

การหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและเส้นทางการขนส่งที่มีข้อจำกัดด้านเวลาในการส่งมอบ



นายชยรัช เผือกสามัญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-5818-9

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2 - 11.11.2049

121558073

# CAPACITATED LOCATION ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOW CONSTRAINTS

Mr. Chayathuch Phuaksaman

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2003

ISBN 974-17-5818-9



ชยรัช เพื่อศึกษามัญ : การหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและเส้นทางการขนส่งที่มีข้อจำกัดด้านเวลาในการส่งมอบ. (CAPACITATED LOCATION ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOW CONSTRAINTS) อ. ที่ปรึกษา : อ. ดร.ปวีณา เชาวลิทวงศ์ 169 หน้า. ISBN 974-17-5818-9

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาถึงการออกแบบระบบขนส่ง โดยสนใจปัญหาการหาที่ตั้งของสถานประกอบการ และปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถซึ่งปัญหาทั้งสองเป็นปัญหาที่มีความเกี่ยวเนื่องต่อกัน การแก้ปัญหาคำโดยรวมสองปัญหาเข้าด้วยกันเป็น ปัญหาการหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและเส้นทางการขนส่ง ซึ่งปัญหานี้เป็นแบบ เอ็นพี-ฮาร์ด (NP-hard) สำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการทางฮิวริสติกโดยประยุกต์ใช้ ตามูเสริจซ์ ร่วมกับ 2-Interchange Algorithm ในการแก้ปัญห โดยทำการหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าพร้อมกับหาเส้นทางการขนส่งไปพร้อมๆกัน และวัดผลโดยการเปรียบเทียบกับแก้ปัญหทั้งสองแบบแยกจากกัน โดยผลการทดสอบความสามารถในการหาคำตอบของฮิวริสติกที่ได้นำเสนอพบว่าให้คำตอบที่พัฒนาขึ้นโดยเฉลี่ย 10.78 % และสามารถใช้ได้กับปัญหาขนาดใหญ่ประมาณ 100 โหนดความต้องการได้

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ  
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ  
ปีการศึกษา 2546

ลายมือชื่อนิสิต..... *พิชญ์ เพ็ญรัตน์*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *ปวีณา เชาวลิทวงศ์*  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

# # 4570271821 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: OPERATIONS RESEARCH / LOCATION ROUTING PROBLEM (LRP) / FLP / VRP HEURISTIC SEARCH

CHAYATHUCH PHUAKSAMAN: CAPACITATED LOCATION ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOW CONSTRAINTS. THESIS ADVISOR : PAVEENA CHAOVALITAWONGSE, Ph.D., 169 pp. ISBN 974-17-5818-9

This paper studies on distribution systems, the location of the distribution facilities and the routing of the vehicles from these facilities are interdependent. The location routing problem (LRP), which combines the facility location and the vehicle routing decisions, is NP-hard. This paper has proposed a combined Tabu search and 2-interchange heuristic. The solutions from heuristic have been compared with solutions of facility location problem (FLP) and vehicle routing problem (VRP) solving independently. An extensive computational study shows that the proposed heuristic achieves an improvement of 10.78% by average and it can solve a problem as large as 100 nodes.

Department Industrial Engineering  
Field of study Industrial Engineering  
Academic year 2003

Student's signature ..... *Chayathuch Phuaksaman* .....  
Advisor's signature ..... *Paveena Chaovalitawongse* .....  
Co-advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและเส้นทางการขนส่งที่มีข้อจำกัดด้านเวลาในการส่งมอบ ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสามารถจากอาจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิขวงศ์ ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้การดูแล ให้คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ด้วยความเมตตาตลอดการดำเนินการวิจัย ทั้งขอขอบคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน คณาจารย์ทุกท่านที่ร่วมสั่งสอนวิชาความรู้ต่างๆ พร้อมทั้งแนวทางการดำเนินชีวิต ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ทั้งยังมีอีกหลายท่าน ซึ่งให้ความกรุณาให้กำลังใจและความช่วยเหลือตลอดมา ขอขอบคุณคุณพ่อและคุณแม่ ซึ่งเป็นกำลังใจและเป็นแรงสนับสนุนที่ดีตลอดมา รวมทั้งน้องสาวที่น่ารักที่คอยช่วยเหลืออยู่เสมอ ขอขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ร่วมเรียน และเป็นเพื่อนผู้ช่วยเหลือในเวลาต่างๆ ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ที่คริสตจักรพลับพลาทุกท่าน สำหรับคำอธิษฐานที่มีให้เสมอ ทุกท่านที่กล่าวมาแล้วแต่เป็นผู้มีบุญคุณต่อข้าพเจ้าอย่างมาก ขอขอบพระคุณท่านทั้งหลายเป็นอย่างสูง

สุดท้ายขอขอบพระคุณพระเจ้าของข้าพเจ้าทุกสิ่งทุกอย่างที่เกิดขึ้นในชีวิตของข้าพเจ้าล้วนอยู่ในความดูแลของพระองค์ ทุกๆความช่วยเหลือ และสิ่งต่างๆทั้งดีและร้ายที่ผ่านเข้ามาในชีวิต ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ พระเจ้าเป็นแรงบันดาลใจที่ยิ่งใหญ่เป็นความช่วยเหลือที่พร้อมอยู่ อย่างที่พระองค์เป็นจริงๆ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้คงสำเร็จลงไม่ได้หากปราศจากการช่วยเหลือจากพระองค์ และการจัดเตรียมผู้คนมากมายที่มาช่วยเหลือ ไม่ว่าจะวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์อย่างไรขอพระเจ้าทรงได้รับเกียรติจากสิ่งนี้ด้วย แต่หากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีข้อผิดพลาดบกพร่องแต่ประการใด ข้าพเจ้า นายชยธัช เผือกสามัญ ขออ้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูปภาพ .....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย .....	3
1.3 ขอบเขตการวิจัยและข้อสมมติ .....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	4
1.5 ขั้นตอนการวิจัย .....	5
1.6 ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิจัย .....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	6
2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและ เส้นทางการขนส่ง .....	6
2.2 การแก้ปัญหาด้วยวิธีค้นหาคำตอบ.....	8
2.3 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
2.3.1 ปัญหาการกำหนดเส้นทางการขนส่งภายใต้กรอบเวลา .....	16
2.3.2 ปัญหาการกำหนดที่ตั้งของสถานประกอบการ .....	18
2.3.3 ปัญหาการหาที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและเส้นทางการขนส่ง.....	18
3 การพัฒนาวิธีการหาคำตอบ .....	21
3.1 รูปแบบตามแนวความคิด .....	21
3.1.1 กระบวนการหลักในการแก้ปัญหา .....	21
3.1.2 ขั้นตอนการสลับตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้าในฮิวริสติก .....	24
3.1.3 ขั้นตอนการเพิ่มจำนวนศูนย์กระจายสินค้าในฮิวริสติก.....	26

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลงานวิจัยและการวิเคราะห์ผลงานวิจัย.....	28
4.1 วิธีการทดสอบฮิวริสติก.....	28
4.2 ปัจจัยในการทดสอบฮิวริสติก.....	29
4.2.1 จำนวนโนดความต้องการ.....	30
4.2.2 จำนวนโนดสถานที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เป็นไปได้.....	30
4.2.3 จำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง.....	30
4.2.4 ร้อยละของโนดความต้องการที่อยู่ในบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง .....	31
4.3 ข้อมูลนำเข้าสำหรับการทดลอง.....	31
4.3.1 ขั้นตอนในการสร้างข้อมูลนำเข้า.....	31
4.4 ผลของการหาคำตอบ.....	38
4.4.1 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้า.....	38
4.4.2 ตัวอย่างผลคำตอบ.....	44
4.5 การวิเคราะห์ผล.....	49
4.5.1 จำนวนโนดความต้องการ.....	52
4.5.2 จำนวนโนดสถานที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าที่เป็นไปได้.....	56
4.5.3 จำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง.....	60
5 สรุปผลงานวิจัย.....	64
5.1 สรุปผลงานวิจัย.....	64
5.2 ผลประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยและแนวทางการประยุกต์ใช้.....	66
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต.....	67
รายการอ้างอิง.....	68
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ปัญหามาตรฐาน.....	73
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	169



## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
4.1 ผลการทดสอบความถูกต้องของฮิวริสติกที่นำมาเปรียบเทียบของการแก้ปัญหาที่กำหนดที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้า .....	29
4.2 ผลการทดสอบความถูกต้องของฮิวริสติกที่นำมาเปรียบเทียบของการแก้ปัญหาที่กำหนดเส้นทางการขนส่งที่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา.....	29
4.3 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าของสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้า .....	39
4.4 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าของโรคความต้องการ.....	39
4.5 ผลคำตอบของสถานที่ตั้งศูนย์กระจายสินค้า .....	44
4.6 ผลคำตอบของเส้นทางการเดินทาง.....	45
4.7 ผลการทดสอบฮิวริสติก.....	50
4.8 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของฮิวริสติกทั้งสองเมื่อใช้เวลาหาคำตอบใกล้เคียงกัน.....	51
4.9 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคความต้องการและภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้า .....	52
4.10 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคความต้องการและภายใต้ปัจจัยจำนวนโรค สถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้า.....	53
4.11 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคความต้องการและภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง .....	54
4.12 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคความต้องการและภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง .....	55
4.13 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้าและภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคความต้องการ.....	56
4.14 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้าและภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคความต้องการ.....	57
4.15 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้าและภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง.....	58
4.16 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้าและภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง.....	59
4.17 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูงและภายใต้ปัจจัยจำนวนโรคสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้า .....	60

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4.18 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูงและภายใต้ปัจจัยจำนวนในสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้า .....	61
4.19 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูงและภายใต้ปัจจัยจำนวนในความต้องการ .....	62
4.20 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูงและภายใต้ปัจจัยจำนวนในความต้องการ .....	63

## สารบัญญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 ตัวอย่างลักษณะของปัญหาการที่ตั้งของศูนย์กระจายสินค้าและเส้นทางการขนส่ง.....	7
2.2 ขั้นตอนในวิธีการขยายการค้นหาคำตอบของ Bread-First Search .....	9
2.3 ขั้นตอนในวิธีการขยายการค้นหาคำตอบของ Depth-First Search .....	9
2.4 อัลกอริทึมในการค้นหาคำตอบของHill-Climbing .....	13
2.5 Alternative Neighborhoods.....	14
3.1 กระบวนการในการแก้ปัญหา .....	23
3.2 ขั้นตอนในการสลัตำแหน่งของศูนย์กระจายสินค้าในฮิวริสติก .....	25
3.3 ขั้นตอนในการเพิ่มจำนวนศูนย์กระจายสินค้าในฮิวริสติก .....	27
4.1 ขอบเขตพื้นที่ที่นำมาพิจารณาในระบบ .....	32
4.2 ลักษณะของตำแหน่งที่ตั้งของโหนดในระบบในกรณีที่ไม่มีบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง .....	33
4.3 ลักษณะของตำแหน่งที่ตั้งของโหนดในระบบในกรณีที่มีบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง	34
4.4 กรอบพื้นที่สำหรับกำหนดค่าสัมประสิทธิ์ความหนาแน่นของจราจรของโหนดในระบบในกรณีที่มีบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง.....	35
4.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดความต้องการและภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้า.....	52
4.6 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดความต้องการและภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้า.....	53
4.7 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดความต้องการและภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง .....	54
4.8 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดความต้องการและภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง .....	55
4.9 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้าและภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดความต้องการ .....	56
4.10 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้าและภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดความต้องการ .....	57
4.11 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้าและภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง .....	58

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
4.12 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้าและภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูง.....	59
4.13 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูงและภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้า .....	60
4.14 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูงและภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดสถานที่ตั้งที่เป็นไปได้ของศูนย์กระจายสินค้า .....	61
4.15 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูงและภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดความต้องการ .....	62
4.16 เวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาภายใต้ปัจจัยจำนวนของบริเวณที่มีความหนาแน่นประชากรสูงและภายใต้ปัจจัยจำนวนโหนดความต้องการ.....	63