู้

ตารางที่ 2 ปัญหาสำหรับการบรรจุกล่องใน 3 มิติ

กล่อง	ความกว้าง	ความสูง	ความลึก
A	9.5	9.5	4
B	10.5	7	3
C	11	5.5	2
D	18.5	8	3
E	6	3.5	1
F	31	8.5	4



รูปที่ 4 การบรรจุกล่องใน 3 มิติ

2. การออกแบบขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์ในสามมิติ

2.1 การเข้ารหัสโครโมโซม (Chromosome Encoding)

การเข้ารหัสสำหรับปัญหานี้จะเป็นลักษณะที่เรียกว่า Permutation Representation ซึ่งมีรูปแบบของการเรียงสับเปลี่ยนเซตของจำนวนเต็ม (Eiben and Smith, 2003: 41) กำหนดให้กล่องมีจำนวน n ใบ จะมีการให้หมายเลขของกล่องเป็น 1 ถึง n แล้วโครโมโซมจะมีลักษณะเป็นสายของหมายเลขกล่อง โดยหมายเลขกล่องจะไม่ซ้ำกัน เช่น มีกล่อง 5 ใบ โครโมโซมจะมีลักษณะที่แสดงให้รูปที่ 5 ซึ่งสามารถบอกได้ว่ากล่องที่เข้ามาจะเป็นกล่องหมายเลข 2, 3, 1, 5 และ 4 ตามลำดับ

2	3	1	5	4
---	---	---	---	---

รูปที่ 5 ลักษณะโครโมโซม

2.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population)

ประชากรเริ่มต้นได้จากการสร้างโครโมโซมแต่ละตัวโดยการสุ่มหมายเลขกล่องไปสร้างเป็นโครโมโซม โดยหมายเลขกล่องที่ถูกสุ่มออกมาแล้วจะไม่ใส่กลับไป สุ่มจนครบจำนวนกล่อง ซึ่งเป็นการสร้างโครโมโซม 1 ตัวและทำการกระบวนการสุ่มซ้ำจนครบตามจำนวนโครโมโซมที่กำหนดไว้

2.3 การคัดเลือกแบบ Roulette Wheel Selection

การคัดเลือกแบบนี้เป็นการใช้ค่าความเหมาะสม (Fitness) ของโครโมโซมมาพิจารณา โดยโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมมาก ก็จะมีโอกาสถูกเลือกขึ้นมาด้วยความน่าจะเป็นที่มากกว่า

2.4 การข้ามสายพันธุ์แบบ Partially Mapped Crossover (PMX)

PMX มีวิธีการ คือ สุ่มตำแหน่งในโครโมโซมมา 2 ตำแหน่ง จากทั้ง 2 โครโมโซม จะได้ส่วนสำหรับจับคู่ (Mapping Section) คือ ส่วนที่อยู่ระหว่างจุดตัด 2 จุด ที่สุ่มมา และหมายเลขที่เหลือจะถูกสลับกันโดยดูจากส่วนสำหรับจับคู่ (Goldberg and Lingle, 1985)

2.5 การกลายพันธุ์แบบ Swap Mutation

Swap Mutation มีขั้นตอนเริ่มจากการสุ่มตำแหน่งยีนในโครโมโซมมา 2 ตำแหน่ง และสลับค่าของระหว่าง 2 ตำแหน่งที่ถูกเลือกมา (Eiben and Smith, 2003: 45)

2.6 ฟังก์ชันค่าความเหมาะสม (Fitness Function)

ฟังก์ชันค่าความเหมาะสม นำมาจากการวิจัย (จิระเดช พลสวัสดิ์, 2546: 33) แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยในส่วนแรกจะคิดจากจำนวนตู้สินค้าที่ใช้ และส่วนที่สองจะคิดจากความเสี่ยงของการบรรจุในตู้สินค้าใบสุดท้าย ดังสมการต่อไปนี้

$$f = \left(0.9 \times \frac{C}{N}\right) + \left(0.1 \times \frac{1}{1 + L/L_0}\right)$$

C = ค่าคงที่ค่าหนึ่ง โดยปกติจะให้ค่าของ C มีค่ามากพอให้พจน์แรก (ส่วนด้านหน้าของเครื่องหมายบวก) มีค่ามากกว่าพจน์ที่สอง

N = จำนวนตู้สินค้าที่ใช้ในการบรรจุ
 L_0 = ความลึกของตู้สินค้า
 L = ความลึกการบรรจุในตู้สินค้าใบสุดท้าย
ในงานวิจัยนี้กำหนดให้ค่า $C = 30$

3. ขั้นตอนการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

มีขั้นตอนดังนี้

- 3.1 สร้างโครโมโซมจากข้อมูลเข้า จะได้โครโมโซมที่เป็นสายอักขระของหมายเลขกล่อง
- 3.2 นำโครโมโซมจากข้อ 3.1 มาสร้างประชากรเริ่มต้นตามหัวข้อที่ 2.2
- 3.3 หาค่าความเหมาะสมให้กับโครโมโซมแต่ละตัว ตามฟังก์ชันค่าความเหมาะสม ในหัวข้อที่ 2.6
- 3.4 ทำการเก็บโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุดจำนวน 20% ของโครโมโซมทั้งหมด
- 3.5 ทำการคัดเลือกโครโมโซมมา 2 โครโมโซม ด้วยวิธีตามหัวข้อที่ 2.3
- 3.6 ทำการข้ามสายพันธุ์โครโมโซมจากข้อ 3.5 ด้วยวิธีตามหัวข้อที่ 2.4 จะได้โครโมโซมใหม่ 2 โครโมโซม เลือกโครโมโซมแรกมาเพียงตัวเดียว เพื่อความหลากหลายของคำตอบจะให้ประชากรรุ่นใหม่สืบทอดจากประชากรรุ่นก่อนหน้าให้มากที่สุด
- 3.7 ทำการกลายพันธุ์โครโมโซมจากข้อ 3.6 ด้วยวิธีตามหัวข้อที่ 2.5
- 3.8 ทำซ้ำข้อ 3.5-3.7 จนได้โครโมโซมที่เป็นประชากรรุ่นใหม่ครบตามที่กำหนดในจำนวนโครโมโซม คืออีก 80% ของจำนวนโครโมโซม
- 3.9 แทนที่ประชากรรุ่นเก่าด้วยประชากรรุ่นใหม่ แบ่งเป็น 20% จากโครโมโซมที่ได้จากข้อ 3.4 และ 80% ที่เหลือจากโครโมโซมที่ได้จากข้อ 3.8
- 3.10 หลังจากได้โครโมโซมที่เป็นประชากรรุ่นใหม่ครบแล้ว ทำการจัดเรียงกล่องเพื่อหาจำนวนตู้ที่ใช้ และทำการหมุนกล่องทุกกล่อง เริ่มจากตู้แรก แล้วจัดเรียงใหม่ ถ้าได้ค่าความเหมาะสมเพิ่มขึ้นจะแทนโครโมโซมที่มีค่าเดิมด้วยโครโมโซมที่มีค่าใหม่ และทำการหมุนกล่องกับตู้ใบถัดไปถึงตู้ใบสุดท้ายด้วยวิธีเดียวกัน โดยทำการหมุนเฉพาะโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมสูงสุดจำนวน 20% ของโครโมโซมทั้งหมด
- 3.11 ทำซ้ำข้อ 3.3-3.10 จนครบตามจำนวนรุ่น

ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีการกำหนดปัญหาที่ใช้ทดสอบวิธีการแก้ปัญหาบรรจุผลิตภัณฑ์ โดยกำหนดให้ขนาดของตู้คือ ความกว้าง 65 หน่วย ความสูง 46 หน่วย และความลึก 52 หน่วย เพื่อให้มีรูปแบบหรือขนาดของกล่องและจำนวนของกล่องที่แตกต่างกัน จึงมีการกำหนดปัญหาทดสอบจำนวน 5 ปัญหา ซึ่งปัญหาที่ใช้ทดสอบมี 5 รูปแบบ มีข้อมูลแสดงในตารางที่ 3 ถึง 7

ตารางที่ 3 ปัญหาแบบที่ 1

กล่องแบบที่	กว้าง	สูง	ลึก	จำนวน
1	22	19	20	8
2	20	15	15	4
3	27	22	26	5
4	16	18	19	6
5	10	20	15	8
6	30	17	24	7
7	14	14	18	10
8	35	28	21	5
9	25	16	23	9
ผลรวมของจำนวนกล่อง				62

ตารางที่ 4 ปัญหาแบบที่ 2

กล่องแบบที่	กว้าง	สูง	ลึก	จำนวน
1	31	25	14	5
2	27	33	42	3
3	21	25	27	9
4	32	22	40	7
5	19	34	24	12
6	24	20	37	6
ผลรวมของจำนวนกล่อง				42

ตารางที่ 5 ปัญหาแบบที่ 3

กล่องแบบที่	กว้าง	สูง	ลึก	จำนวน
1	30	21	25	5
2	34	22	16	9
3	20	29	32	12
4	26	34	28	7
5	19	25	31	14
6	22	19	26	10
ผลรวมของจำนวนกล่อง				57

ตารางที่ 6 ปัญหาแบบที่ 4

กล่องแบบที่	กว้าง	สูง	ลึก	จำนวน
1	20	30	30	7
2	15	25	35	8
3	40	20	25	6
4	35	15	30	10
5	30	20	35	6
6	25	15	20	9
7	25	20	30	14
ผลรวมของจำนวนกล่อง				60

ตารางที่ 7 ปัญหาแบบที่ 5

กล่องแบบที่	กว้าง	สูง	ลึก	จำนวน
1	24	15	22	11
2	33	22	29	9
3	16	17	31	6
4	41	23	30	10
5	17	18	19	1
6	23	16	21	1
7	31	27	23	3
8	26	31	15	1
9	34	25	27	4
10	14	24	31	3
11	45	32	21	7
12	21	36	18	5
13	22	21	23	2
14	33	26	22	9
15	36	25	17	13
16	19	32	25	6
ผลรวมของจำนวนกล่อง				91

วิธีการแก้ปัญหการบรรจุผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วย 3 วิธี คือ วิธีแบบศึกษาสำนึก, ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (GA) และขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นเฉพาะที่ (GA with LS) เนื่องจากวิธีแบบศึกษาสำนึกมี 3 วิธีจึงมีการแบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง การทดลองที่ 1 มีการเปรียบเทียบระหว่าง วิธีแบบศึกษาสำนึก First-fit Algorithm (FFA) สำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมก็ใช้การบรรจุกล่องลงด้วย First-fit Algorithm ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นเฉพาะที่ นั้นจะมีการแยกออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนของขั้นตอนเชิงพันธุกรรมก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน ส่วนของการค้นเฉพาะที่นั้นจะเริ่มหมุนกล่องทุกกล่องในตู้แรกแล้วจัดเรียงกล่องเข้าตู้ใหม่ หากมีการบรรจุที่ดีขึ้นก็จะเก็บคำตอบใหม่ แล้วหมุนกล่องในตู้ต่อไปจนครบ สำหรับการทดลอง

ที่ 2 ก็จะเปลี่ยนวิธีการจาก First-fit Algorithm เป็น Best-fit Algorithm ส่วนการทดลองที่ 3 ใช้ Next-fit Algorithm กำหนดพารามิเตอร์ของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ดังนี้

1.3.1 จำนวนรุ่นเท่ากับ 100

1.3.2 จำนวนโครโมโซมเท่ากับ 100

1.3.3 ความน่าจะเป็นการข้ามสายพันธุ์เท่ากับ 0.7

1.3.4 ความน่าจะเป็นการกลายพันธุ์เท่ากับ 0.2

วิธีแบบศึกษาสำนึกทั้ง 3 วิธีจะทำการแก้ปัญหาในแต่ละปัญหาเพียง 1 ครั้ง สำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมและขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นเฉพาะที่ทั้ง 2 วิธีจะทำการแก้ปัญหาแต่ละปัญหาเป็นจำนวน 20 ครั้งแล้วหาค่าทางสถิติ 4 ค่า คือ ค่าเฉลี่ย (Average: Avg) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) ค่ามากที่สุด (Maximum) และค่าน้อยที่สุด (Minimum) ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 8 ถึง ตารางที่ 10 จากผลการทดลองพบว่าในการทดลองที่ 1 ที่ใช้วิธีแบบศึกษาสำนึก First-fit Algorithm (FFA) เป็นหลักนั้น เมื่อเพิ่มการแก้ปัญหาด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมก็จะมีการใช้ตู้บรรจุกล่องในจำนวนที่น้อยลง และเมื่อใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นเฉพาะที่ก็จะได้รับการบรรจุที่ใช้จำนวนตู้ลดลงอีก นั่นคือการแก้ปัญหาขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นเฉพาะที่ทำงานได้ดี ในการทดลองที่ 2 และ 3 ก็ให้ผลแบบเดียวกัน สำหรับสาเหตุที่ทำให้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นเฉพาะที่ทำงานได้ดีนั้น เนื่องจากในกระบวนการทำงานของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นจะพยายามปรับลำดับการเข้าไปจัดเก็บในตู้ เพื่อให้ได้จำนวนตู้ที่น้อยที่สุด แล้วกระบวนการของการค้นเฉพาะที่นั้นเป็นการพัฒนาคำตอบที่ได้รับมาจากขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ซึ่งพยายามค้นหาคำตอบที่ดีกว่าที่เป็นคำตอบข้างเคียงคำตอบเดิม

สรุปผล

จากผลการทดลอง ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมสามารถลดจำนวนตู้ที่ใช้ได้ โดยจะเห็นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบระหว่างจำนวนตู้แบบใช้วิธีแบบศึกษาสำนึกกับจำนวนตู้แบบใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นเฉพาะที่จะใช้จำนวนตู้ที่น้อยที่สุด แต่ในบางปัญหาผลลัพธ์อาจจะไม่แตกต่างกันหรือแตกต่างกันน้อย สำหรับการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นเฉพาะที่จัดเรียงกล่องใส่ตู้ที่ได้เสนอไปนี้เป็นเพียงการค้นคว้าวิจัยเบื้องต้น ข้อจำกัดยังมีอยู่มากในการนำไปประยุกต์ใช้การกับการจัดสินค้าที่เป็นกล่อง เนื่องจากในงานวิจัยนี้ยังไม่การคำนึงถึงน้ำหนักของกล่อง ซึ่งจะมีผลกระทบมากในการจัดสินค้า โดยเฉพาะเมื่อต้องขนส่งสินค้า การวางต้องมีความสมดุลเพื่อทำให้มีความปลอดภัยในการเดินทาง และสินค้าจะไม่มีการตกมาเสียหาย หากจะนำแนวคิดนี้ไปใช้ในการจัดสินค้าเพื่อการขนส่งต้องมีการศึกษาข้อจำกัดอื่นๆ ด้วย

ตารางที่ 8 ผลการทดลองวิธี First-fit Algorithm (FFA)

ปัญหา แบบที่	จำนวน (ตัว)								
	FFA	GA				GA with LS			
		Min	Max	Avg	SD	Min	Max	Avg	SD
1	7	6	7	6.10	0.30	6	7	6.20	0.40
2	12	10	12	11.05	0.50	10	12	10.85	0.65
3	16	14	16	14.85	0.48	12	14	12.85	0.57
4	16	12	14	13.35	0.65	11	13	11.65	0.57
5	31	25	28	26.70	0.64	24	27	26.05	0.86

ตารางที่ 9 ผลการทดลองวิธี Best-fit Algorithm (BFA)

ปัญหา แบบที่	จำนวน (ตัว)								
	BFA	GA				GA with LS			
		Min	Max	Avg	SD	Min	Max	Avg	SD
1	7	6	7	6.05	0.22	6	7	6.4	0.49
2	12	10	12	10.85	0.57	10	12	10.80	0.60
3	16	14	16	14.55	0.67	12	14	13.05	0.67
4	16	12	14	13.10	0.44	11	13	12.20	0.68
5	31	26	29	27.20	0.60	24	28	26.30	1.05

ตารางที่ 10 ผลการทดลองวิธี Next-fit Algorithm (NFA)

ปัญหา แบบที่	จำนวน (ตัว)								
	NFA	GA				GA with LS			
		Min	Max	Avg	SD	Min	Max	Avg	SD
1	8	6	7	6.25	0.43	6	7	6.35	0.48
2	12	10	12	11.00	0.71	10	12	10.95	0.67
3	16	14	16	15.20	0.51	12	14	13.15	0.73
4	16	13	14	13.25	0.43	11	13	12.25	0.62
5	31	26	28	27.40	0.66	25	28	26.50	0.67

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

จิระเดช พลสวัสดิ์. (2546). “ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมร่วมกับการค้นเฉพาะที่สำหรับปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์ในสามมิติ.” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาษาต่างประเทศ

- Eiben, Agoston E., and J.E. Smith. (2003). **Introduction to Evolutionary Computing**, Springer.
- Goldberg, David E. (1989), **Genetic Algorithm in Search Optimization and Machine Learning**, New York, Addison Wesley.
- Goldberg, David E., and R. Lingle. (1985). “**Alleles, Loci, and the Traveling Salesman Problem.**” Proceedings on the First International Conference on Genetic Algorithms and Their Application, edited by Grefenstette J., Lawrence Erlbaum Associates, NJ, pp. 154-159.
- Lodi, Andrea, Silvano Martello and Daniele Vigo. (2002). "Heuristic algorithms for the three-dimensional bin packing problem", **European Journal of Operational Research** 141: 410–420.
- Martello, Silvano., and Paolo Toth. (1990). **Knapsack Problems: algorithms and computer implementations**, West Sussex, England, John Wiley & Sons.
- Neapolitan, Richard, and Kumarss Naimipour. (2011). **Foundations of Algorithms**, 4th ed. Jones and Bartlett Publishers.
- Pearl, Judea. (1984). **Heuristics**, Addison Wesley.
- Talbi, El-Ghazali. (2009). **Metaheuristics: from design to implementation**, John Wiley & Sons.