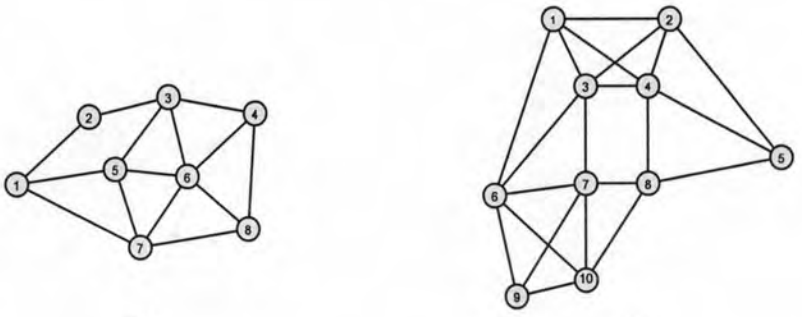
บทที่ 4

การทดสอบและวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆที่ใช้ในอัลกอรึทึมฮิวริสติก

ในบทนี้จะวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่ใช้ในอัลกอริทึมฮิวริสติกที่อยู่บนพื้นฐานการค้นหาแบบทาบู พารามิเตอร์ที่จะศึกษาเป็นพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดโดยผู้ออกแบบโครงข่ายและส่งผลกระทบต่อกระบวนการออกแบบโครงข่าย อีกนัยหนึ่งคือ ส่งผลต่อต้นทุนของโครงข่ายที่ได้ออกแบบนั่นเอง ดังที่ได้กล่าวไปแล้วว่า ในวิทยานิพนธ์นี้มีความจำเป็นที่จะต้องจัดสรรเส้นทางและความยาวคลื่นให้กับโครงข่ายในสภาวะปกติด้วยอัลกอริทึมฮิวริสติกก่อน จึงจะสามารถนำค่าคำตอบที่ได้ไปใช้ในการจัดสรรเส้นทางสำรองให้กับโครงข่ายต่อไป ดังนั้นในบทนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การวิเคราะห์พารามิเตอร์ในสภาวะปกติของโครงข่ายซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อการออกแบบปกป้องโครงข่ายที่ออกแบบไว้ดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 จากนั้นวิทยานิพนธ์นี้จะนำพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในส่วนของการจัดสรรความจุสำรองของโครงข่ายต่อไป

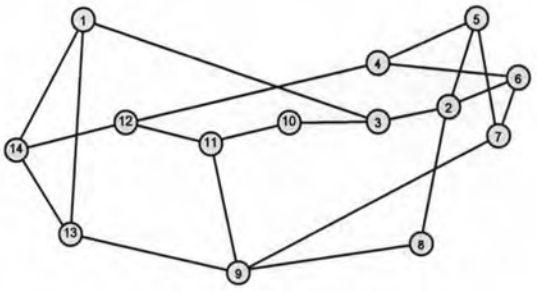
การทดสอบและการวิเคราะห์พารามิเตอร์ในบทนี้จะทดสอบในขณะที่ $M=1$ โดยใช้โครงข่ายขนาดเล็ก 1 โครงข่าย และโครงข่ายขนาดใหญ่ 2 โครงข่าย ดังแสดงในรูปที่ 4.1 (ก) (ข) และ (ค) ตามลำดับ โดยทั้งสามโครงข่ายจะมีลักษณะทางกายภาพและปริมาณทราฟฟิกดังนี้

1. โครงข่ายในรูป 4.1 (ก) เป็นโครงข่ายที่มีจำนวนโนด (Node) ทั้งหมด 8 โนด และมีจำนวนข่ายเชื่อมโยง (Link) ทั้งหมด 14 ข่ายเชื่อมโยง ปริมาณทราฟฟิกที่ใช้ในการทดลองของแต่ละมัลติคาสต์เซสชันจะมีค่าไม่เท่ากัน ปริมาณทราฟฟิกทั้งหมดของโครงข่ายมีค่าเท่ากับ 14 และเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงต่อไปจึงขอเรียกโครงข่ายนี้ว่า โครงข่าย 8N_14L
2. โครงข่ายในรูป 4.1 (ข) และ (ค) เป็นโครงข่ายที่มีจำนวนโนดทั้งหมด 10 โนด และ 14 โนด ตามลำดับ ซึ่งโครงข่ายทั้งสองมีจำนวนข่ายเชื่อมโยงทั้งหมด 21 ข่ายเชื่อมโยงเท่ากัน และจะใช้ทราฟฟิกชุดเดียวกันในการทดลอง ปริมาณทราฟฟิกที่ใช้ในการทดลองของแต่ละมัลติคาสต์เซสชันมีค่าไม่เท่ากัน ปริมาณทราฟฟิกทั้งหมดของโครงข่ายมีค่าเท่ากับ 15 และเพื่อความสะดวกในการอ้างอิงต่อไปจึงขอเรียกโครงข่ายทั้งสองนี้ว่า โครงข่าย 10N_21L และ โครงข่าย 14N_21L ตามลำดับ



(ก)

(ข)



(ค)

รูปที่ 4.1 โครงข่ายที่ใช้ในการวิเคราะห์ (ก) โครงข่าย 8N_14L (ข) โครงข่าย 7N_13L และ (ค) โครงข่าย 14N_21L

session	demand	source	destination
1	3	1	4 5
2	2	1	2 3 7
3	3	1	4 6
4	4	1	4 5 7
5	2	1	5 6 7

(ก)

session	demand	source	destination
1	2	4	3 5 8 9
2	2	4	1 6 10
3	3	4	7 3 2 9
4	3	4	10
5	2	4	9 7
6	1	4	2 5 6
7	2	4	1 8

(ข)

รูปที่ 4.2 ทราฟฟิกของโครงข่ายที่ใช้ทดสอบ (ก) โครงข่าย 8N_14L (ข) โครงข่าย 10N_21L และ โครงข่าย 14N_21L

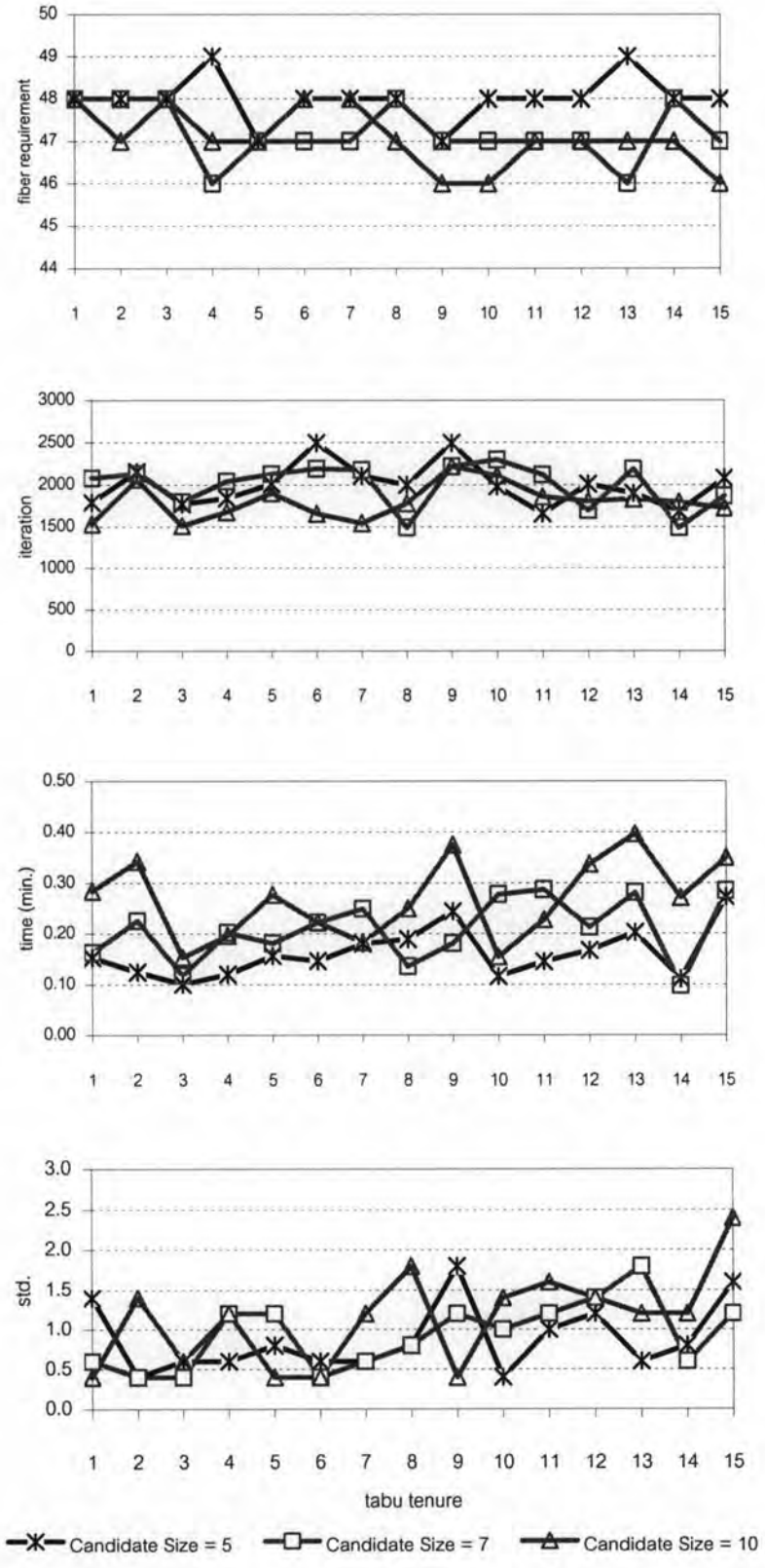
4.1 ผลของขนาด tabu list และ candidate size ที่มีต่ออัลกอริทึมฮิวริสติก

ในส่วนนี้จะพิจารณาถึงผลกระทบของ tabu list เมื่อ tabu list เป็นแบบคงที่และแบบพลวัตควบคู่กับผลกระทบที่ได้จากการกำหนด candidate size ให้ต่างกันในแต่ละโครงข่าย

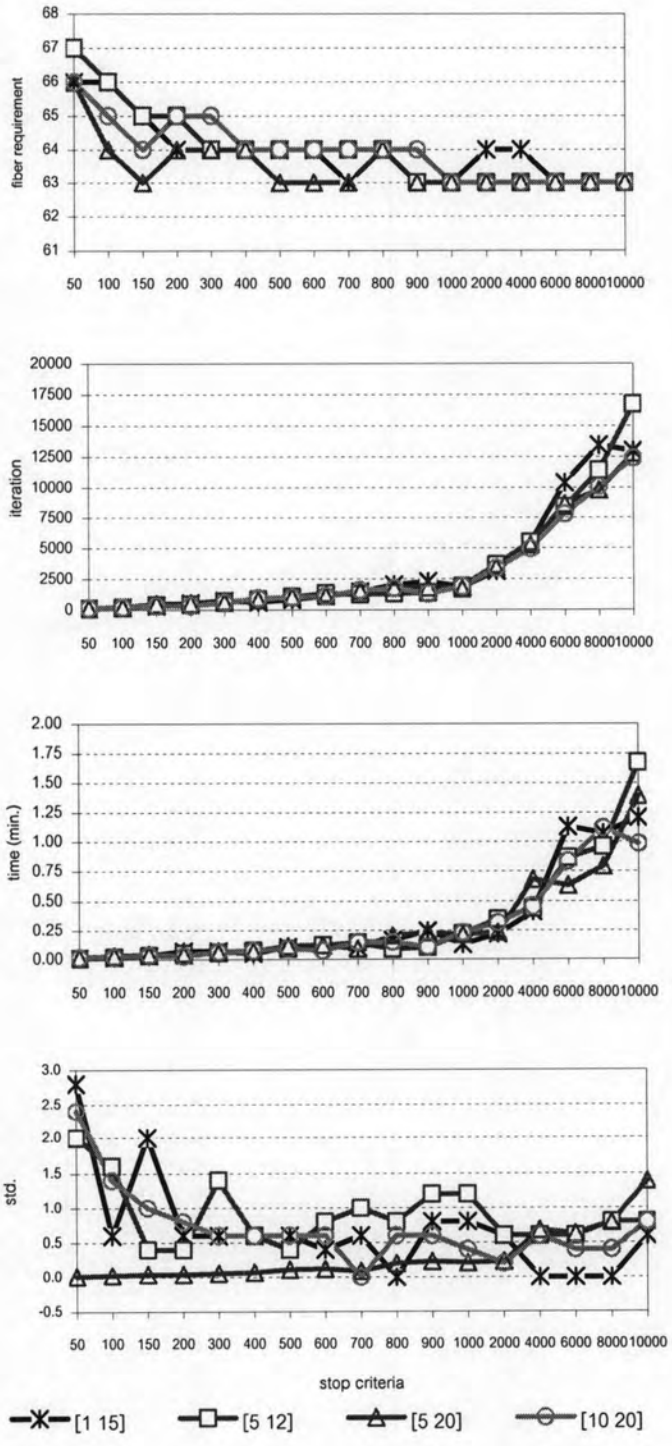
รูปที่ 4.3 และตารางที่ ข.1 ในภาคผนวก เปรียบเทียบต้นทุนโครงข่าย เวลาในการหาคำตอบและจำนวนรอบที่ค้นพบคำตอบของแต่ละโครงข่าย โดยพิจารณา candidate size ที่ต่างกัน เมื่อ tabu list เป็นแบบคงที่ พบว่า candidate size และ ขนาด tabu list มีผลต่อต้นทุน เวลาในการหาคำตอบและจำนวนรอบที่ค้นพบคำตอบ โดยพิจารณาผลกระทบดังกล่าวกับโครงข่าย 8N_14L เป็นตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.3 พบว่าแต่ละ candidate size ที่กำหนดจะให้ค่าต้นทุนโครงข่ายต่ำสุดใกล้เคียงกัน โดยที่ให้ค่าต้นทุนต่ำสุดเท่ากับ 47 เส้น เมื่อใช้ candidate size เท่ากับ 5 และให้ค่าต้นทุนต่ำสุด เท่ากับ 46 เส้น เท่ากัน เมื่อใช้ candidate size เท่ากับ 7 และ 10 ซึ่งจะเห็นว่า จำนวนรอบและเวลาในการหาต้นทุนต่ำสุดของโครงข่ายที่แต่ละ candidate size มีค่าแตกต่างกันไม่มาก เพราะโครงข่าย 8N_14L เป็นโครงข่ายขนาดเล็ก ทำให้กระบวนการสุ่มชุดคำตอบให้ค่าคำตอบที่ใกล้เคียงกับค่าต้นทุนต่ำสุดมีโอกาสเกิดขึ้นได้บ่อยเพราะเส้นทางที่ใช้ในการเลือกชุดคำตอบมีไม่มาก นอกจากนี้จะเห็นว่า ขนาดของ tabu list ก็มีส่วนที่ทำให้ต้นทุนต่ำสุด จำนวนรอบและเวลาในการหาต้นทุนต่ำสุดของโครงข่ายต่างกัน กล่าวคือ โครงข่ายพบค่าต้นทุนต่ำสุดเมื่อ candidate size มีขนาดเท่ากับ 5 และใช้ tabu list ขนาด 5 และ 9 ในขณะที่ถ้าใช้ candidate size มีขนาดเท่ากับ 7 แล้วจะต้องใช้ tabu list ขนาด 4 และ13 หรือใช้ tabu list ขนาด 9 ถึง10 และ 15 เมื่อ candidate size มีขนาดเท่ากับ 10 เป็นต้น เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละพารามิเตอร์ (candidate size และ ขนาด tabu list) ที่ให้ค่าต้นทุนโครงข่ายต่ำสุด ควบคู่กับระยะเวลาในการหาค่าต้นทุนโครงข่ายต่ำสุด พบว่าที่ candidate size เท่ากับ 10 และ tabu list มีขนาดเท่ากับ 9 มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานต่ำสุดในขณะที่ให้ค่าต้นทุนโครงข่ายต่ำสุดด้วย ดังนั้นกระบวนการหาต้นทุนโครงข่าย 8N_14L ต่ำสุด candidate size ที่เหมาะสมควรจะเท่ากับ 10 แต่เนื่องจากยังมีพารามิเตอร์บางตัว (stop criteria) มีความสัมพันธ์กับขนาดของ tabu list และส่งผลต่อกระบวนการหาต้นทุนโครงข่ายต่ำสุดซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป ดังนั้นขนาดของ tabu list ที่เหมาะสมจึงจะพิจารณาควบคู่ไปกับการเลือกค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว ซึ่งอยู่ในหัวข้อที่ 4.2 ในทำนองเดียวกัน โครงข่าย 10N_21L จะมีหลักการเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับโครงข่ายเช่นเดียวกับที่กล่าวข้างต้น โดยอาศัยตารางที่ ข.1 (ก) ซึ่งพบว่า ต้นทุนโครงข่ายต่ำสุดที่ candidate size เท่ากับ 5 เท่ากับ 54 เส้น ในขณะที่ candidate size เท่ากับ 7 และ 10 จะมีต้นทุนโครงข่ายต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 53 เส้น เท่ากัน โดยใช้ tabu list ขนาด 3 9 และ 15 ตามลำดับ ซึ่งพบว่า ที่ candidate size เท่ากับ 10 และ tabu list มีขนาดเท่ากับ 15 ค่าเบี่ยงเบน

มาตรฐานจะมีค่าต่ำสุดและให้ค่าต้นทุนโครงข่ายต่ำสุด ดังนั้น candidate size ที่เหมาะสมสำหรับโครงข่าย 10N_21L ควรจะเท่ากับ 10 ส่วนโครงข่าย 14N_21L จะอาศัยตารางที่ ข.1 (ข) ในการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม พบว่าต้นทุนโครงข่ายต่ำสุด เท่ากับ 65 เส้น เมื่อใช้ candidate size เท่ากับ 5 ในขณะที่ candidate size เท่ากับ 7 และ 10 ต้นทุนโครงข่ายต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 63 เส้น เท่ากัน จะเห็นว่าทุกค่าของขนาด tabu list ที่ candidate size เท่ากับ 5 จะให้ค่าต้นทุนโครงข่ายสูงกว่าเมื่อเทียบกับการหาต้นทุนโครงข่ายโดยใช้ candidate size เท่ากับ 7 และ 10 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจำนวนเส้นทางที่นำมาใช้ในการสุ่มชุดคำตอบมีมากทำให้โอกาสในการสุ่มเจอเส้นทางที่ใช้จำนวนข่ายเชื่อมโยงมีมากตามไปด้วย ประกอบกับจำนวนคำตอบที่สุ่มในแต่ละชุดค่อนข้างน้อยจึงทำให้ค่าต้นทุนโครงข่ายที่ได้สูงกว่าเมื่อเทียบกับเมื่อใช้ candidate size ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น นอกจากนี้พบว่า ที่ candidate size เท่ากับ 10 และ tabu list มีขนาดเท่ากับ 10 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่าต่ำสุดและให้ค่าต้นทุนโครงข่ายต่ำสุด ดังนั้น candidate size ที่เหมาะสมสำหรับโครงข่าย 14N_21L ควรจะเท่ากับ 10 เช่นเดียวกันกับสองโครงข่ายข้างต้น

รูปที่ 4.4 และตารางที่ ข.2 (ก)-(ข) ในภาคผนวก เปรียบเทียบต้นทุนโครงข่าย เวลาในการหาคำตอบและจำนวนรอบที่ค้นพบคำตอบของแต่ละโครงข่าย โดยพิจารณา candidate size ที่เท่ากับ 10 เมื่อ tabu list เป็นแบบพลวัต พบว่าช่วงของ tabu list มีผลต่อต้นทุน เวลาในการหาคำตอบและจำนวนรอบที่ค้นพบคำตอบ โดยพิจารณาผลกระทบดังกล่าวกับโครงข่าย 14N_21L เป็นตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.4 พบว่า ค่าต้นทุนโครงข่ายต่ำสุดจะพบที่ทุกช่วงของ tabu list ที่ใช้ทดสอบ ส่วนเวลาในการหาคำตอบและจำนวนรอบที่ค้นพบจะค่อยๆสูงขึ้นจนถึง stop criteria เท่ากับ 1000 และจะสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อ stop criteria มากกว่า 1000 เมื่อพิจารณาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานควบคู่ไปกับค่าต้นทุนโครงข่าย เวลาและจำนวนรอบที่ค้นพบคำตอบ จะพบว่าที่ช่วงของ tabu list มีขนาดอยู่ระหว่าง 5 ถึง 12 จะมีการแกว่งของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับ tabu list ช่วงอื่น ส่วนช่วงของ tabu list ที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 1 ถึง 15 และ 10 ถึง 20 การแกว่งของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะต่ำกว่าช่วงของ tabu list ที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 5 ถึง 12 เพียงเล็กน้อย ในขณะที่ tabu list ที่ขนาดอยู่ระหว่าง 5 ถึง 20 การแกว่งของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับ tabu list ช่วงอื่น จะเห็นว่าค่าต้นทุนต่ำสุดของแต่ละช่วง tabu list แตกต่างกันไม่มากทั้งที่ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแต่ละช่วงของ tabu list จะแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการเลือกช่วง tabu list ที่เหมาะสมสำหรับ tabu list แบบพลวัตของโครงข่ายนี้คือ tabu list ที่มีขนาดอยู่ระหว่าง 5 ถึง 20 ส่วนโครงข่าย 8N_14L และ 10N_21L นั้นจะอาศัยตารางที่ ข.2 (ก)-(ข) ในภาคผนวก ในการพิจารณาเลือกช่วง tabu list ที่เหมาะสมให้กับโครงข่ายซึ่งใช้หลักการพิจารณาเช่นเดียวกับการพิจารณาข้างต้น จากที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า ต้นทุนที่ได้จาก tabu list ที่



รูปที่ 4.3 ต้นทุนที่ดีที่สุดที่ค้นพบของแต่ละโครงข่าย จำนวนรอบที่ค้นพบคำตอบ เวลาที่ใช้คำนวณ และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ tabu tenure ขนาดต่างกัน เมื่อ tabu list เป็นแบบคงที่ และจะหยุดการค้นหาคำตอบเมื่อไม่มีการพัฒนาของคำตอบให้เห็นภายใน 1000 รอบ ของโครงข่าย 8N_14L



รูปที่ 4.4 ต้นทุนที่ดีที่สุดที่ค้นพบของแต่ละโครงข่าย จำนวนรอบที่ค้นพบคำตอบ เวลาที่ใช้คำนวณ และ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เมื่อ tabu list เป็นแบบพลวัตได้ ในช่วง tabu list ที่ต่างกัน และระยะเวลาในการหยุดการค้นหาคำตอบที่แตกต่างกัน ที่กระบวนการ 100000 รอบ เมื่อ candidate size เท่ากับ 10 ของโครงข่าย 14N_21L

เป็นแบบคงที่และแบบพลวัตได้ในแต่ละโครงข่าย กลับไม่พบความสัมพันธ์ใดๆระหว่างค่าต้นทุนของโครงข่ายกับแต่ละชนิดของ tabu list การกำหนดขนาด tabu list ให้เหมาะสมกับโครงข่ายหรือปัญหาหนึ่งๆ จึงต้องอาศัยการทดสอบกับทุกกรณี

4.2 ผลของ stop criteria ที่มีต่ออัลกอริทึมฮิวริสติก

ในหัวข้อนี้จะพิจารณาผลของ stop criteria ซึ่งรูปที่ 4.4 แสดงผลของ stop criteria ที่มีต่อค่าต้นทุนของโครงข่าย เวลาในการหาคำตอบและจำนวนรอบที่ค้นพบคำตอบของโครงข่าย 14N_21L สำหรับ tabu list ที่เป็นแบบคงที่และแบบพลวัต และจะใช้หลักการการเลือก stop criteria ของ tabu list ที่เป็นแบบคงที่ เป็นตัวอย่างในการพิจารณา

เมื่อพิจารณาผลของ stop criteria ที่มีต่อค่าต้นทุนของโครงข่าย เมื่อ tabu list เป็นแบบพลวัต จะเห็นว่าที่ค่า stop criteria สูงขึ้น ค่าต้นทุนต่ำสุดของโครงข่ายในแต่ละช่วงของ tabu list ที่แตกต่างกัน จะมีค่าเท่ากันเมื่อค่า stop criteria มีค่าตั้งแต่ 1000 ขึ้นไป ยกเว้นในกรณีที่ช่วง tabu list มีขนาดอยู่ระหว่าง 1 ถึง 15 ที่ stop criteria มีค่าเท่ากับ 2000 และ 4000 ซึ่งจะให้ค่าต้นทุนของโครงข่ายที่สูงกว่า อย่างไรก็ตาม จากรูปที่ 4.4 จะเห็นว่า ตั้งแต่ stop criteria เท่ากับ 6000 ขึ้นไป ค่าต้นทุนต่ำสุดของโครงข่ายจะมีค่าเท่ากันที่เมื่อทดสอบกับทุกช่วงขนาด tabu list นอกจากนี้ จะพบว่ายังมีค่าต้นทุนต่ำสุดของโครงข่ายที่ใช้ stop criteria น้อยกว่า 1000 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสุ่มในกระบวนการค้นหาคำตอบที่บังเอิญได้ค่าคำตอบที่ต่ำสุด ซึ่งจากรูปจะเห็นได้ว่าที่ค่า stop criteria ต่ำๆ จะมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับที่ค่า stop criteria ตั้งแต่ 1000 ขึ้นไป (ยกเว้นกรณีที่ tabu list มีขนาดระหว่าง 5 ถึง 20) เมื่อพิจารณาเวลาในการหาคำตอบและจำนวนรอบที่ค้นพบคำตอบของโครงข่ายกลับพบว่าการตั้ง stop criteria ที่สูงมากเกินไปทำให้เวลาและจำนวนรอบที่ค้นพบคำตอบมากขึ้นโดยไม่จำเป็น ส่วนผลของ stop criteria ของโครงข่าย 8N_14L และ โครงข่าย 10N_21L ก็เป็นไปในแนวทางเดียวกัน ดังตาราง ก.2 ตามลำดับ ดังนั้น stop criteria จึงเป็นพารามิเตอร์ที่ยังต้องคำนึงในกระบวนการออกแบบโครงข่ายด้วยอัลกอริทึมฮิวริสติกเช่นกัน

ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 4.1 ว่าการเลือกพารามิเตอร์ให้กับโครงข่ายนั้นควรพิจารณาค่าของ stop criteria และขนาดของ tabu list ควบคู่กันไปพร้อมกับดูค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่แต่ละค่าของพารามิเตอร์ดังกล่าวด้วย เพื่อใช้ในการตัดสินใจเลือกค่าที่เหมาะสม ซึ่งในกรณีของโครงข่าย 14N_21L นี้จะเห็นว่า ของ stop criteria ที่เหมาะควรจะเท่ากับ 6000 และ ขนาดของ tabu list ควรจะมีช่วงอยู่ระหว่าง 5 ถึง 20 อาศัยการพิจารณาข้างต้นกับโครงข่าย 8N_14L และ 10N_21L โดยใช้ตาราง ค.1-ค.2 พบว่า โครงข่าย 8N_14L ควรจะใช้ stop criteria เท่ากับ 4000 tabu list

ควรจะมีช่วงอยู่ระหว่าง 5 ถึง 12 ในขณะที่โครงข่าย 10N_21L ควรจะใช้ stop criteria เท่ากับ 10000 tabu list ควรจะมีช่วงอยู่ระหว่าง 5 ถึง 12 เป็นต้น ส่วนการเลือกพารามิเตอร์ให้แต่ละโครงข่ายที่มี tabu list เป็นแบบคงที่ ก็จะเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับข้างต้นโดยอาศัยตารางที่ ง. 1-ง.3 ในภาคผนวก ในการพิจารณา