บทที่ 4

ผลการทดสอบ

ในส่วนนี้เป็นส่วนของการวิเคราะห์งานวิจัยและการพิจารณาความเชื่อถือได้ของโครงข่าย โดยจะแบ่งเป็น 2 ด้าน ซึ่งในหัวข้อแรกจะเกี่ยวกับการประเมินความเชื่อถือได้เมื่อโครงข่ายมีลักษณะเป็นแบบหลาย ๆ ระดับซึ่งในที่นี้จะขอพิจารณาเพียง 2 ระดับคือในเลเยอร์กายภาพและในเลเยอร์ตรรก โดยให้อยู่บนพื้นฐานของโครงข่าย MPLS ซึ่งจะเกี่ยวเนื่องกับความเสียหายที่เป็นแบบไม่เป็นอิสระต่อกันคือเมื่อข่ายเชื่อมโยงหนึ่ง ๆ เกิดความเสียหายอาจจะส่งผลกระทบให้ข่ายเชื่อมโยงอื่น ๆ ไม่สามารถใช้งานได้อีกด้วย โดยมีจุดต้นทางจะจุดปลายทางเพียง 1 คู่โนดเท่านั้น ส่วนในหัวข้อที่สองจะพิจารณาเพิ่มขึ้นไปอีกว่าจากเดิมที่มีจุดต้นทางจะจุดปลายทางเพียง 1 คู่โนดเท่านั้นและถ้ามีลักษณะที่เป็นแบบมีจุดต้นทางและจุดปลายทางมากกว่า 1 คู่โนดจะมีวิธีประเมินความเชื่อถือได้อย่างไร

4.1 ผลการทดสอบจากโครงข่าย internet2

โครงข่าย abilene เป็นโครงข่ายที่อยู่ในประเทศอินเดียซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในองค์กร internet2 [11] โดยมี backbone เชื่อมต่อระหว่างประเทศถึง 10 กิกะบิตต่อวินาที (10 Gbps) โดยเป้าหมายของการสร้างโครงข่าย abilene ก็เพื่อจัดหาและช่วยเหลือเกี่ยวกับงานทางด้านต่าง ๆ เหล่านี้

- การพัฒนางานนวัตกรรมทางด้านแอพลิเคชั่นใหม่ต่าง ๆ , งานทดลองทางด้านเทคนิค และโครงข่ายที่มีความต้องการสมรรถนะที่สูง ๆ ที่ยังมิได้มีการใช้งานในเชิงพานิชย์ปัจจุบัน
- งานทดลองบริการหรือจำลองระบบระดับสูง รวมไปถึง multicast , IPv6 , ระบบ security ต่าง ๆ ซึ่งยังไม่มีการใช้งานที่เป็นไปได้ทั่วไป
- เชื่อมต่อโครงข่ายที่เกี่ยวกับการศึกษา งานวิจัยต่าง ๆ ทั่วโลกเพื่อเปิดโอกาสให้มีการพัฒนาในทิศทางใหม่ ๆ ต่อไป
- เปิดโอกาสให้นักวิจัยสามารถเข้ามาเก็บข้อมูลต่าง ๆ ของโครงข่าย abilene ได้เพื่อช่วยเหลืองานที่จะเป็นนวัตกรรมใหม่ ๆ ต่อไป

โครงข่าย abilene ที่จะนำมาพิจารณาแสดงได้ดังรูปที่ 4.1

จากรูปที่ 4.1 สมมุติว่าจะพิจารณาความเชื่อถือได้จากจุดต้นทาง-ปลายทางคือ คู่โนด A-F และมีการกำหนด routing strategy ไว้ทั้งหมด 7 เส้นทางดังนี้

เส้นทางที่ 1 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 2 - 5 - 8 - 11 - 13

เส้นทางที่ 2 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 3 - 6 - 9 - 12 - 14

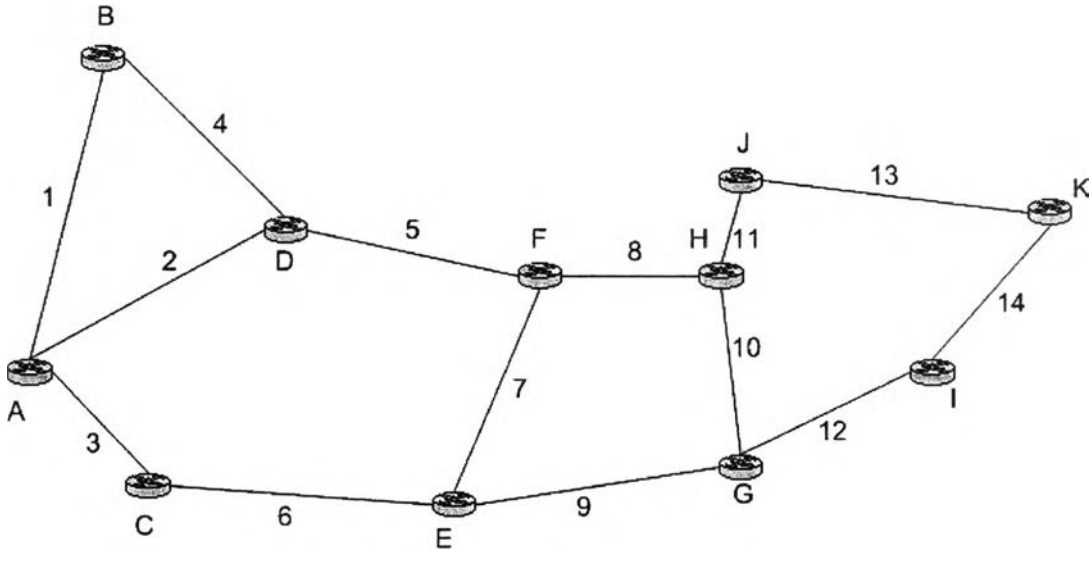
เส้นทางที่ 3 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 1 - 4 - 5 - 8 - 11 - 13

เส้นทางที่ 4 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 2 - 5 - 7 - 9 - 12 - 14

เส้นทางที่ 5 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 2 - 5 - 8 - 10 - 12 - 14

เส้นทางที่ 6 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 3 - 6 - 7 - 8 - 11 - 13

เส้นทางที่ 7 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 3 - 6 - 9 - 10 - 11 - 13

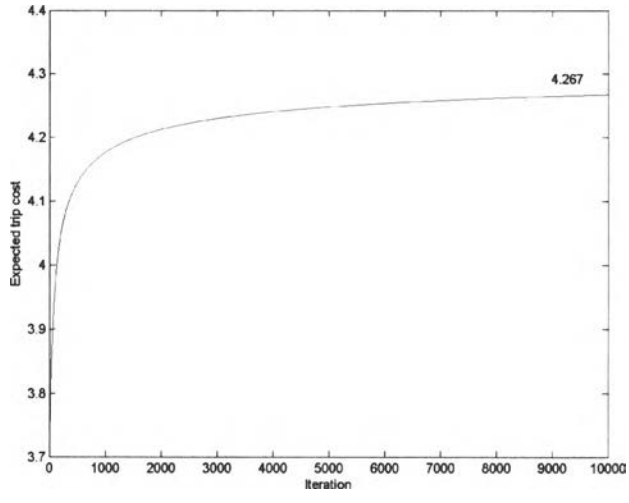


รูปที่ 4.1 โครงข่าย internet2

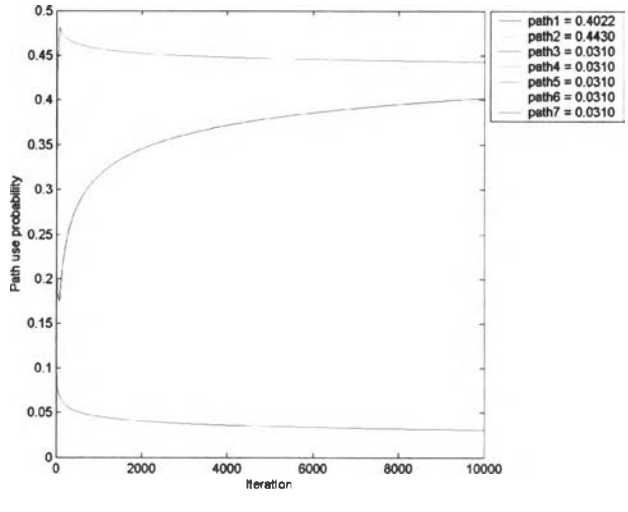
4.1.1 กรณีที่พิจารณาทราฟฟิกจาก1 คู่โนด

ในการทดลองแบบแรกนี้จะเป็นลักษณะที่ใน 1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้เพียง 1 ข่ายเชื่อมโยงเท่านั้น ซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 4.2 , 4.3 , 4.4 , 4.5

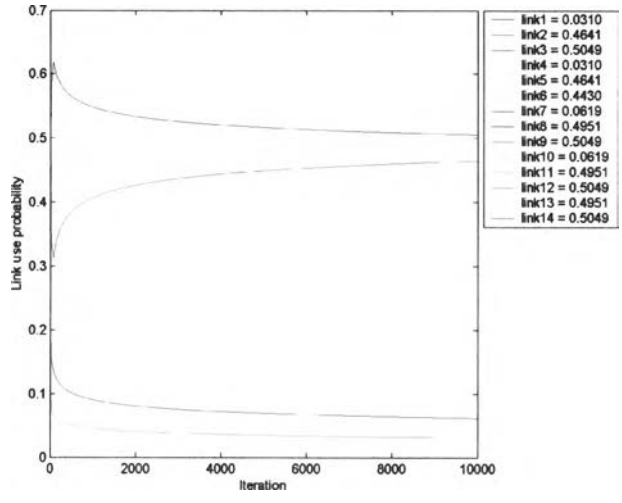
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเส้นทางเชื่อมโยงที่ 1 และ 2 จะมีความน่าจะเป็นที่เราเตอร์จะเลือกใช้งานมากที่สุดในโครงข่ายนี้และข่ายเชื่อมโยงที่ 2 , 5 , 8 , 9 , 11 , 12 , 13 , 14 จะมีความน่าจะเป็นที่เราเตอร์จะเลือกใช้งานมากที่สุดในทางกลับกันเหตุการณ์ในการเกิดความเสียหายที่ 7 , 8 ก็จะมีความน่าจะเป็นที่ตัวทดสอบโครงข่ายจะเลือกทำลายมากที่สุดในโครงข่ายนี้และเนื่องจากใน 1 เหตุการณ์



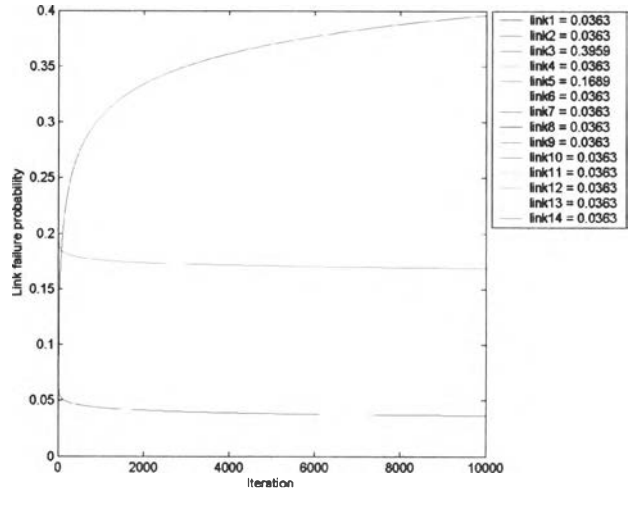
รูปที่ 4.2 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง



รูปที่ 4.3 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางจะถูกเลือก



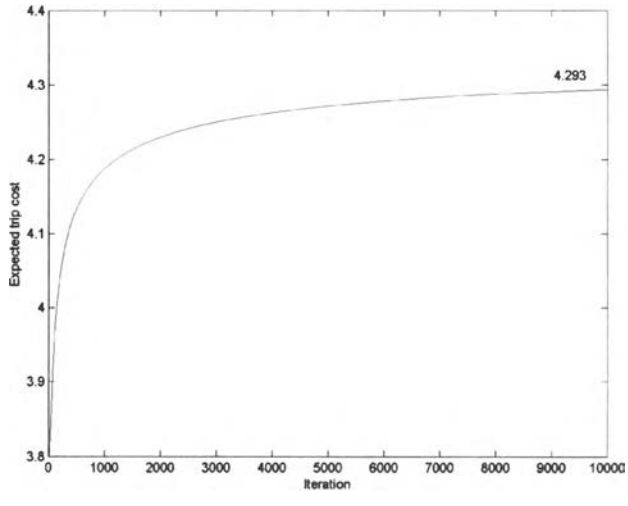
รูปที่ 4.4 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละช่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก



รูปที่ 4.5 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์

ในการเกิดความเสียหายหมายถึงตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายได้เพียง 1 ข่ายเชื่อมโยงเท่านั้น ดังนั้น ข่ายเชื่อมโยงที่ 7 , 8 มีความน่าจะเป็นที่จะถูกทำลายมากที่สุด

ที่ได้ผลการทดลองดังกล่าวมานั้นจะเป็นลักษณะที่ใน 1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่าย สามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้เพียง 1 ข่ายเชื่อมโยงเท่านั้น ซึ่งถ้าในกรณีที่ตัวทดสอบโครงข่ายมีความ สามารถที่เพิ่มขึ้น โดยใน1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้มาก กว่า 1 ข่ายเชื่อมโยง (N ข่ายเชื่อมโยง) ในที่นี้จะขอทำการทดลองที่ N = 2 ซึ่งจะได้ผลดังรูปที่ 4.6 , 4.7 , 4.8 , 4.9

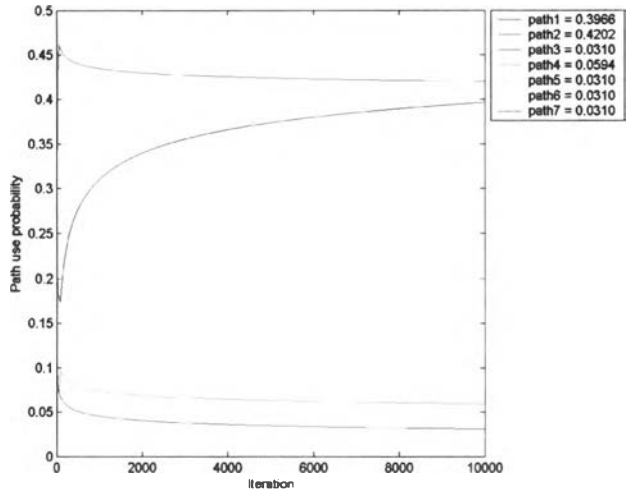


รูปที่ 4.6 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง

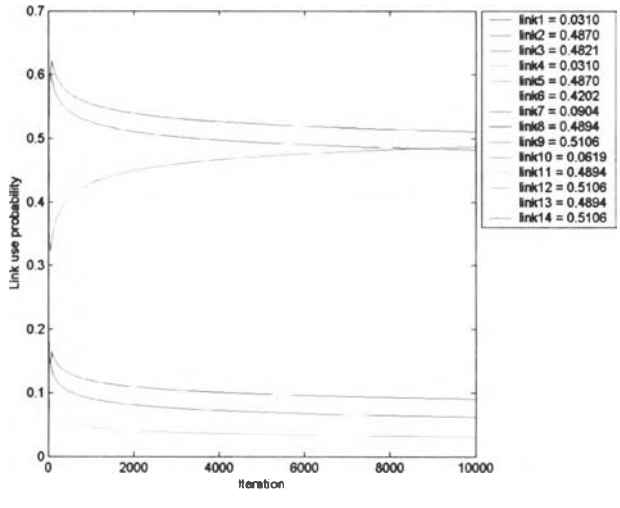
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ใน 1 เหตุการณ์ในการเกิด ความเสียหายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้เพียง 1 ข่ายเชื่อมโยงเพียงแต่ว่าค่า ความน่าจะเป็นในการเลือกเส้นทางและความน่าจะเป็นในการทำลายจะไปกระจายอยู่ที่เส้นทางเชื่อมโยง และข่ายเชื่อมโยงอื่นๆมากขึ้น

4.1.2 กรณีที่พิจารณาทราฟฟิกมากกว่า 1 คู่โนด

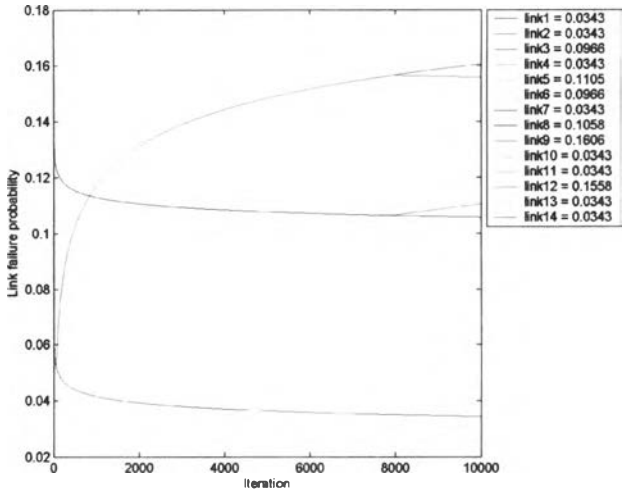
ในการทดลองส่วนนี้จะเป็นลักษณะที่โครงข่ายมีจุดต้นทาง-ปลายทางในการรับส่งข้อมูลมากกว่า 1 คู่ โนด (M คู่โนด) โดยในที่นี้จะทำการทดสอบที่ 2 คู่โนด และทางด้านของตัวทดสอบโครงข่ายนั้น 1 เหตุการณ์ในการเกิดความเสียหายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้เพียง 1 ข่ายเชื่อมโยง



รูปที่ 4.7 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางจะถูกเลือก



รูปที่ 4.8 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละช่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก



รูปที่ 4.9 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์

เท่านั้น ซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 4.10 , 4.11 , 4.12 , 4.13 , 4.14 โดยพิจารณาความเชื่อถือได้จากจุดต้นทาง-ปลายทางคือ คู่โนด A-F และคู่โนด C-J โดยเพิ่มเติมการกำหนดเส้นทาง C-J อีก เส้นทางดังนี้

เส้นทางที่ 1 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 6 - 7 - 8 - 11

เส้นทางที่ 2 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 6 - 9 - 10 - 11

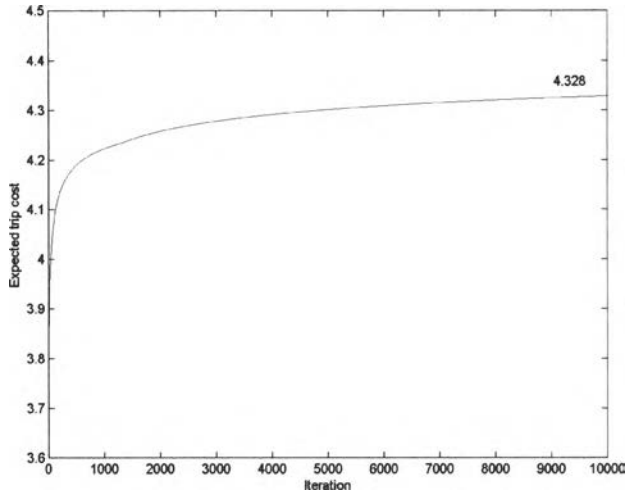
เส้นทางที่ 3 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 2 - 3 - 5 - 8 - 11

เส้นทางที่ 4 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 6 - 9 - 12 - 13 - 14

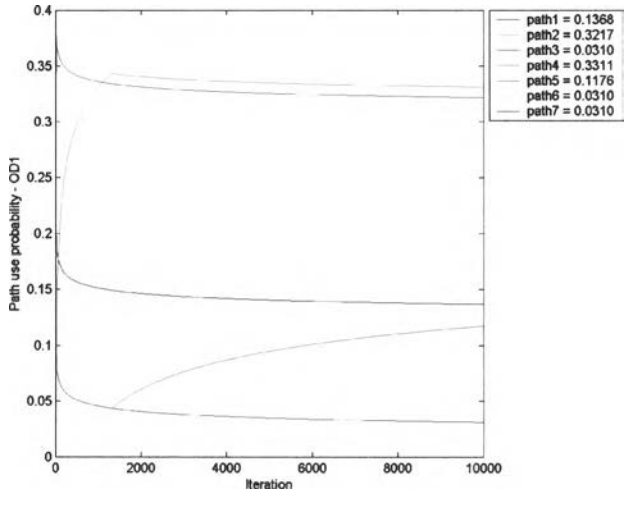
เส้นทางที่ 5 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 1 - 3 - 5 - 8 - 11

ในกรณีที่ตัวทดสอบโครงข่ายมีความสามารถที่เพิ่มขึ้น โดยใน 1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้มากกว่า 1 ข่ายเชื่อมโยง (N ข่ายเชื่อมโยง) ในที่นี้จะขอทำการทดลองที่ N = 2 ซึ่งจะได้ผลดังรูปที่ 4.15 , 4.16 , 4.17 , 4.18 , 4.19

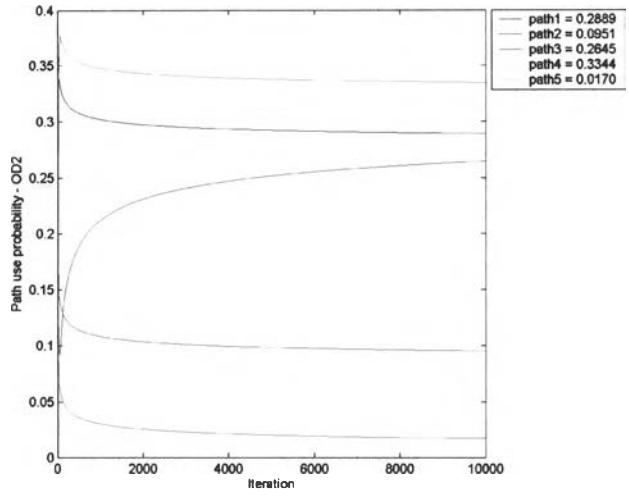
จากผลการทดลองของทั้ง 4 กรณีจะเห็นได้ว่า ถ้ามีการส่งข้อมูลเฉพาะคู่โนด A-F ในกรณีที่ใน 1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้เพียง 1 ข่ายเชื่อมโยงนั้นมีค่าความเชื่อถือได้ที่มากกว่าในกรณีที่ใน 1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่าย



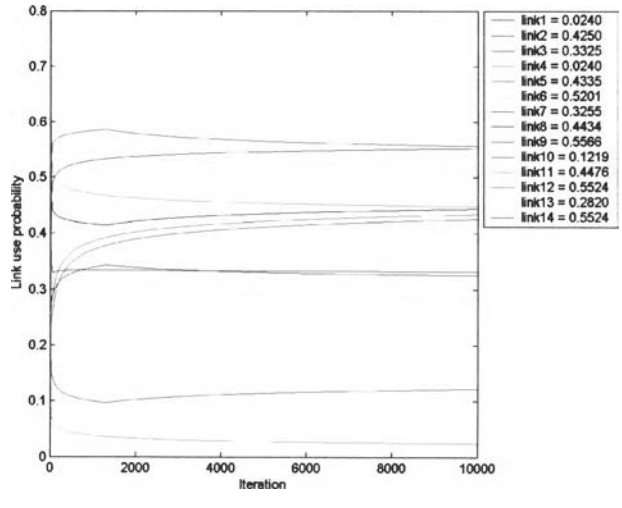
รูปที่ 4.10 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง



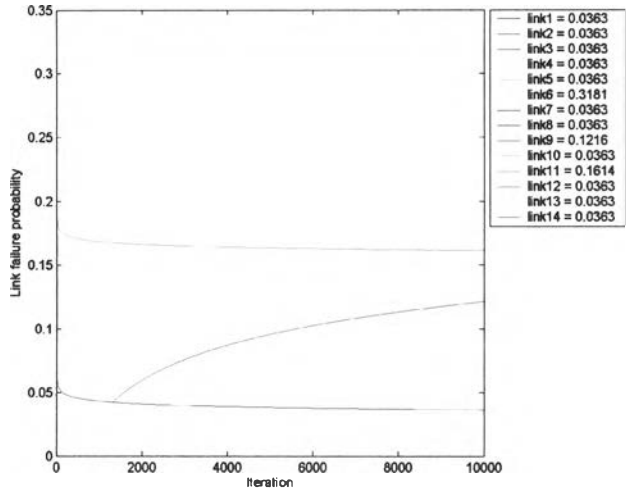
รูปที่ 4.11 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD1 จะถูกเลือก



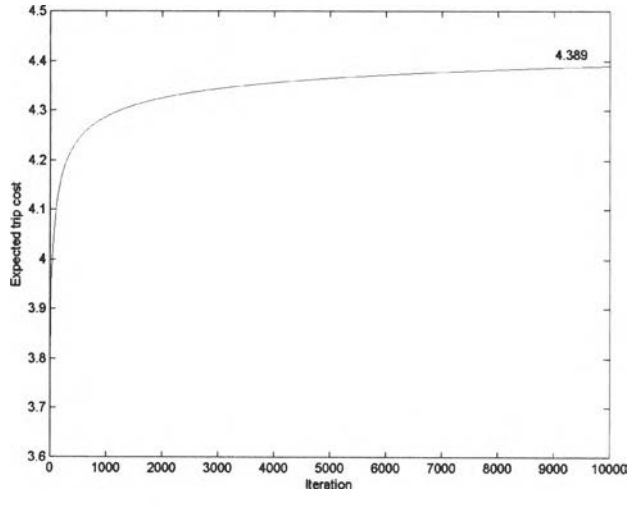
รูปที่ 4.12 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD2 จะถูกเลือก



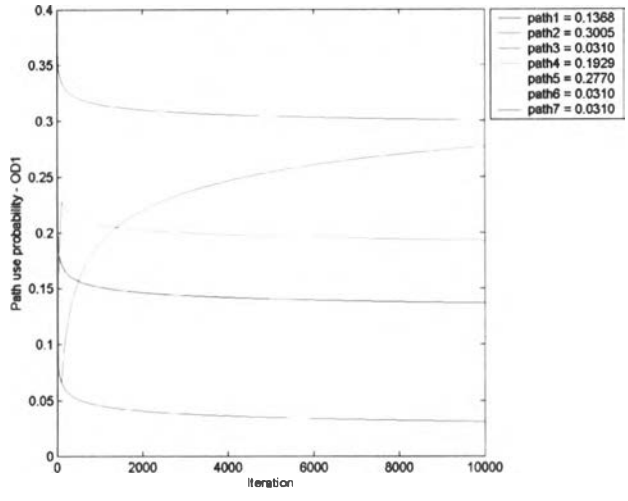
รูปที่ 4.13 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละข่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก



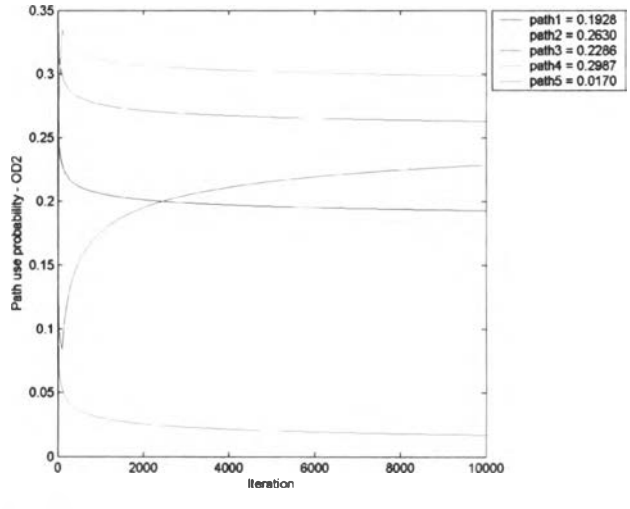
รูปที่ 4.14 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์



รูปที่ 4.15 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง

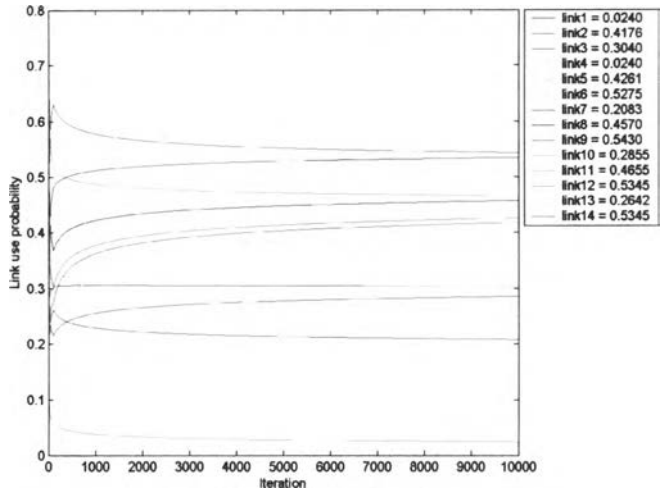


รูปที่ 4.16 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD1 จะถูกเลือก

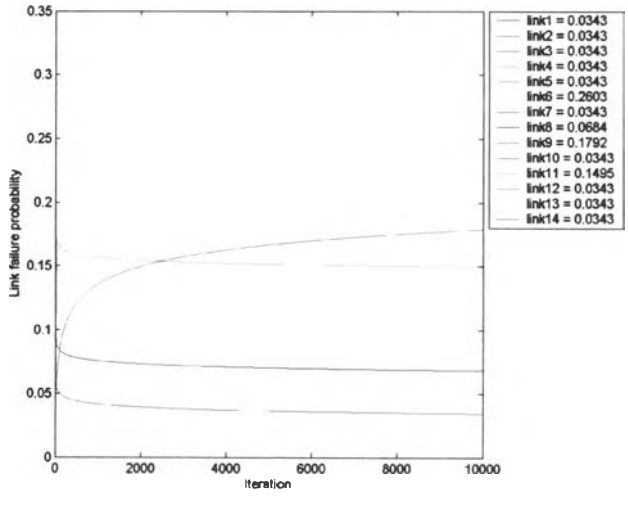


รูปที่ 4.17 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD2 จะถูกเลือก

T. 9717 4497



รูปที่ 4.18 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละช่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก



รูปที่ 4.19 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์

เชื่อมโยงได้ถึง 2 ช่ายเชื่อมโยง แต่ถ้ามีการเพิ่มการส่งข้อมูลที่คู่โนด C-J เข้าไป กลับทำให้โครงข่ายมีความเชื่อถือได้ที่น้อยลง

4.2 ผลการทดสอบจากโครงข่าย APAN (Asia Pacific Advance Network)

โครงข่าย APAN (Asia Pacific Advance Network) [12] เป็นองค์กรโครงข่ายที่ไม่แสวงผลกำไร ซึ่งอยู่ในประเทศญี่ปุ่น มีจุดประสงค์ในการก่อตั้งดังนี้

- ให้นักวิจัยได้ค้นคว้าข้อมูลเพื่อเป็นประโยชน์ต่องานสังคม
- เพื่อให้หน่วยงานของรัฐบาลเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาและแปรรูปงานทางด้านอินเทอร์เน็ต
- ความต้องการของนักบินที่อยากให้มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีการบิน

โครงข่าย APAN สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.20

จากรูปที่ 4.20 สมมุติว่าจะพิจารณาความเชื่อถือได้จากจุดต้นทาง-ปลายทางคือ คู่โนด JGN-Tokyo XP และมี การำหนด routing strategy ไว้ทั้งหมด 5 เส้นทางดังนี้

เส้นทางที่ 1 ผ่านช่ายเชื่อมโยง 1 - 5

เส้นทางที่ 2 ผ่านช่ายเชื่อมโยง 2 - 7

เส้นทางที่ 3 ผ่านช่ายเชื่อมโยง 3 - 6 - 7

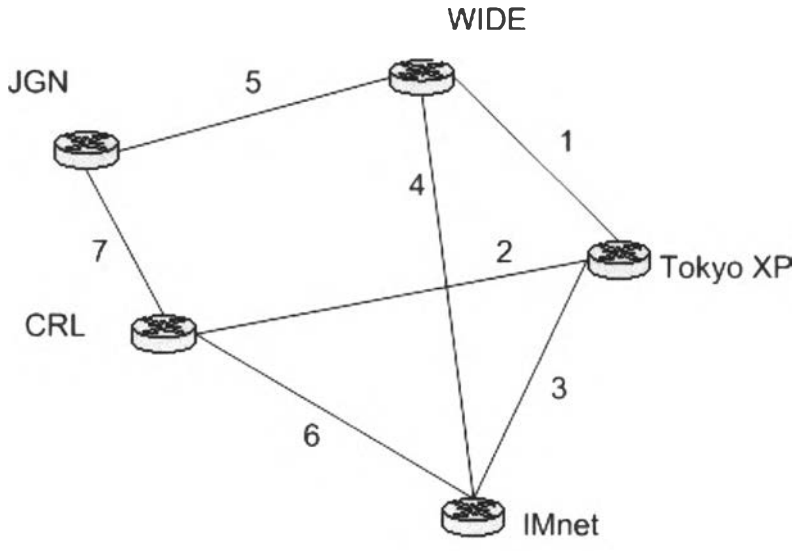
เส้นทางที่ 4 ผ่านช่ายเชื่อมโยง 3 - 4 - 5

เส้นทางที่ 5 ผ่านช่ายเชื่อมโยง 1 - 4 - 6 - 7

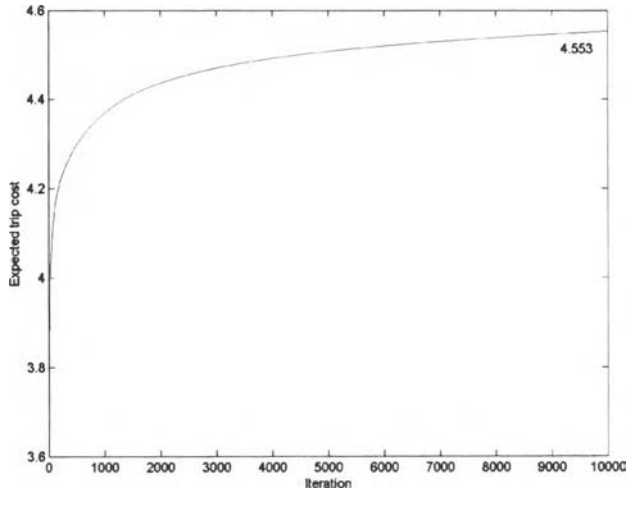
4.2.1 กรณีที่พิจารณาทราฟฟิกจาก1 คู่โนด

ในการทดลองแบบแรกนี้จะเป็นลักษณะที่ใน 1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายช่ายเชื่อมโยงได้เพียง 1 ช่ายเชื่อมโยงเท่านั้น ซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 4.21 , 4.22 , 4.23 , 4.24

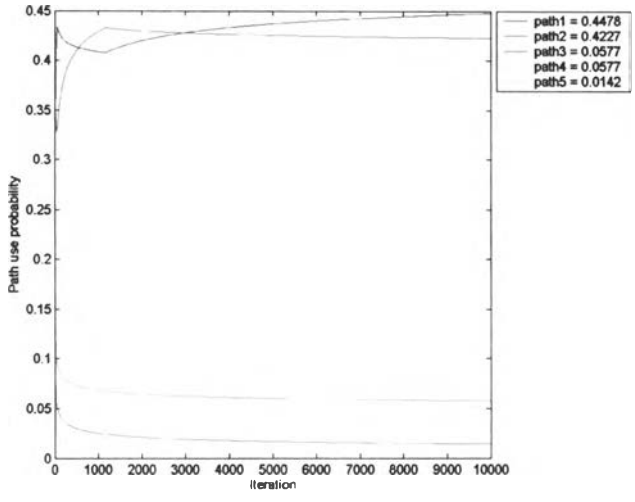
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเส้นทางเชื่อมโยงที่ 1 และ 2 จะมีความน่าจะเป็นที่เราเตอร์จะเลือกใช้งานมากที่สุดในโครงข่ายนี้และช่ายเชื่อมโยงที่ 5 , 7 , 1 , 2 จะมีความน่าจะเป็นที่เราเตอร์จะเลือกใช้งานมากที่สุดในทางกลับกันเหตุการณ์ในการเกิดความเสียหายที่ 7 , 5 ก็จะมีความน่าจะเป็นที่ตัวทดสอบโครงข่ายจะเลือกทำลายมากที่สุดในโครงข่ายนี้และเนื่องจากใน 1 เหตุการณ์ในการเกิดความ



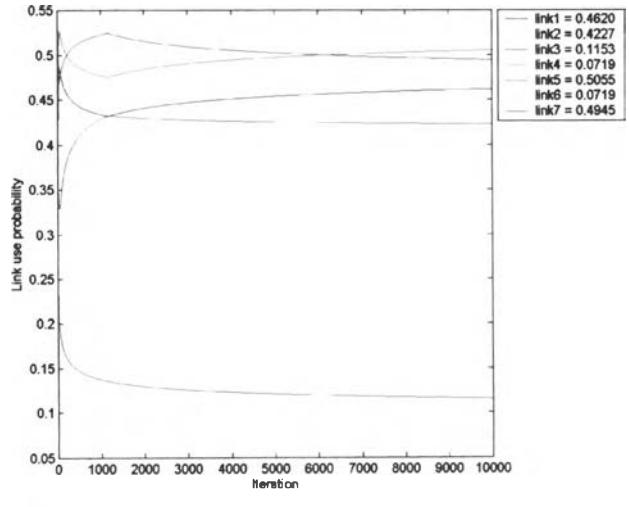
รูปที่ 4.20 โครงข่าย APAN



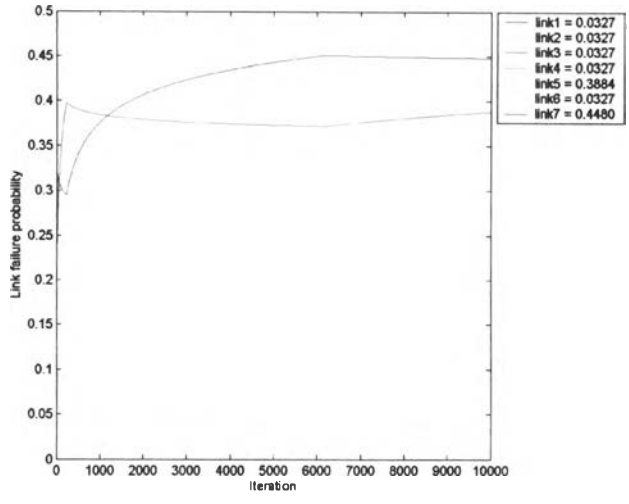
รูปที่ 4.21 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง



รูปที่ 4.22 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางจะถูกเลือก



รูปที่ 4.23 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละข่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก



รูปที่ 4.24 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์

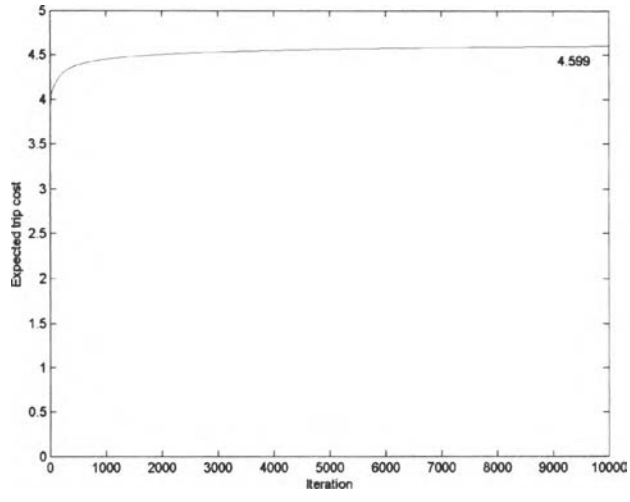
เสียหายหมายถึงตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายได้เพียง 1 ข่ายเชื่อมโยงเท่านั้น ดังนั้นข่ายเชื่อมโยงที่ 7 มีความน่าจะเป็นที่จะถูกทำลายมากที่สุด

ที่ได้ผลการทดลองดังกล่าวมานั้นจะเป็นลักษณะที่ใน 1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้เพียง 1 ข่ายเชื่อมโยงเท่านั้น ซึ่งถ้าในกรณีที่ตัวทดสอบโครงข่ายมีความสามารถที่เพิ่มขึ้น โดยใน1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้มากกว่า 1 ข่ายเชื่อมโยง (N ข่ายเชื่อมโยง) ในที่นี้จะขอทำการทดลองที่ N = 2 ซึ่งจะได้ผลดังรูปที่ 4.25 , 4.26 , 4.27 , 4.28

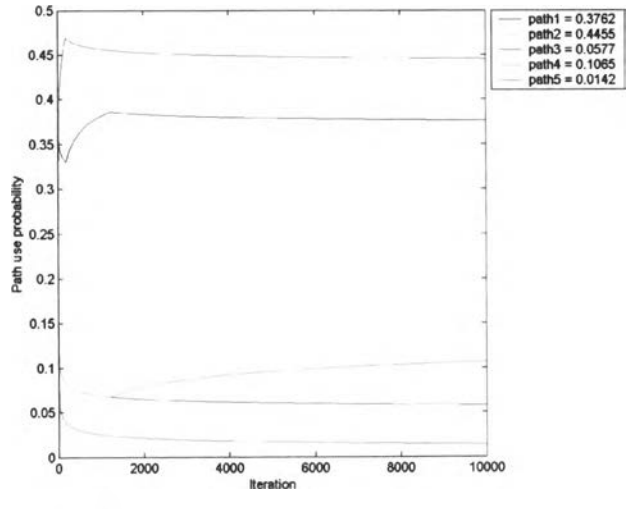
จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าค่าที่ได้นั้นมีค่าใกล้เคียงกับกรณีที่ใน 1 เหตุการณ์ในการเกิดความเสียหายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้เพียง 1 ข่ายเชื่อมโยงเพียงแต่ว่าค่าความน่าจะเป็นในการเลือกเส้นทางและความน่าจะเป็นในการทำลายจะไปกระจายอยู่ที่เส้นทางเชื่อมโยงและข่ายเชื่อมโยงอื่นๆมากขึ้น

4.2.2 กรณีที่พิจารณาทราฟฟิกมากกว่า 1 คู่โนด

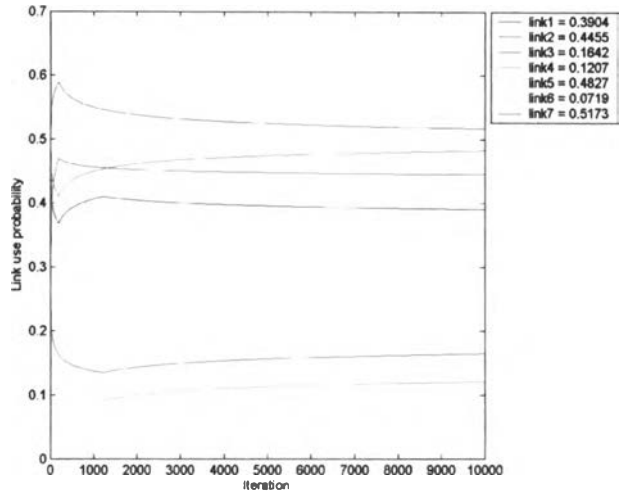
ในการทดลองส่วนนี้จะเป็นลักษณะที่โครงข่ายมีจุดต้นทาง-ปลายทางในการรับส่งข้อมูลมากกว่า 1 คู่โนด (M คู่โนด) โดยในที่นี้จะทำการทดสอบที่ 2 คู่โนด และทางด้านของตัวทดสอบโครงข่ายนั้น 1 เหตุการณ์ในการเกิดความเสียหายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้เพียง 1 ข่ายเชื่อมโยง



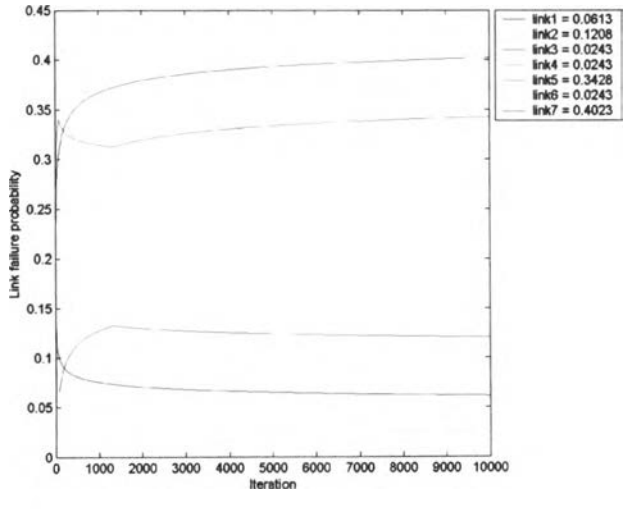
รูปที่ 4.25 ค่าราคาต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง



รูปที่ 4.26 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางจะถูกเลือก



รูปที่ 4.27 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละข่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก



รูปที่ 4.28 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์

เท่านั้นซึ่งผลการทดสอบแสดงได้ดังรูปที่ 4.29 , 4.30 , 4.31 , 4.32 , 4.33

โดยพิจารณาความเชื่อถือได้จากจุดต้นทาง-ปลายทางคือ คู่โนด JGN-Tokyo XP และ CRL-WIDE โดยเพิ่มเติมการกำหนดเส้นทาง CRL-WIDE อีก 5 เส้นทางดังนี้

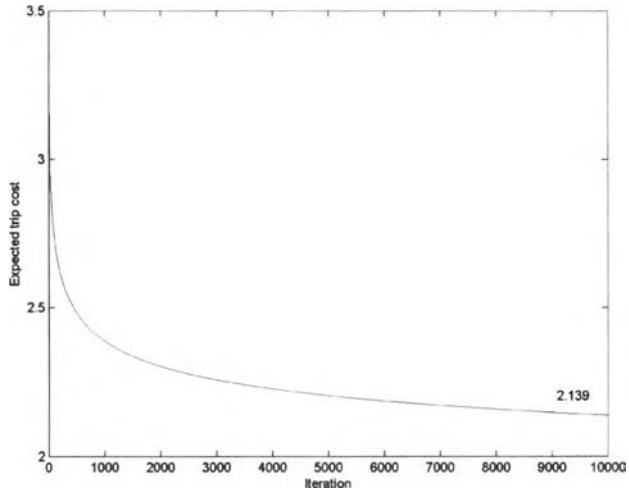
เส้นทางที่ 1 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 1 - 2

เส้นทางที่ 2 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 5 - 7

เส้นทางที่ 3 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 4 - 6

เส้นทางที่ 4 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 1 - 3 - 6

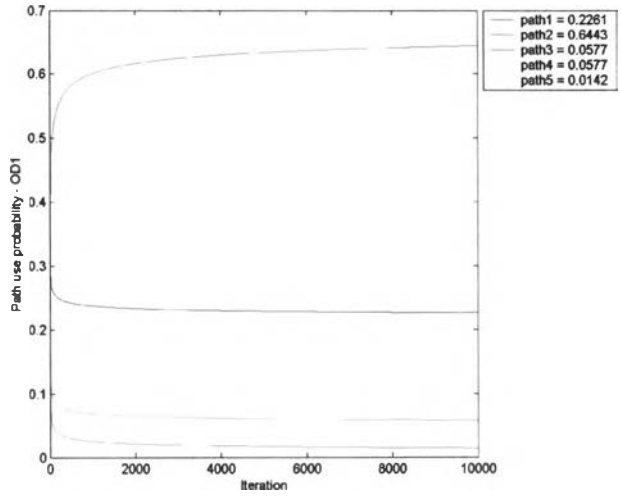
เส้นทางที่ 5 ผ่านข่ายเชื่อมโยง 2 - 3 - 4



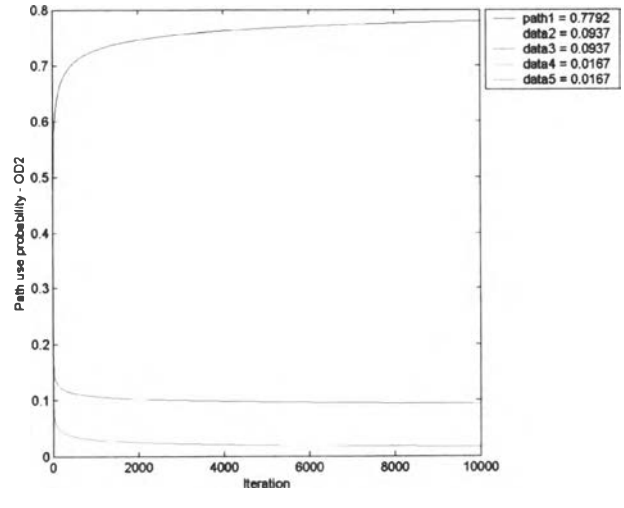
รูปที่ 4.29 ค่าต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง

ในกรณีที่ตัวทดสอบโครงข่ายมีความสามารถที่เพิ่มขึ้น โดยใน1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้มากกว่า 1 ข่ายเชื่อมโยง (N ข่ายเชื่อมโยง) ในที่นี้จะขอทำการทดลองที่ N = 2 ซึ่งจะได้ผลดังรูปที่ 4.34 , 4.35 , 4.36 , 4.37 , 4.38

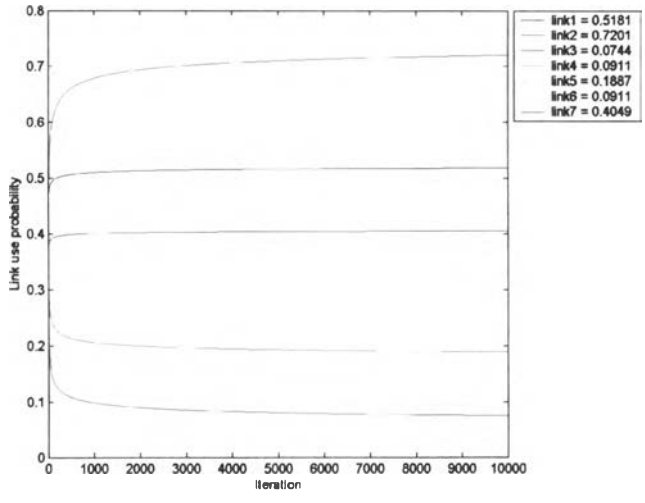
จากผลการทดลองของทั้ง 4 กรณีจะเห็นได้ว่า ถ้ามีการส่งข้อมูลเฉพาะคู่โนด JGN-Tokyo XP ในกรณีที่ใน 1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่ายสามารถทำลายข่ายเชื่อมโยงได้เพียง 1 ข่ายเชื่อมโยงนั้นมีค่าความเชื่อถือได้ที่มากกว่าในกรณีที่ใน 1 เหตุการณ์ในการทำลายตัวทดสอบโครงข่าย



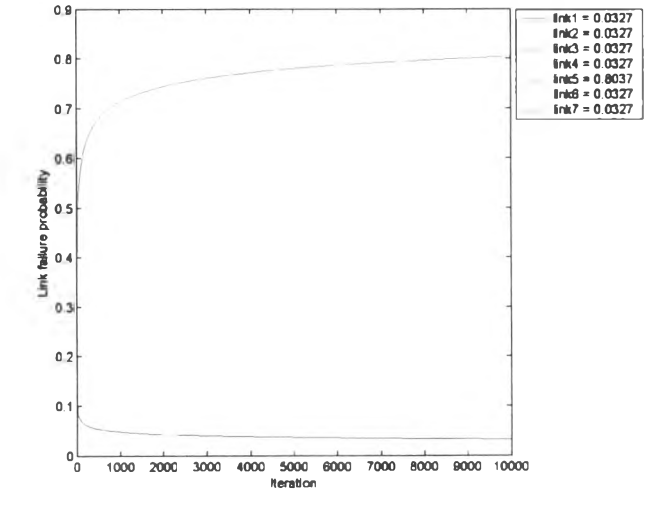
รูปที่ 4.30 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD1 จะถูกเลือก



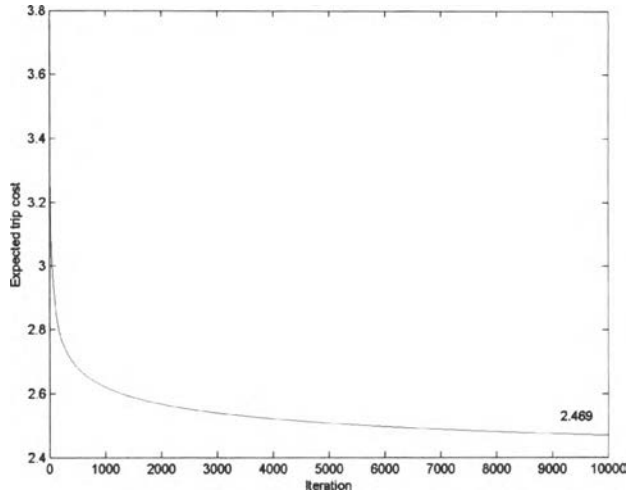
รูปที่ 4.31 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD 2 จะถูกเลือก



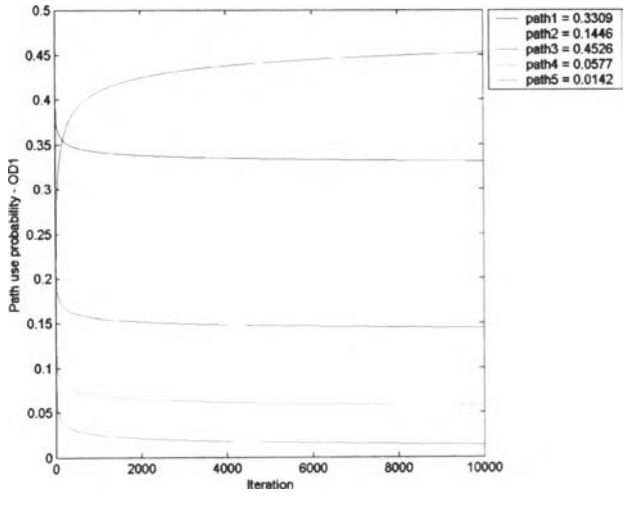
รูปที่ 4.32 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละข่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก



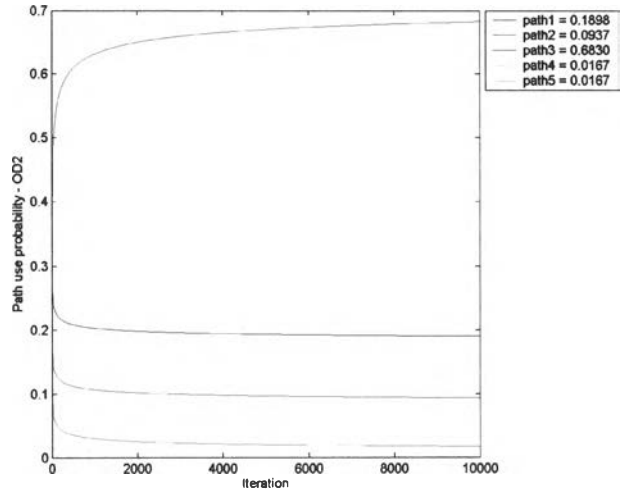
รูปที่ 4.33 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์



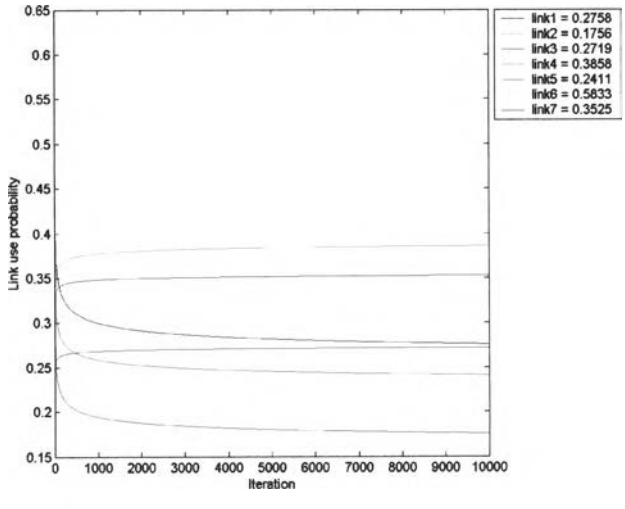
รูปที่ 4.34 ค่าราคาต้นทุนเฉลี่ยในการเดินทาง



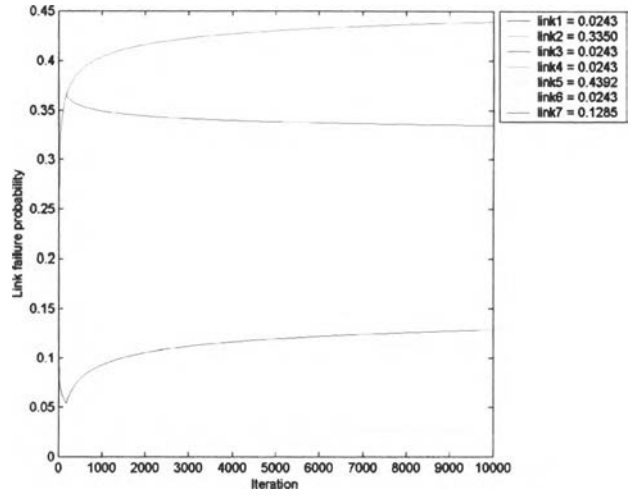
รูปที่ 4.35 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD1 จะถูกเลือก



รูปที่ 4.36 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละเส้นทางใน OD2 จะถูกเลือก



รูปที่ 4.37 ค่าความน่าจะเป็นที่แต่ละข่ายเชื่อมโยงจะถูกเลือก



รูปที่ 4.38 ค่าความน่าจะเป็นที่จะเกิดความเสียหายของแต่ละเหตุการณ์

สามารถทำลายช่ายเชื่อมโยงได้ถึง 2 ช่ายเชื่อมโยง และถ้ามีการเพิ่มการส่งข้อมูลที่คู่โนด CRL-WIDE เข้าไป จะทำให้โครงช่ายมีความเชื่อถือได้ที่มากขึ้น