



บทที่ 4

## ผลการทดสอบการคำนวณ และการวิเคราะห์ผลการทดสอบการคำนวณ

### ความนำ

ในบทนี้ได้กล่าวถึงผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลการคำนวณในการกำหนดเส้นทางตามวิธีการที่ได้เสนอมาแล้วในบทที่ 3 โดยได้สมมุติตัวอย่างโครงข่ายสื่อสารขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดสอบ ในการทดสอบได้แบ่งออกเป็น 5 ส่วนดังนี้คือ

1. การทดสอบและการวิเคราะห์ถึงความถูกต้องและความรวดเร็วในการคำนวณโดยนำผลลัพธ์คือเส้นทางที่คำนวณได้มาเปรียบเทียบกับระหว่างการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิมที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988) กับการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่ที่ได้เสนอขึ้นดังรายละเอียดในบทที่ 3
2. การทดสอบและการวิเคราะห์ผลของสมการเงื่อนไขที่เป็นปัจจัยรอง ในการกำหนดเส้นทางที่ได้เสนอขึ้น อันได้แก่ปัจจัยในเรื่องสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่าย
3. การทดสอบและการวิเคราะห์ถึงผลของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่ได้เสนอขึ้นมาดังรายละเอียดในบทที่ 3 ต่อเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์ก
4. การทดสอบและการวิเคราะห์ผลของค่าคงที่ซิกมอยด์ต่อการลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์ก
5. การทดสอบและการวิเคราะห์ผลของค่าคงที่โมเมนตัมที่มีผลกระทบต่อความถูกต้องรวดเร็วในการคำนวณ

### การทดสอบความถูกต้องและความรวดเร็วในการคำนวณ

ในส่วนนี้ได้ทำการทดสอบถึงความถูกต้องในการคำนวณเส้นทางตามวิธีการที่ได้เสนอขึ้นมาดังรายละเอียดในบทที่ 3 โดยนำเอาตัวอย่างโครงข่ายสื่อสารที่ถูกนำเสนอโดย Lee และ Chang (1993) ซึ่งมีจำนวนโหนดในโครงข่ายทั้งสิ้น 17 โหนดดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.1 ในแต่ละข่ายสื่อสารเชื่อมโยงกำหนดให้มีความจุที่แตกต่างกันไป ดังแสดงในรูปที่ 4.2 กำหนดให้ในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่มีความจุแตกต่างกันมีอัตราการเข้ามาสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่แตกต่างกันดังนี้คือ

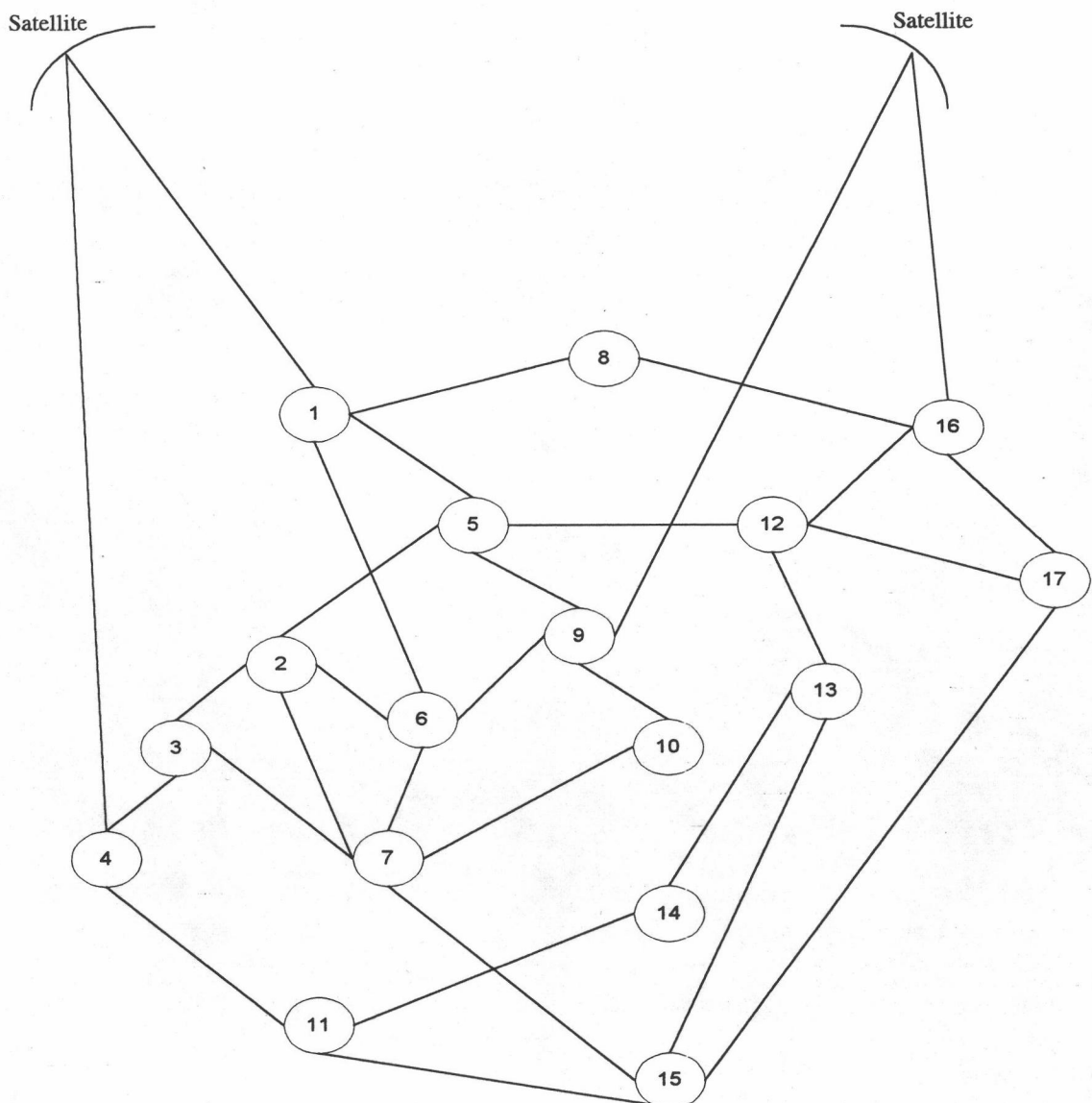
1. ข่ายสื่อสารภาคพื้นดิน ที่ประกอบด้วยข่ายสื่อสารที่มีความจุที่แตกต่างกัน 3 ข่ายสื่อสาร กำหนดให้แต่ละข่ายสื่อสาร มีอัตราการเข้ามาสู่ข่ายสื่อสารของแพคเกจดังนี้
  - 1.1 ข่ายสื่อสารที่มีความจุ 16 Mb/s กำหนดให้มีอัตราการเข้ามาสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจเป็น 67 % ของความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง
  - 1.2 ข่ายสื่อสารที่มีความจุ 32 Mb/s กำหนดให้มีอัตราการเข้ามาสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจเป็น 41 % ของความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง

1.3 ข่ายสื่อสารที่มีความจุ 64 Mb/s กำหนดให้มีอัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจ เป็น 45 % ของความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง

2. ข่ายสื่อสารดาวเทียม ที่ประกอบด้วยข่ายสื่อสารดาวเทียมที่มีความจุแตกต่างกัน 2 ข่ายสื่อสาร กำหนดให้แต่ละข่ายสื่อสาร มีอัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารของแพคเกจดังนี้

2.1 ข่ายสื่อสารดาวเทียมที่มีความจุ 120 Mb/s กำหนดให้อัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจเป็น 50 % ของความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง

2.2 ข่ายสื่อสารดาวเทียมที่มีความจุ 540 Mb/s กำหนดให้อัตราการเข้าสู่ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจเป็น 70 % ของความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยง



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างโครงข่ายสื่อสารที่นำมาทดสอบการคำนวณการกำหนดเส้นทางในโครงข่ายสื่อสาร

NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	0	0	0	128	16	32	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	32	0	16	16	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	32	0	16	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	28	0	16	0	0	0	0	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0
5	16	16	0	0	0	0	0	0	64	0	0	16	0	0	0	0	0
6	32	16	0	0	0	0	32	0	16	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	64	16	0	0	32	0	0	0	16	0	0	0	0	16	0	0
8	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0
9	0	0	0	0	64	16	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	16	0	16	0	0	0	0	0	0	540	0
11	0	0	0	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	32	0	0
12	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0	64	0	0	16	16
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0	16	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	16	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	32	0	16	0	0	0	16
16	0	0	0	0	0	0	0	32	0	540	0	16	0	0	0	0	16
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	16	16	0

รูปที่ 4.2 เมตริกซ์ความจุของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงในโครงข่ายสื่อสารดังรูปที่ 4.1

NODE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	10000	10000	10000	00156	01894	00530	10000	01894	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
2	10000	10000	00530	10000	01894	01894	00284	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
3	10000	00530	10000	01894	10000	10000	01894	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
4	00156	10000	01894	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	00530	10000	10000	10000	10000	10000	10000
5	01894	01894	10000	10000	10000	10000	10000	10000	00284	10000	10000	01894	10000	10000	10000	10000	10000
6	00530	01894	10000	10000	10000	10000	00530	10000	01894	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
7	10000	00284	01894	10000	10000	00530	10000	10000	10000	01894	10000	10000	10000	10000	01894	10000	10000
8	01894	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	00530	10000
9	10000	10000	10000	10000	00284	01894	10000	10000	10000	01894	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
10	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	01894	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	00062	10000
11	10000	10000	10000	00530	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	01894	00530	10000	10000
12	10000	10000	10000	10000	01894	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	00284	10000	10000	01894	01894
13	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	00284	10000	01894	10000	10000	10000
14	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	01894	10000	01894	10000	10000	10000	10000
15	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	01894	10000	10000	00530	10000	01894	10000	10000	10000	01894
16	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	00530	10000	00062	10000	01894	10000	10000	10000	10000	01894
17	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	01894	10000	10000	01894	01894	10000

รูปที่ 4.3 เมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในโครงข่ายสื่อสาร

จากความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารในแต่ละข่ายสื่อสารที่ได้ถูกสมมุติขึ้น นำไปคำนวณหาเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของแต่ละข่ายสื่อสารได้จากสมการที่ 3.4 โดยสมมุติให้ในเทอมที่ไม่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนด ( $C_{ij}=0$ ) มีค่าเป็น 10 เช่นเดียวกับวิธีของ Rauch และ Winnarske (1988) และ วิธีการของ Lee และ Chang (1993) เมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสารได้จากสมการที่ 3.3 โดยได้แสดงค่าของเมตริกซ์ดังกล่าวด้วยรูปที่ 4.3 และ รูปที่ 4.4 ตามลำดับ

หมายเลขโหนด	สภาวะความคับคั่ง
1	0.7569
2	0.7330
3	0.6254
4	0.4899
5	0.908
6	0.7168
7	1.0000
8	0.6416
9	0.3584
10	0.8409
11	0.4498
12	0.9086
13	0.5340
14	0.6416
15	0.8924
16	0.9323
17	0.8010

รูปที่ 4.4 เมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายสื่อสารรูปที่ 4.1

จากเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารและเมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดข้างต้น นำไปคำนวณเพื่อหาขอบเขตของการกำหนดค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิรอลเน็ตเวอร์กตามที่ได้เสนอในสมการที่ 3.24 และ สมการที่ 3.28 โดยสมมุติให้ค่าคงที่  $\mu$  และ  $\theta$  มีค่าเป็น 0.75 และ 0.85 ตามลำดับด้วยเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 จากสมการที่ 3.24 และสมการที่ 3.28 เลือกใช้ค่าคงที่  $\beta$  เป็น 0.025 และเลือกค่าคงที่  $\alpha$  ให้มีค่ามากที่สุดเพื่อความรวดเร็วในการคำนวณ และค่าคงที่  $\gamma$  เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างค่ามากที่สุดกับค่าน้อยที่สุด ตาราง 4.1 แสดงค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิรอลเน็ตเวอร์กเมื่อใช้เมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารดังรูปที่ 4.3 และเมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดดังรูปที่

สมมติให้โหนดที่ 2 คือโหนดต้นทางและโหนดที่ 14 คือโหนดปลายทาง ซึ่งจากสมการที่ 2.16 ต้องใช้จำนวนข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดต้นทางกับโหนดปลายทางอย่างน้อย 4 ข่ายสื่อสาร ดังนั้นใช้นิวรอลที่เป็นอาร์เรย์แบบ 2 มิติที่มีขนาดเป็น  $17 \times 5$

ตาราง 4.1 ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กเมื่อ ค่าคงที่  $\mu$  และ  $\theta$  มีค่าเป็น 0.75 และ 0.85

ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่	
$\alpha$	0.00876
$\beta$	0.025
$\gamma$	33.46

จากเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารดังรูปที่ 4.3 นำไปคำนวณหาค่าเริ่มต้นของนิวรอลตามสมการที่ 3.20 ซึ่งมีค่าดังที่แสดงในรูปที่ 4.5 ก และในรูปที่ 4.5 ข แสดงการกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอลตามวิธีการเดิมที่เสนอโดย Rauch และ Winnarske (1988)

0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.2684	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.5782	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.3490	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.3925	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2500	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.4847	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.5000	0.0000
0.0000	0.0000	0.2510	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.5153	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.5000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.1708	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0588	0.0000	0.0000

ก

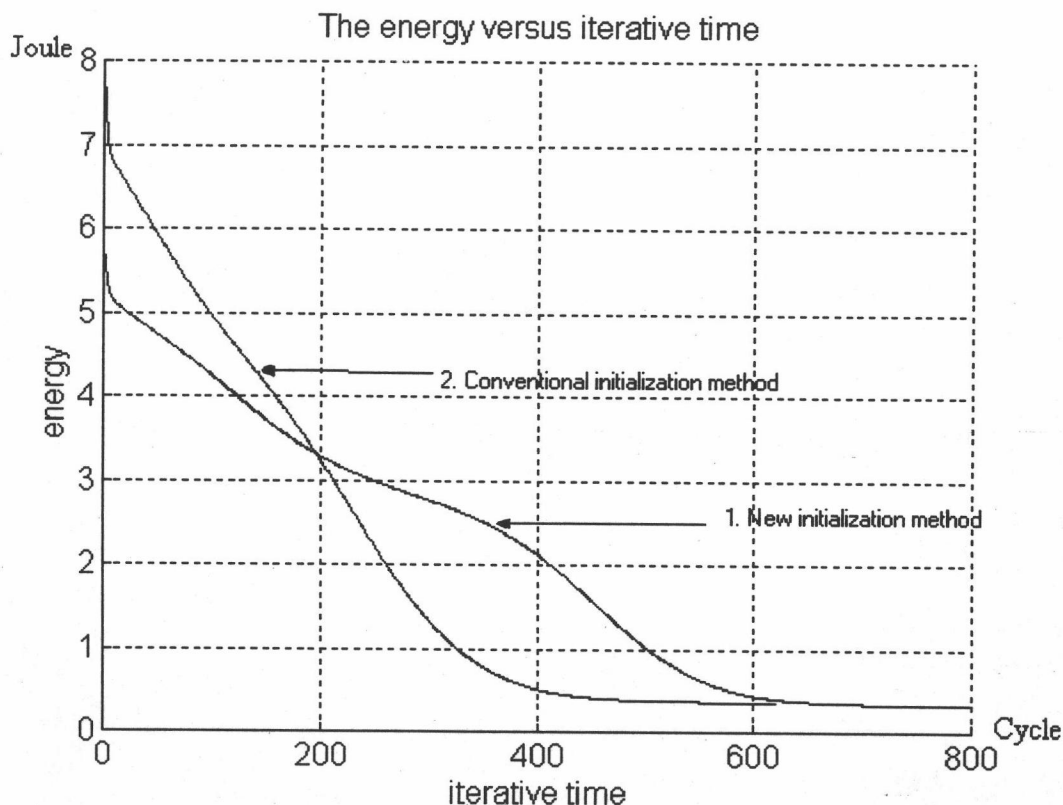
ข

รูปที่ 4.5 ค่าเริ่มต้นของนิวรอล ก. ตามวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่ ข. ตามวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการเดิม

ต้องการทดสอบถึงความถูกต้องและความรวดเร็วในการคำนวณดังนั้นจึงได้ตั้งสมมุติฐานในการทดสอบเอาไว้ว่าพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กจะต้องเข้าสู่ค่าที่ต่ำที่สุดตามที่ได้แสดงการพิสูจน์ไว้ในบทที่ 3

และหากว่าความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป การคำนวณหาเส้นทางจะต้องได้เส้นทางที่มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของแพคเกจน้อยที่สุด

จากค่าเริ่มต้นของนิวรอลที่ได้นำไปคำนวณหาเส้นทางโดยได้กำหนดเงื่อนไขในการหยุดการคำนวณไว้ว่าผลต่างของพลังงานในรอบการคำนวณที่ติดกันมีค่าน้อยกว่า  $5 \times 10^{-5}$  จูลให้หยุดการคำนวณและแสดงผลการคำนวณ รูปที่ 4.6 แสดงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้นโดยได้แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันดังกล่าวข้างต้น



รูปที่ 4.6 พลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้น เส้นกราฟ 1. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ เส้นกราฟ 2. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการเดิม

ตาราง 4.2 แสดงจำนวนรอบในการคำนวณและค่าพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่สภาวะสมดุลย์(ผลต่างของพลังงานในรอบการคำนวณติดกันมีค่าน้อยกว่า  $5 \times 10^{-5}$  จูล)

ตาราง 4.2 การเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันต่อจำนวนรอบในการคำนวณและค่าพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่สภาวะสมดุลย์

	วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม	วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่
ค่าพลังงานเริ่มต้น	8.20 จูล	5.83 จูล
ค่าพลังงานที่สภาวะสมดุลย์	0.3586 จูล	0.3289 จูล
จำนวนรอบในการคำนวณ	640	800



0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.9830	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9833	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.9402	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5268	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0548	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4681	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.9835	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9833	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ก

ข

รูปที่ 4.7 เอาร์ทพุทของนิวรอลเน็ตเวอร์ก ภายหลังจากการคำนวณ ก. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ ข. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม

ที่สภาวะสมดุลย์เอาร์ทพุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กมีค่าดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.7 ซึ่งได้แสดงค่าเอาร์ทพุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กทั้งใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในแบบเดิมและการกำหนดค่าเริ่มต้นในแบบใหม่ จากค่าเอาร์ทพุทที่ได้แสดงถึงเส้นทางที่ได้ในการคำนวณโดยพิจารณาค่าที่มากที่สุดในแต่ละคอลัมน์ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ซึ่งเส้นทางที่ได้คือ

โหนดที่ 2 → โหนดที่ 7 → โหนดที่ 15 → โหนดที่ 11 → โหนดที่ 14

สำหรับการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นทั้ง 2 วิธีให้คำตอบที่เหมือนกัน ดังค่าที่ได้แสดงในตาราง 4.2 การใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในแบบใหม่มีค่าพลังงานที่จุดเริ่มต้นการคำนวณน้อยกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม และมีค่าพลังงานที่สภาวะสมดุลย์น้อยกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม แต่มีการใช้จำนวนรอบในการคำนวณที่มากกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในแบบเดิม

สมมุติให้ขายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดที่ 7 และโหนดที่ 15 มีความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารที่เปลี่ยนแปลงไปเป็นเพื่อทดสอบการกำหนดเส้นทางแบบไดนามิกส์ โดยได้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่าเส้นทางที่คำนวณได้จากวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ที่มีการกำหนดค่าโดยนำเอาผลต่างของอัตราความสามารถในการให้บริการของขายสื่อสารกับอัตราการเข้าสู่ขายสื่อสารเชื่อมโยงของแพคเกจเฉลี่ยต่อ 1 ขายสื่อสารที่เชื่อมต่อกับโหนดนั้นดังสมการที่ 3.20 มาใช้เป็นค่ากำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอลจะให้เส้นทางที่ถูกต้องมากกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามแบบเดิม

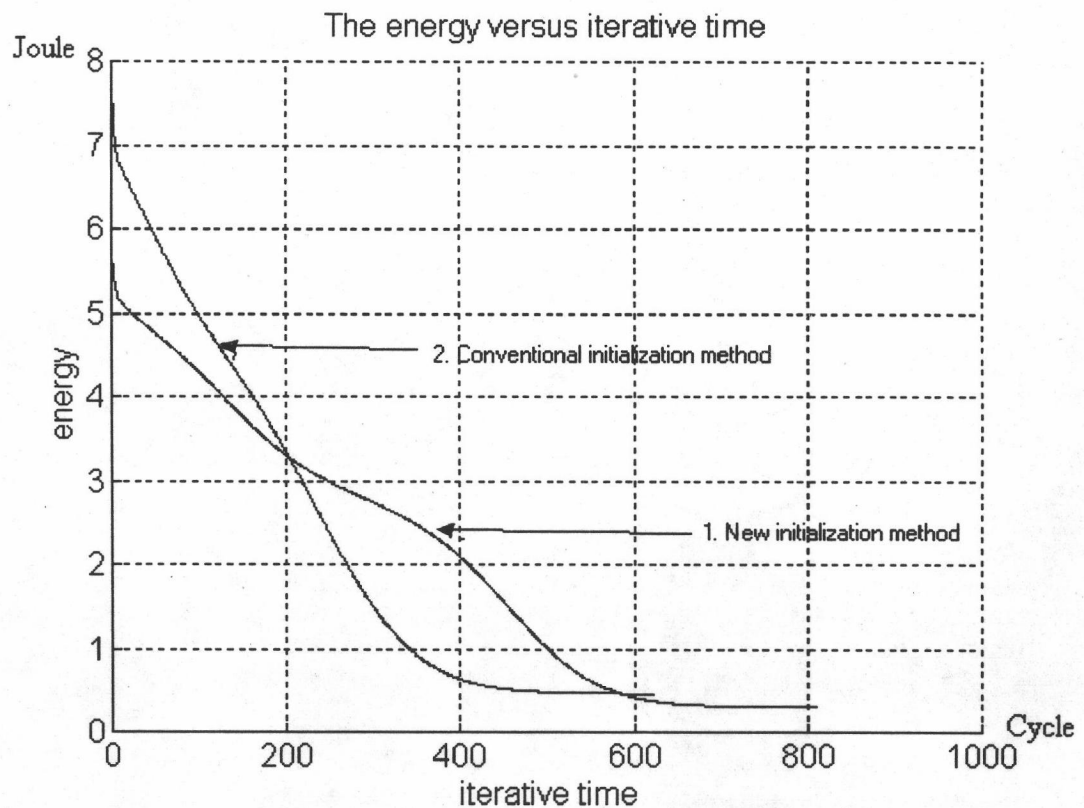
เมื่อความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารในขายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดที่ 7 กับโหนดที่ 15 มีค่าที่เปลี่ยนไปเป็น 0.85 ดังนั้นค่าในเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในเทอมที่  $T_{7,15}$  และ  $T_{15,7}$  มีค่าที่เปลี่ยนไปเป็น 0.4167 ไมโครวินาที ดังสมการที่ 3.4



เนื่องจากค่าในเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารเชื่อมโยงและค่าในเมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์กมีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป กำหนดให้ ค่าคงที่  $\mu$  และ  $\theta$  ค่าเป็น 0.75 และ 0.85 เช่นเดิม ตาราง 4.3 แสดงค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ใช้

ตาราง 4.3 ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์ก

ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่	
$\alpha$	0.008792
$\beta$	0.025
$\gamma$	33.12



รูปที่ 4.8 พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้น เส้นกราฟ 1. ใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ เส้นกราฟที่ 2. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม

จากค่าเริ่มต้นของนิวรอลในวิธีการใหม่และค่าเริ่มต้นของนิวรอลในวิธีการแบบเดิม นำไปคำนวณหาเส้นทางโดยใช้ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์กได้ผลลัพธ์ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 4.8 โดยในเส้นกราฟที่ 1 เป็นเส้นกราฟที่แสดงถึงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้นจนเข้าสู่สภาวะสมดุลย์ เมื่อใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ เส้นกราฟเส้นที่ 2 เป็นเส้นกราฟที่แสดงถึงพลังงานของ

นิเวศน์เน็ตเวิร์กเมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้นจนเข้าสู่สภาวะสมดุลเช่นกัน แต่ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีการเดิม ตาราง 4.4 เป็นการแสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณระหว่างการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกัน

ตาราง 4.4 การเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันต่อจำนวนรอบในการคำนวณและค่าพลังงานของนิเวศน์เน็ตเวิร์กที่สภาวะสมดุล

	วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม	วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่
ค่าพลังงานเริ่มต้น	8.18 จูล	5.838 จูล
ค่าพลังงานที่สภาวะสมดุล	0.4564 จูล	0.2956 จูล
จำนวนรอบในการคำนวณ	635	800

0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.9839	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.9837	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9809	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.9891	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5255	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4696	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9810	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

ก

ข

รูปที่ 4.9 เาท์พุทของนิเวศน์เน็ตเวิร์กภายหลังการคำนวณ ก. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ ข. ใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม

ที่สภาวะสมดุลทางพลังงานของนิเวศน์เน็ตเวิร์กได้ค่าเาท์พุทของนิเวศน์เน็ตเวิร์กดังรูปที่ 4.9 ซึ่งเส้นทางที่คำนวณได้เป็นดังต่อไปนี้

โหนดที่ 2 → โหนดที่ 7 → โหนดที่ 15 → โหนดที่ 11 → โหนดที่ 14 เมื่อใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม โดยในเส้นทางนี้มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยรวมในทุกข่ายสื่อสารเชื่อมโยงเป็น 0.6874 ไมโครวินาที

โหนดที่ 2 → โหนดที่ 3 → โหนดที่ 4 → โหนดที่ 11 → โหนดที่ 14 เมื่อใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีใหม่ โดยในเส้นทางนี้มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยรวมในทุกข่ายสื่อสารเชื่อมโยงเป็น 0.4847 ไมโครวินาที

เส้นทางที่คำนวณได้จากการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นที่แตกต่างกันมีเส้นทางที่แตกต่างกันจากตัวอย่างข้างต้นนี้ ซึ่งจากตาราง 4.4 พลังงานของนิวรอนเน็ตเวิร์กที่สถานะสมดุลของวิธีการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่มีค่าที่ต่ำกว่า และในเส้นทางที่คำนวณได้นี้มีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยกว่าเส้นทางที่ได้จากการคำนวณโดยใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีใหม่นี้จึงสอดคล้องกับสถานะการ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณการสื่อสารในโครงข่ายสื่อสาร มากกว่า ซึ่งได้กล่าวถึงในการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณต่อไป

#### การวิเคราะห์ความถูกต้องและความรวดเร็วในการคำนวณ

จากตัวอย่างผลการทดสอบการคำนวณที่ยกมาแสดงข้างต้นนี้ พบว่าในการกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอนที่แตกต่างกันมีผลทำให้ค่าพลังงาน ณ จุดเริ่มต้นการคำนวณ ความเร็วในการคำนวณ และค่าพลังงานของนิวรอนเน็ตเวิร์กที่สถานะสมดุลมีค่าที่แตกต่างกัน โดยการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการใหม่นี้มีค่าพลังงาน ณ จุดเริ่มต้นการคำนวณที่ต่ำกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามแบบวิธีเดิม และค่าพลังงานของนิวรอนเน็ตเวิร์กที่สถานะสมดุล เมื่อใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีใหม่นี้มีค่าที่ต่ำกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม แต่ในวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่นี้จะใช้จำนวนรอบในการคำนวณที่มากกว่าการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีการเดิม

จากรูปที่ 4.6 และรูปที่ 4.8 เห็นได้ว่าการลดลงของพลังงานเมื่อใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการใหม่จะลดลงช้ากว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามแบบวิธีการเดิม แต่มีค่าพลังงานที่สถานะสมดุลน้อยกว่า ซึ่งจากสมการการลดลงของพลังงานในบทที่ 3 สมการที่ 3.32 และ 3.33 ดังกล่าวมาข้างต้นเป็นดังนี้คือ

$$\frac{dE}{dt} = -\alpha \sum_{j=1}^{K+1} \left( \frac{dE}{dV_j} \right)^T \frac{dE}{dV_j} \frac{dV_j}{du_j} \quad (3.32)$$

$$\frac{dV_j}{du_j} = \frac{\lambda \exp(-\lambda u_j)}{(1 + \exp(-\lambda u_j))^2} \quad (3.33)$$

การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอนเน็ตเวิร์กเป็นฟังก์ชันของค่าคงที่ ชิกมอยและการเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่อเอาต์พุตของนิวรอนในแต่ละคอลัมน์ดังสมการที่ 3.32 และ สมการที่ 3.33ข้างต้น จากการทดสอบนี้กำหนดให้ค่าคงที่ ชิกมอยมีค่าที่เท่ากันสำหรับทุกๆ นิวรอน ดังนั้น การลดลงของพลังงานที่มีค่าที่แตกต่างกันจึงมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่อเอาต์พุตของนิวรอนในแต่ละคอลัมน์

การใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการใหม่นี้มีจำนวนแอกติฟนิวรอน ที่น้อยกว่า วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิมดังนั้นค่าพลังงานของนิวรอนเน็ตเวิร์ก ณ จุดเริ่มต้นการคำนวณจึงมีค่าที่น้อยกว่าดังผลการทดสอบข้างต้น และจากสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอนเน็ตเวิร์กที่แสดงดังสมการที่ 3.15ข้างต้น

ได้การเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่อเอาท์พุทในแต่ละคอลัมน์เป็นดังสมการที่ 4.1

$$\frac{dE}{dV_j} = 0.5(TV_{j+1} + TV_{j-1}) + \beta S + \gamma_n \left( \sum_{i=1}^N V_j - 1 \right) \quad (4.1)$$

การเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่อเอาท์พุทในแต่ละคอลัมน์นี้ขึ้นอยู่กับค่าของนิรอลในคอลัมน์ที่อยู่ติดกันดังที่แสดงใน 2 เทอมแรกของสมการที่ 4.1 การใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีใหม่ที่มีจำนวนแอกติฟ นิรอลที่น้อยกว่าการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีเดิม จึงทำให้ผลรวมของผลคูณใน 2 เทอมแรกของสมการที่ 4.1 ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานต่อเอาท์พุทในแต่ละคอลัมน์มีค่าน้อยกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีการเดิม ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของพลังงานดังสมการที่ 3.32 จึงมีค่าน้อยกว่าการใช้การกำหนดค่าเริ่มต้นแบบวิธีวิธีการเดิม

การเปลี่ยนแปลงของพลังงานดังสมการที่ 3.32 สำหรับการใช่วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีใหม่ที่มีค่าน้อยนี้ มีข้อดีคือสามารถช่วยลดปัญหาในเรื่อง suboptimum ได้ เพราะในการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่ได้กำหนดค่าให้เฉพาะนิรอลที่แทนโหนดที่มีโอกาสถูกเลือกเป็นเส้นทางผ่านเท่านั้น ต่างกับวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิมที่กำหนดค่าให้กับนิรอลในตัวที่ไม่มีโอกาสถูกเลือกเป็นเส้นทางด้วย

การกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่นอกจากใช้จำนวนแอกติฟ นิรอลที่น้อยกว่าวิธีการเดิมแล้ว การกำหนดค่าให้แต่ละแอกติฟนิรอลยังได้กำหนดให้มีค่าที่แปรเปลี่ยนไปตามสภาวะความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารได้อีกด้วย ดังวิธีการที่ได้กล่าวถึงมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งแตกต่างไปจากวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นตามวิธีการเดิมที่ใช้การกำหนดค่าให้เป็นค่าคงที่ไม่แปรเปลี่ยนไปตามสภาวะความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร

เมื่อรวมเอาการกำหนดค่าเริ่มต้นที่ใช้จำนวน แอกติฟนิรอลที่น้อยกว่า และค่าในแต่ละแอกติฟนิรอลที่แปรเปลี่ยนไปตามสภาวะความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารภายในโครงข่าย จึงทำให้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการใหม่ให้ค่าพลังงานที่สภาวะสมดุลย์น้อยกว่าวิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นแบบเดิม และเส้นทางที่คำนวณได้เป็นเส้นทางที่มีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางน้อยกว่าการใช้วิธีการกำหนดค่าเริ่มต้นวิธีการเดิม สำหรับจำนวนรอบในการคำนวณที่การกำหนดค่าในแบบเดิมใช้มีค่าน้อยกว่านั้น เป็นเพราะการกำหนดค่าเริ่มต้นในวิธีการเดิมพลังงานของ นิรอลเน็ตเวอร์ก จะเข้าสู่ suboptimum ก่อนและเอาท์พุทของนิรอลไม่สามารถที่จะเคลื่อนที่ผ่าน suboptimum นี้ไปได้ทำให้ค่าพลังงานของ นิรอลเน็ตเวอร์ก ไม่สามารถลดต่ำลงกว่านี้ไปได้ดังแสดงในรูปที่ 4.6

ปัญหาในเรื่อง suboptimum ในการคำนวณโดยใช้สมการการเคลื่อนที่ของนิรอลเน็ตเวอร์กดังสมการที่ 3.15 มีสาเหตุจากในการคำนวณตามสมการดังกล่าวใช้การคำนวณในลักษณะของการคูณกันของเมตริกซ์ ที่มีมิติที่สอดคล้องกัน เมตริกซ์  $T$  ที่แทนปัจจัยในเรื่องความล่าช้าทางเวลาที่มีขนาด  $N \times N$  จะมีจำนวนคอลัมน์ในแต่ละแถวที่แทนความล่าช้าโดยเฉลี่ยในข่ายสื่อสารที่ไม่เท่ากัน ตัวอย่างเช่นในโหนดที่ 7 มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อกันยังโหนดนี้ 5 ข่ายสื่อสารทำให้ในเมตริกซ์  $T$  ในแถวที่ 7 มีจำนวนคอลัมน์ที่มีค่าไม่เท่ากับ 10 จำนวน 5 คอลัมน์ ซึ่งเมื่อคูณกับเอาท์พุทของนิรอลเน็ตเวอร์กที่มีขนาด  $N \times 1$  จึงทำให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็น

เมตริกซ์ขนาด  $N \times 1$  ด้วยโดยในเทอมที่ 7 ในเมตริกซ์นี้มีค่าที่มากที่สุด เมื่อนำผลที่ได้นี้ป้อนผ่านทรานสเฟอร์ ฟังก์ชันของนิวรอลทำให้ในเทอมดังกล่าวที่มีค่ามากที่สุด มีค่าที่ใกล้ 1 มากที่สุด ดังนั้นจึงเป็นผลทำให้เอาต์พุทของนิวรอลเน็ตเวิร์กเข้าสู่โหนดที่จำนวนขายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อมายังโหนดนั้นมาก อันเป็นสาเหตุของการเกิด suboptimum ดังกล่าว

#### การทดสอบผลของสมการเงื่อนไขที่เป็นปัจจัยรองในการกำหนดเส้นทาง

ในส่วนนี้ได้ทำการทดสอบผลการคำนวณในเรื่องผลของปัจจัยรองในการกำหนดเส้นทางที่ได้สร้างขึ้น โดยปัจจัยรองดังกล่าวคือ ปัจจัยในเรื่องสภาวะความคับคั่งของโหนด โดยได้ตั้งสมมุติฐานในการทดสอบไว้ว่าหากเส้นทางที่ดีที่สุดมีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในแต่ละขายสื่อสารเชื่อมโยงที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางผ่านมีค่าเท่ากันมากกว่า 1 เส้นทางแล้ว เส้นทางที่มีผลรวมของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางที่มีค่าน้อยที่สุด จะถูกเลือกเป็นเส้นทางที่ใช้ในการติดต่อระหว่างโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง

ในการทดสอบนี้ สมมุติให้โหนดที่ 1 คือโหนดต้นทางและโหนดที่ 4 คือโหนดปลายทาง จากลักษณะทางสถาปัตยกรรมของโครงข่ายดังรูปที่ 4.1 มีขายสื่อสารดาวเทียมที่ให้บริการระหว่างโหนดที่ 1 กับ โหนดที่ 4 อยู่ ดังนั้นในการติดต่อสื่อสารกันระหว่างโหนดที่ 1 กับโหนดที่ 4 จึงสามารถใช้ขายสื่อสารดาวเทียมดังกล่าวได้โดยตรง

สมมุติให้ขายสื่อสารดาวเทียมที่ให้บริการระหว่างโหนดที่ 1 กับ โหนดที่ 4 ขัดข้องไม่สามารถให้บริการได้ ดังนั้น ในการติดต่อสื่อสารระหว่างโหนดที่ 1 ไปยังโหนดที่ 4 จึงต้องใช้ขายสื่อสารเชื่อมโยงอื่นที่ต้องใช้ขายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดที่ 1 ไปยังโหนดที่ 4 จำนวนน้อยที่สุดตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้

จากสมการที่ 2.16 ต้องใช้ขายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดในการเชื่อมต่อระหว่างโหนดต้นทางกับโหนดปลายทาง 4 ขายสื่อสารเชื่อมโยง ดังนั้นเอาต์พุทของนิวรอลเน็ตเวิร์กจึงเป็นอาร์เรย์ ขนาด  $17 \times 5$  สมมุติให้ค่า  $\mu$  และ  $\theta$  ในสมการที่ 3.24 และ สมการที่ 3.28 มีค่าเป็น 0.75 และ 0.85 ตามลำดับ ตาราง 4.5 แสดงค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ใช้ในการทดสอบการคำนวณ

ตาราง 4.5 ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์ก

ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่	
$\alpha$	0.008789
$\beta$	0.025
$\gamma$	33.46

เมื่อกำหนดให้ในขายสื่อสารดาวเทียมที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดที่ 1 กับโหนดที่ 4 อยู่ในสภาวะที่ไม่สามารถให้บริการได้ ดังนั้นทำให้เมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในขายสื่อสาร ( $T$ ) มีค่าที่เปลี่ยนแปลงไป และเช่นกันเมตริกซ์สภาวะความคับคั่งของโหนด ในโครงข่ายสื่อสาร( $S$ ) ก็มีค่าที่เปลี่ยนแปลงไปด้วย การใช้วิธีกำหนดค่าเริ่มต้นแบบใหม่ที่มีการแปรเปลี่ยนไปตามสภาวะความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสาร ที่เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นของนิวรอลในแบบไดนามิกส์ จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทดสอบผลการคำนวณ



รูปที่ 4.10 แสดงเอาต์พุตของนิเวศน์เน็ตเวิร์กเมื่อโหนดที่ 1 คือโหนดต้นทาง และโหนดที่ 4 คือโหนดปลายทาง

1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.9566	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.9944	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
0.0000	0.0955	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.8969	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

รูปที่ 4.10 เอาต์พุตของนิเวศน์เน็ตเวิร์กเมื่อโหนดที่ 1 คือโหนดต้นทางและโหนดที่ 4 คือโหนดปลายทาง

1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.9566	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.9944	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.9840	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.9829	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

รูปที่ 4.11 เอาต์พุตของนิเวศน์เน็ตเวิร์กเมื่อโหนดที่ 1 คือโหนดต้นทางและโหนดที่ 4 คือโหนดปลายทาง เมื่อกำหนดให้ ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดที่ 2 และโหนดที่ 3 ไม่สามารถให้บริการได้

จากผลการคำนวณได้ค่าของเอาต์พุตของนิเวศน์เน็ตเวิร์ก ที่สภาวะสมดุลดังรูปที่ 4.10 ซึ่งเมื่อทำการแปลความหมายเอาต์พุตที่ได้รับนี้ได้เส้นทางคือ

โหนดที่ 1 → โหนดที่ 6 → โหนดที่ 2 → โหนดที่ 3 → โหนดที่ 4 ซึ่งเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดใ  
สภาวะปกติ โดยมีผลรวมของค่าล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารที่ใช้เป็นเส้นทางเป็น 0.4847  
ไมโครวินาที และมีผลรวมของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ใช้เป็นเส้นทางเป็น 2.075

สมมุติให้ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดที่ 2 และโหนดที่ 3 ไม่สามารถให้บริการได้  
รูปที่ 4.11 แสดงเอาท์พุทของนิเวศน์เน็ตเวิร์ก ที่สภาวะสมดุลซึ่งเมื่อทำการแปลความหมายเอาท์พุทที่ได้รับนี้  
ได้เส้นทางคือ

โหนดที่ 1 → โหนดที่ 6 → โหนดที่ 7 → โหนดที่ 3 → โหนดที่ 4 ซึ่งเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดใ  
สภาวะที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่ถูกใช้เป็นเส้นทางอยู่ในสภาวะที่ไม่สามารถให้บริการได้ โดยในเส้นทางที่ได้ใหม่นี้  
ผลรวมของค่าล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสารที่ใช้เป็นเส้นทางเป็น 0.4847 ไมโครวินาที และมีผลรวม  
ของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ใช้เป็นเส้นทางเป็น 2.551

ซึ่งจากตัวอย่างข้างต้นนี้สามารถสนับสนุนสมมุติฐานในการทดสอบผลของปัจจัยรองในเรื่องสภาวะ  
ความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายได้ สาเหตุเพราะในสภาวะปกติเส้นทางที่ได้รับจากการคำนวณจะเป็นเส้นทางที่  
มีความล่าช้าโดยเฉลี่ยรวมของข่ายสื่อสารที่ถูกนำมาเป็นเส้นทางน้อยที่สุด แต่หากเกิดความผิดปกติขึ้นในข่ายสื่อ  
สารเชื่อมโยงที่ถูกใช้เป็นเส้นทางผ่านจนไม่สามารถให้บริการได้ เส้นทางใหม่จะถูกคำนวณขึ้นมาใช้เป็น  
เส้นทางใหม่แทน ดังในตัวอย่างข้างต้นเส้นทางที่คำนวณขึ้นมาใหม่นี้มีความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยรวมระหว่าง  
ข่ายสื่อสารที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางเท่ากับเส้นทางเดิมในสภาวะปกติ แต่จะมีผลรวมของสภาวะความคับคั่งของ  
โหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางผ่านสูงกว่าสภาวะปกติ ตาราง 4.6 แสดงถึงเส้นทางที่คำนวณได้ ผลรวมของค่าล่า  
ช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยของข่ายสื่อสาร และ ผลรวมของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางผ่าน  
สำหรับตัวอย่างสถานการณ์ที่ยกมาข้างต้น

ตาราง 4.6 การเปรียบเทียบระหว่างสภาวะปกติของข่ายสื่อสารกับสภาวะที่มีข่ายสื่อสารอยู่ในสภาวะที่ไม่สามารถ  
ให้บริการได้ สำหรับตัวอย่างที่ยกมาข้างต้น

	สภาวะปกติ	ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่าง โหนด 2 กับโหนด 3 สัมเหลว
เส้นทางที่คำนวณได้	1→6→2→3→4	1→6→7→3→4
ความล่าช้าทางเวลา (ไมโครวินาที)	0.4847	0.4847
ความคับคั่งของโหนด	2.075	2.551

การวิเคราะห์ผลการทดสอบผลของสมการเงื่อนไขที่เป็นปัจจัยรองในการกำหนดเส้นทาง

ผลของปัจจัยรองในการกำหนดเส้นทางนี้คือผลของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้น  
ทางผ่าน โดยผลของปัจจัยในเรื่องดังกล่าวนี้จะส่งผลต่อการคำนวณเส้นทางเมื่อเส้นทางที่ดีที่สุดคือมีผลรวมของ  
ความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในข่ายสื่อสารที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางมีค่าที่เท่ากันมากกว่า 1 เส้นทาง ปัจจัยในเรื่อง

สภาวะความคับคั่งของโหนดจะเป็นปัจจัยในการเลือกเส้นทางที่มีผลรวมของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่เป็นเส้นทางผ่านน้อยที่สุดมาเป็นเส้นทางในการติดต่อสื่อสารดังตัวอย่างที่ยกมาแสดงข้างต้น

อย่างไรก็ตามผลของปัจจัยในเรื่องสภาวะความคับคั่งของโหนดในโครงข่ายนี้จะมีผลต่อการคำนวณมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับค่าคงที่  $\beta$  ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กโดยในตัวอย่างที่แสดงมานี้กำหนดให้ค่า  $\beta$  มีค่าเป็น 0.025 ตลอดการทดสอบซึ่งให้ผลที่ถูกต้อง การกำหนดค่า  $\beta$  ให้มีค่าที่มากขึ้นไปนั้นจะมีผลกระทบต่อผลการคำนวณอย่างมาก กล่าวคือค่าคงที่  $\beta$  นี้จะเป็นตัวกำหนดน้ำหนักให้กับเมตริกซ์  $S$  ที่มีขนาดเป็น  $N \times 1$  ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กสมการที่ 3.10 ซึ่งเป็นฟังก์ชันของกระแสกระตุ้นในแบบจำลองของ Hopfield Net ดังสมการที่ 3.13 หากกำหนดค่าให้กับ  $\beta$  มีค่ามากขึ้นไปทำให้เทอมที่ 3 ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กคือ  $\beta S$  มีค่าที่มากกว่าผลบวกของผลคูณใน 2 เทอมแรกของสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่มีค่าคงที่ 0.5 คุณอยู่ ทำให้คำตอบของนิวรอลเน็ตเวอร์ก ที่ได้ไม่เข้าสู่สู่นิวรอลที่แทนโหนดที่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อยู่ แต่กลับมีผลทำให้ได้เส้นทางที่ไม่มีข่ายสื่อสารเชื่อมโยงระหว่างโหนดที่คำนวณได้ หรืออาจให้คำตอบที่ไม่ใช่คำตอบที่มีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาน้อยที่สุดแต่กลับเป็นเส้นทางที่มีผลรวมของสภาวะความคับคั่งของโหนดที่ถูกเลือกเป็นเส้นทางน้อยที่สุดแทน ดังแสดงในรูปที่ 4.12 เป็นเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่ได้รับจากการคำนวณเมื่อกำหนดให้โหนดต้นทางคือโหนดที่ 2 และโหนดปลายทางคือโหนดที่ 14 สำหรับสภาวะปกติไม่มีข่ายสื่อสารใดให้บริการไม่ได้

0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.9278	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.9407	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.9447	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

รูปที่ 4.12 เอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กเมื่อใช้ค่าคงที่  $\beta$  เป็น 1.5

ทำการแปลความหมายเอาท์พุทของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่คำนวณได้นี้ได้เส้นทางคือ  
โหนดที่ 2  $\rightarrow$  โหนดที่ 3  $\rightarrow$  โหนดที่ 4  $\rightarrow$  โหนดที่ 11  $\rightarrow$  โหนดที่ 14



ตาราง 4.7 แสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อใช้ค่า  $\beta$  ที่แตกต่างกันสำหรับโหนดที่ 2 คือ โหนดต้นทางและโหนดที่ 14 คือโหนดปลายทาง

ตาราง 4.7 การเปรียบเทียบผลการคำนวณเมื่อใช้ค่าคงที่  $\beta$  ที่ต่างกัน

	$\beta = 0.025$	$\beta = 1.5$
เส้นทางที่คำนวณได้	2→7→15→11→14	2→3→4→11→14
ความล่าช้าทางเวลา (ไมโครวินาที)	0.4602	0.4847
ความคับคั่งของโหนด	2.342	1.565

จากค่าที่ได้ในตาราง 4.7 พบว่าเส้นทางที่ได้รับจากการคำนวณมีค่าที่แตกต่างกันไป เมื่อกำหนดให้ค่าคงที่  $\beta$  มีค่ามากทำให้ปัจจัยหลักในการคำนวณเปลี่ยนไปเป็นปัจจัยในเรื่องสถานะความคับคั่งของโหนดแทน หากกำหนดให้ค่าคงที่  $\beta$  มีค่าน้อยปัจจัยหลักในการคำนวณจะเป็นปัจจัยในเรื่องความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยแทน แต่จากที่ได้กล่าวมาแล้วการกำหนดค่าให้กับ  $\beta$  ที่มีค่าสูงมากเกินไปนั้น ทำให้ได้รับเส้นทางที่ไม่มีขายสื่อสารเชื่อมโยงตามที่คำนวณได้ จึงเป็นสิ่งที่พึงระวังในการกำหนดค่าให้กับค่าคงที่  $\beta$

การทดสอบผลของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์ก

ในส่วนนี้ได้ทำการทดสอบผลของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวอร์กโดยได้สมมติให้โหนดที่ 1 คือโหนดต้นทางและโหนดที่ 4 คือโหนดปลายทาง เมื่อขายสื่อสารดาวเทียมที่ให้บริการเชื่อมระหว่างโหนดทั้ง 2 อยู่ในสถานะล้มเหลวไม่สามารถให้บริการได้

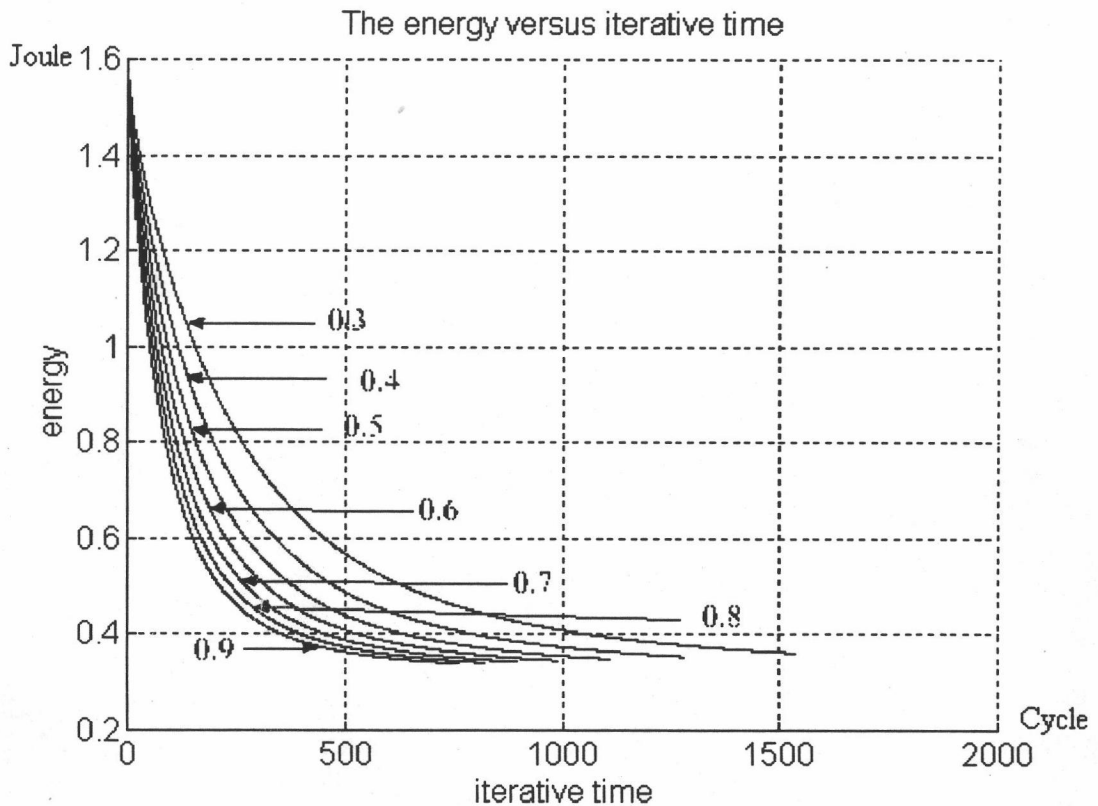
จากสมการที่กำหนดขอบเขตของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กที่ได้เสนอไปแล้วในบทที่ 3 อสมการที่ 3.24 และอสมการที่ 3.28 คือ

$$\alpha\gamma \leq \frac{\mu}{N(1-\theta)} \quad (3.24)$$

$$\frac{\theta T_{\min} + \beta S_{\min}}{1-\theta} \leq \gamma \leq \frac{\theta T_{\max} + \beta S_{\max}}{1-\theta} \quad (3.28)$$

มีค่าคงที่ที่เป็นตัวกำหนดค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวอร์กคือ  $\mu$  และ  $\theta$  ที่มีผลต่อค่าคงที่  $\alpha$  และ  $\gamma$  ส่วนค่าคงที่  $\beta$  ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ซึ่งได้กล่าวถึงผลกระทบของค่าคงที่  $\beta$  ไปแล้วในหัวข้อก่อนหน้านี้ ในขั้นแรกได้ทำการทดสอบผลของค่าคงที่  $\mu$  ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน

เมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเปลี่ยนไป โดยใช้ค่าคงที่  $\alpha$  มากที่สุดดังสมการที่ 3.24 และค่าคงที่  $\gamma$  เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างค่ามากที่สุดกับค่าน้อยที่สุดดังสมการที่ 3.28 สำหรับค่าคงที่  $\mu$  ค่าต่างๆ เมื่อกำหนดให้ค่า  $\theta$  มีค่าเป็น 0.85 รูปที่ 4.13 แสดงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานสำหรับค่าคง  $\mu$  ที่ค่าต่างๆกัน



รูปที่ 4.13 พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่ค่า  $\mu$  ต่างๆ เมื่อกำหนดให้  $\theta$  มีค่าเป็น 0.85

จากรูปที่ 4.13 พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะมีค่าที่ลดต่ำลงเสมอโดยการใช้ค่าคงที่  $\mu$  ที่แตกต่างกันมีผลทำให้การลดลงของพลังงานลดลงด้วยความเร็วที่แตกต่างกันโดยที่เมื่อใช้ค่าคงที่  $\mu$  มีค่ามากขึ้นทำให้การลดลงของพลังงานเป็นไปอย่างรวดเร็วขึ้น

ได้ทำการทดสอบผลของค่าคงที่  $\theta$  ต่อการลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กโดยได้กำหนดให้ค่าคงที่  $\mu$  มีค่าที่กำหนดไว้ค่าหนึ่ง พบว่าไม่มีผลต่อการลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กและไม่มีผลต่อความเร็วในการคำนวณแต่อย่างใด แต่จะมีผลต่อค่าของแต่ละนิวรอลว่าจะมีค่าที่เข้าใกล้ 1 มากน้อยเพียงใด แต่ผลกระทบในส่วนนี้พบว่ามีผลต่อการคำนวณที่น้อยมากจึงไม่ขอกล่าวถึง

การวิเคราะห์ผลกระทบของค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน

จากผลการทดสอบพบว่าเมื่อใช้ค่าคงที่  $\mu$  ที่แตกต่างกันดังรูปที่ 4.13 การลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์ก จะลดลงด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ซึ่งมีสาเหตุดังนี้คือ

จากสมการที่ 3.28 ค่าคงที่  $\gamma$  จะมีค่าอยู่ระหว่างขอบเขตบนและขอบเขตล่างซึ่งขอบเขตดังกล่าวนี้เป็นฟังก์ชันของ เมตริกซ์ที่นำมาเป็นปัจจัยในการคำนวณ ค่าคงที่ของปัจจัยรอง  $\beta$  และค่าที่  $\theta$  ซึ่งได้กำหนดไว้

ว่าไม่มีค่าที่คงที่ ดังนั้นสำหรับสถานะความหนาแน่นของปริมาณการสื่อสารหนึ่งๆขอบเขตของค่าคงที่  $\gamma$  จะมีค่าที่เฉพาะค่าหนึ่ง ในการทดสอบนี้กำหนดให้ใช้ค่าคงที่  $\gamma$  เป็นค่าเฉลี่ยระหว่างขอบเขตบนและขอบเขตล่าง

อสมการที่ 3.24 เป็นอสมการที่กำหนดค่าขอบเขตบนของค่าคงที่  $\alpha$  โดยค่าคงที่  $\alpha$  นี้เป็นฟังก์ชันของค่าคงที่  $\mu$  จำนวนโหนดในโครงข่ายสื่อสาร  $N$  และ ค่าคงที่  $\theta$  ซึ่งทั้งจำนวนโหนดในโครงข่ายสื่อสาร  $N$  และ ค่าคงที่  $\theta$  มีค่าที่คงที่ ดังนั้น  $\alpha$  จึงเป็นฟังก์ชันของ  $\mu$  อย่างเดียว สำหรับโครงข่ายสื่อสารหนึ่งๆ การทดสอบการคำนวณสำหรับค่าคงที่  $\mu$  ต่างๆกันจึงเสมือนว่าเป็นการทดสอบการคำนวณที่ค่าคงที่  $\alpha$  ต่างๆกันตามเหตุผลดังกล่าวข้างต้น

จากสมการที่ 3.32 การเปลี่ยนแปลงของพลังงานจะเป็นฟังก์ชันของค่าคงที่  $\alpha$  ดังนั้นเมื่อทำการทดสอบการคำนวณที่ค่าคงที่  $\alpha$  ต่างกันทำให้มีผลต่อการลดลงของพลังงานด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน โดยที่ค่าคงที่  $\alpha$  ที่มีค่ามาก พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะเข้าสู่สถานะสมดุลได้เร็วกว่าการใช้ค่าคงที่  $\alpha$  ที่มีค่าน้อย

การทดสอบผลของค่าคงที่ ชิกมอย ต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังงาน

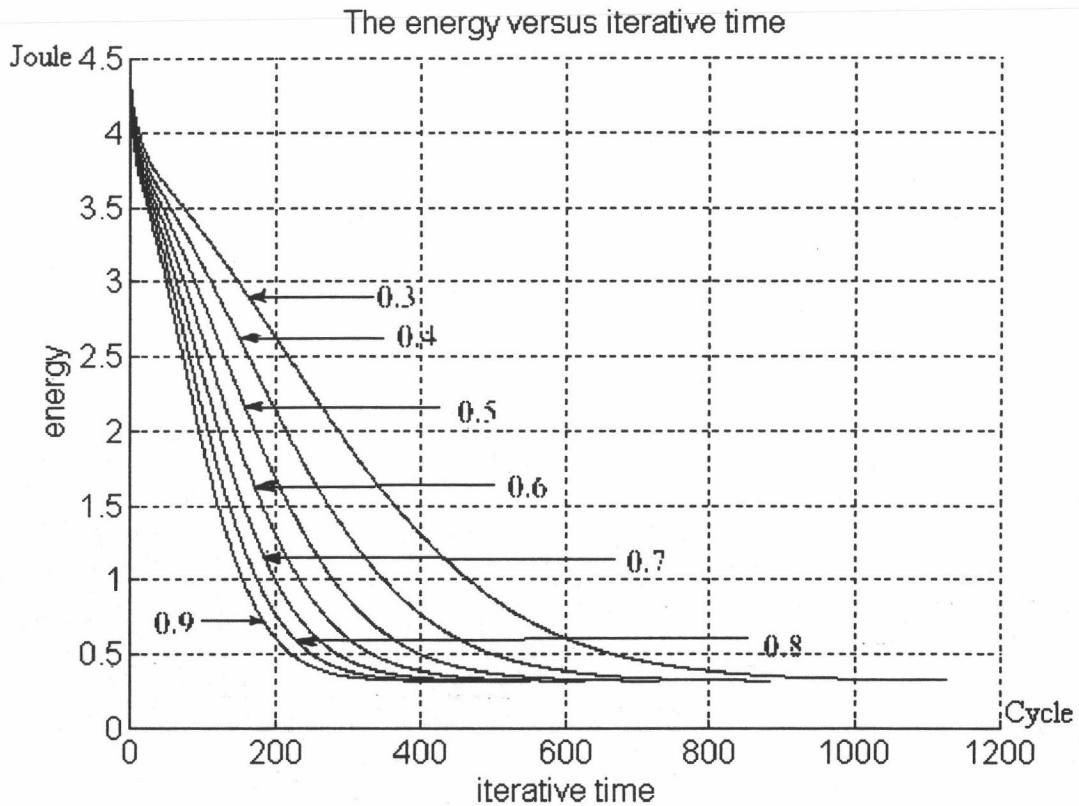
ในการทดสอบผลของค่าคงที่ ชิกมอย ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของพลังงานนี้ ได้สมมุติให้ข่ายสื่อสารดาวเทียมที่ให้บริการระหว่างโหนดที่ 1 กับโหนดที่ 4 อยู่ในสถานะที่ล้มเหลวไม่สามารถให้บริการได้ และมีความต้องการติดต่อสื่อสารระหว่างโหนดที่ 3 กับโหนดที่ 8 ดังนั้นการติดต่อระหว่างโหนดที่ 3 ไปยังโหนดที่ 8 ต้องใช้ข่ายสื่อสารเชื่อมโยงที่น้อยที่สุดจำนวน 4 ข่ายสื่อสาร ซึ่งเส้นทางที่คำนวณได้เป็นเส้นทางที่มีผลรวมของความล่าช้าทางเวลาโดยเฉลี่ยในข่ายสื่อสารที่ใช้เป็นเส้นทางน้อยที่สุด เส้นทางนั้นคือ

โหนดที่ 3  $\rightarrow$  โหนดที่ 7  $\rightarrow$  โหนดที่ 10  $\rightarrow$  โหนดที่ 16  $\rightarrow$  โหนดที่ 8

ซึ่งมีความถูกต้องตามสมการเงื่อนไขที่สร้างขึ้น โดยจะไม่ขอก้าวถึงขั้นตอนในการตรวจสอบคำตอบอีก เพราะการตรวจสอบคำตอบสามารถกระทำได้ดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อแรกของบทนี้

ได้ทำการทดสอบการคำนวณปัญหานี้กับการใช้ค่าคงที่ ชิกมอย ต่างๆกันไปพบว่า ความเร็วในการลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะมีค่าที่แตกต่างกันโดยเมื่อใช้ค่าคงที่ของ ชิกมอย ที่มีค่ามากจะทำให้การลดลงของพลังงานเป็นไปอย่างรวดเร็ว ดังที่แสดงในรูปที่ 4.14 ซึ่งผลการทดสอบนี้สอดคล้องตามสมการที่ 3.32 การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะเป็นฟังก์ชันของค่าคงที่ ชิกมอย สำหรับโหนดต้นทางและโหนดปลายทางอื่นๆการลดลงของพลังงานก็เป็นเช่นเดียวกัน

อย่างไรก็ตามในสมการที่ 3.32 การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะเป็นผลรวมทุกอย่าง คอลัมน์ของผลคูณแบบเมตริกซ์ระหว่างการทำทรานสโพสของ การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กต่อเอาต์พุตของนิวรอลเน็ตเวิร์กในคอลัมน์นั้นกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กต่อเอาต์พุตของนิวรอลเน็ตเวิร์กในคอลัมน์นั้นกับการเปลี่ยนแปลงเอาต์พุตของนิวรอลเน็ตเวิร์กต่ออินพุตของนิวรอลเน็ตเวิร์กในคอลัมน์นั้น ซึ่งในการทดสอบนี้ได้กำหนดให้ในทุกๆนิวรอลมีทรานสเฟอร์ฟังก์ชันที่เป็นแบบชิกมอย เหมือนกันและมีค่าคงที่ ชิกมอย ที่เท่ากันทั้งหมด ดังนั้นการลดลงของพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจึงเป็นไปอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนชนิดของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันให้เป็นแบบอื่นจะไม่มีผลต่อสถานะสมดุลของพลังงานแต่อย่างใด ตามการพิสูจน์โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ถึง eigenvalue ของปัจจัยในการคำนวณโดย Abe (1989)



รูปที่ 4.14 การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์ก สำหรับค่าคงที่ซิกมอยด์ ( $\lambda$ ) ต่างๆกัน

การทดสอบผลของค่าคงที่โมเมนต์ต่อผลการเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์ก

ในการคำนวณแต่ละรอบของนิวรอลเน็ตเวิร์กแต่ละคอลลัมน์ดังสมการที่ 3.16 นี้แสดงถึงค่าอินพุทของนิวรอลใน แต่ละคอลลัมน์ในรอบการคำนวณรอบที่  $t+1$  ซึ่งได้จากการนำเอาผลที่ได้จากสมการการเคลื่อนที่ของ นิวรอลเน็ตเวิร์กในรอบการคำนวณนั้น บวกกับค่าเดิมของอินพุทของนิวรอลเน็ตเวิร์กในรอบการคำนวณนั้น สมมติให้เป็นรอบการคำนวณที่  $t$

$$u_j(t+1) = u_j(t) + \frac{du_j(t)}{dt} \quad (3.16)$$

ได้นำแนวความคิดในการใช้วิธีการโมเมนต์มาเพื่อจุดประสงค์ในการลดปัญหาในเรื่อง suboptimum ที่เกิดขึ้นในการคำนวณของนิวรอลเน็ตเวิร์กโดยการใช้ค่าที่ได้จากสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์กใน รอบที่  $t-1$  มาบวกเข้าในสมการที่ 3.16 โดยมีค่าคงที่  $M$  เป็นค่าที่กำหนดน้ำหนักของโมเมนต์นี้ ดังในสมการที่ 4.2

$$u_j(t+1) = u_j(t) + \frac{du_j(t)}{dt} + M \frac{du_j(t-1)}{dt} \quad (4.2)$$

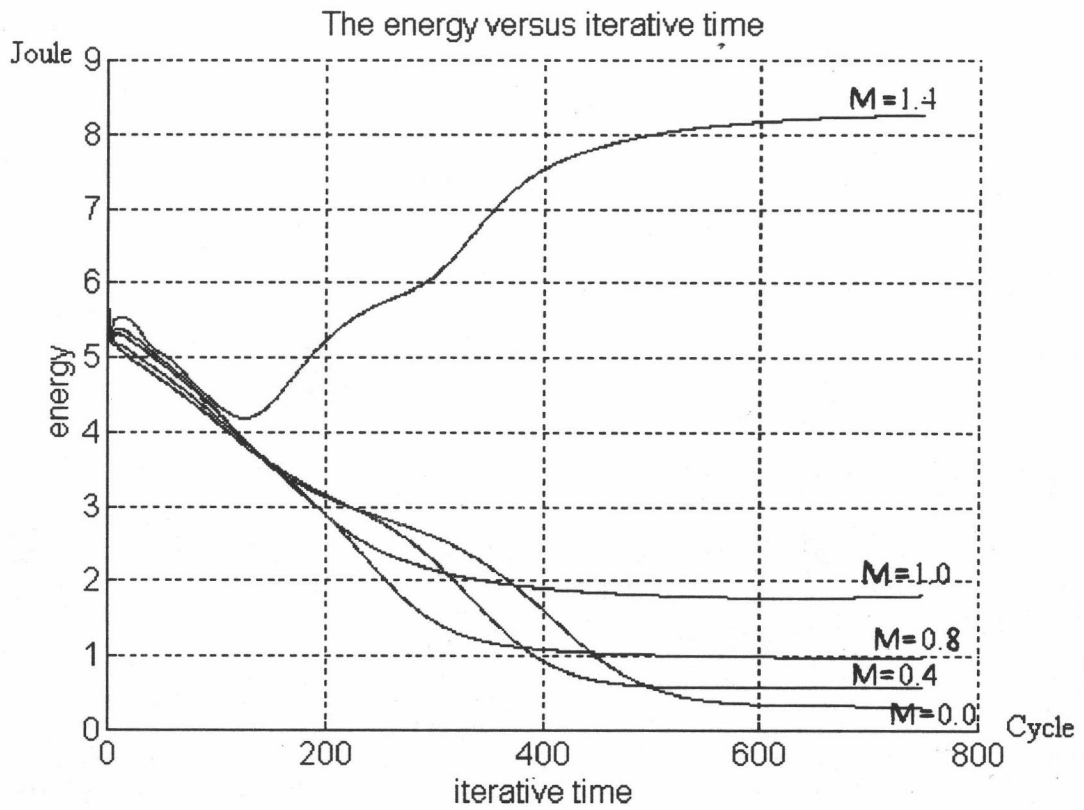
นำผลที่ได้นี้ไปป้อนผ่านทรานสเฟอร์ฟังก์ชันของ แต่ละนิวรอล ค่าคงที่  $M$  เรียกว่าเป็นค่าคงที่โมเมนตัม ซึ่งเป็นตัวกำหนดน้ำหนักของการเปลี่ยนแปลงของอินพุตนิวรอลในรอบการคำนวณก่อนหน้านี้

ในการทดสอบผลของค่าคงที่โมเมนตัมต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กได้สมมุติให้ โหนดที่ 2 คือโหนดต้นทาง และโหนดที่ 14 คือโหนดปลายทางสำหรับสภาวะปกติที่ขายสื่อสารเชื่อมโยงทุกๆ ซ้ายอยู่ในสภาวะที่สามารถให้บริการได้อย่างสมบูรณ์ รูปที่ 4.15 แสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของ นิวรอลเน็ตเวิร์กที่ใช้ค่าคงที่โมเมนตัมต่างๆกัน โดยใช้ค่าคงที่ในสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอลเน็ตเวิร์กและ ค่าคงที่  $\mu$  และค่าคงที่  $\theta$  ดังที่ได้แสดงในตาราง 4.8 โดยในการทดสอบนี้กำหนดให้เงื่อนไขในการหยุดการ คำนวณไม่ใช่ผลต่างของพลังงานในรอบการคำนวณที่ติดกัน แต่เพื่อต้องการให้แสดงผลการคำนวณในกรณีนี้ที่ คำตอบไม่ลู่เข้าด้วย จึงเปลี่ยนเงื่อนไขในการหยุดการคำนวณเป็นจำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณโดยกำหนดไว้ว่า เมื่อจำนวนรอบในการคำนวณเป็น 750 รอบให้หยุดการคำนวณและแสดงผลพลังงานที่ได้พร้อมทั้งเส้นทางที่ได้ จากการคำนวณ

จากผลการทดสอบพบว่า การใช้ค่าคงที่โมเมนตัมที่มีค่าที่แตกต่างกันมีผลทำให้การเปลี่ยนแปลง พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกัน จากรูปที่ 4.15 เห็นได้ว่าเมื่อใช้ค่าคงที่โมเมนตัมที่มีค่าเป็น 0 นั่นคือเมื่อไม่คิดผลของโมเมนตัมเลย พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กจะมีค่าที่สภาวะสมดุลที่น้อยที่สุด แต่ใช้จำนวนรอบในการคำนวณที่มากโดยสังเกตจากเส้นกราฟแสดงพลังงานที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เมื่อ จำนวนรอบในการคำนวณเพิ่มมากขึ้น และเมื่อใช้ค่าคงที่โมเมนตัมเป็น 0.2 จำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณจะมี ค่าที่น้อยลง แต่พลังงานที่สภาวะสมดุลจะมีค่าที่สูงกว่าเมื่อใช้ค่าคงที่โมเมนตัมเป็น 0 จำนวนรอบในการ คำนวณจะลดน้อยลงเมื่อใช้ค่าคงที่โมเมนตัมที่มากขึ้น และจากเส้นกราฟเมื่อใช้ค่าคงที่โมเมนตัมเป็น 1.4 พลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กกลับมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น และไม่สามารถให้เอาท์พุทที่สอดคล้องตามสมการเงื่อนไข ได้ ค่าพลังงานที่เพิ่มขึ้นนี้มีค่าที่มากกว่าพลังงานของนิวรอลเน็ตเวิร์กที่สภาวะเริ่มต้นการคำนวณ เอาท์พุทของ นิวรอลเน็ตเวิร์กจะไม่สามารถนำไปแปลความหมายเป็นเส้นทางในการติดต่อสื่อสารได้ ตาราง 4.9 แสดงพลัง งานของนิวรอลเน็ตเวิร์ก ภายหลังจากการคำนวณ และเส้นทางที่ได้จากการแปลความหมายเอาท์พุทของ นิวรอลเน็ตเวิร์กพร้อมทั้งผลการประเมินเส้นทางที่ได้ว่าเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดหรือไม่อย่างไร

ตาราง 4.8 ค่าคงที่ที่ใช้ในการทดสอบผลของค่าคงที่โมเมนตัม

	Value
$\mu$	0.75
$\theta$	0.85
$\alpha$	0.008789
$\beta$	0.025
$\gamma$	33.46



รูปที่ 4.15 การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิรอลเน็ตเวิร์กที่ค่าคงที่โมเมนต์(M) ต่างๆกัน

ตาราง 4.9 ผลการทดสอบผลกระทบของค่าคงที่โมเมนต์(M)

ค่าคงที่โมเมนต์ (M)	พลังงาน (จูล)	เส้นทาง (Route)	Convergence situation		Not Converge
			optimum	sub_optimum	
0.0	0.3740	2_7_15_11_14	/		
0.2	0.4082	2_7_15_11_14	/		
0.4	0.5796	2_3_4_11_14		/	
0.6	0.7789	2_3_4_11_14		/	
0.8	0.9784	2_3_4_11_14		/	
1.0	1.8160	2_3_4_11_14		/	
1.4	8.262	2_3_7_4_14			/

### การวิเคราะห์ผลกระทบของค่าคงที่โมเมนต์ต่อการเปลี่ยนแปลงพลังงาน

จากตัวอย่างการทดสอบผลของค่าคงที่โมเมนต์ที่แสดงข้างต้นสามารถนำมาวิเคราะห์ถึงลักษณะพฤติกรรมของ การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอนเน็ตเวอร์กได้ดังนี้คือ

สมการที่ 4.2 ที่แสดงการใช้ค่าที่ได้จากสมการการเคลื่อนที่ของนิวรอนเน็ตเวอร์กในรอบการคำนวณก่อนหน้านี้นำมารวมเข้ากับผลบวกของสมการการเคลื่อนที่ในการคำนวณในรอบนั้น กับค่าอินพุทของนิวรอนในรอบการคำนวณนั้นเพื่อเป็นอินพุทของ นิวรอนเน็ตเวอร์กในรอบถัดไป

จากสมการที่ 3.32 ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอนเน็ตเวอร์กซึ่งเป็นฟังก์ชันของการเปลี่ยนแปลงของพลังงานเทียบกับเอาต์พุทของนิวรอนเน็ตเวอร์กในแต่ละคอลัมน์ของเอาต์พุทของนิวรอนเน็ตเวอร์กและเป็นฟังก์ชันของการเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุทของแต่ละนิวรอนเทียบกับอินพุทของแต่ละนิวรอนดังในสมการที่ 3.33

ผลของการนำค่าโมเมนต์มาบวกในอินพุทของนิวรอนเน็ตเวอร์กในแต่ละรอบของการคำนวณนั้นมีผลทำให้สมการที่ 3.32 ใน 2 เทอมแรกมีค่าที่เพิ่มมากขึ้น สาเหตุเพราะการนำโมเมนต์มาคิดรวมด้วยทำให้ค่าของอินพุทของ นิวรอนเน็ตเวอร์กในแต่ละตัวมีค่าที่มากขึ้นกว่าในสถานะที่ไม่นำโมเมนต์มาคิด ดังนั้นเมื่อนำค่าของอินพุทนี้ไปป้อนผ่านทรานสเฟอร์ฟังก์ชันที่เป็นแบบ ซิกมอยด์ ซัฟเดียว ทำให้ค่าเอาต์พุทที่ได้มีค่าที่มากกว่าในสถานะที่ไม่นำเอาโมเมนต์มาคิด ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของพลังงานของ นิวรอนเน็ตเวอร์กต่อเอาต์พุทของนิวรอนเน็ตเวอร์ก ดังสมการที่ 4.1 มีค่าที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้การเปลี่ยนแปลงของพลังงานของนิวรอนเน็ตเวอร์กต่อเวลาในการคำนวณดังในสมการที่ 3.32 มีค่าที่ลดลงอย่างรวดเร็วขึ้น ซึ่งสนับสนุนผลการทดสอบดังที่แสดงในรูปที่ 4.15 นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอนเน็ตเวอร์กต่อเวลาในการคำนวณยังมีผลมาจากสมการที่ 3.33 คือ การเปลี่ยนแปลงเอาต์พุทของนิวรอนเน็ตเวอร์กต่ออินพุทของนิวรอนเน็ตเวอร์ก จะเป็นฟังก์ชันของอินพุทของนิวรอนเน็ตเวอร์กด้วย ซึ่งผลของสมการที่ 3.33 นี้แสดงถึงความชันของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันแบบซิกมอยด์ ซัฟเดียว ที่นำมาใช้ ค่าอินพุทของนิวรอนเน็ตเวอร์กที่มากขึ้นนี้ทำให้ ความชันของทรานสเฟอร์ฟังก์ชันมีค่าเข้าใกล้ 0 มาก ทำให้การเปลี่ยนแปลงพลังงานของนิวรอนเน็ตเวอร์กมีค่าที่น้อยลง

ผลจากทั้ง 2 ส่วนที่กล่าวมาทำให้การนำโมเมนต์มาใช้ในการคำนวณ ทำให้พลังงานของนิวรอนเน็ตเวอร์กมีการลดลงอย่างรวดเร็ว และเข้าสู่สถานะสมดุลย์ที่รวดเร็วขึ้น แต่สถานะสมดุลย์ของพลังงานดังกล่าวนี้อาจไม่ใช่ค่าที่ต่ำที่สุดที่เป็นไปได้ ทั้งนี้ขึ้นกับค่าคงที่ที่ใช้ในการกำหนดน้ำหนักให้กับโมเมนต์ และสถานะของความซับซ้อนในเมตริกซ์ความล่าช้าทางเวลาที่นำมาเป็นปัจจัยหลักในการคำนวณ อย่างไรก็ตามผลการทดสอบที่ยกมาแสดงนี้เป็นเพียง 1 ตัวอย่างที่สามารถเห็นผลกระทบต่อการลดลงของพลังงานได้อย่างชัดเจน การเลือกค่าคงที่โมเมนต์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาหนึ่งๆ นั้นยังต้องใช้วิธีการลองสุ่มแล้วจึงเลือกค่าที่ดีที่สุด

การเลือกค่าคงที่โมเมนต์ที่ไม่เหมาะสมดังตัวอย่างที่แสดงให้เห็นข้างต้นนี้ เมื่อใช้ค่าคงที่โมเมนต์เป็น 1.4 พลังงานของนิวรอนเน็ตเวอร์กที่สถานะสมดุลย์มีค่าที่มากกว่าพลังงานที่จุดเริ่มต้นการคำนวณ และเอาต์พุทของนิวรอนภายหลังจากการแปลความหมายแล้วได้เส้นทางที่ไม่มีขายสื่อสารเชื่อมโยงที่เชื่อมต่อระหว่างโหนดที่ได้จากการแปลความหมายดังตาราง 4.9 ซึ่งเป็นสิ่งที่พึงระวังในการกำหนดค่าคงที่โมเมนต์ในการคำนวณ

ในการทดสอบผลการคำนวณและการวิเคราะห์ผลการคำนวณที่ได้กล่าวถึงมาแล้วนี้ได้แสดงผลกระทบในส่วนต่างๆที่เป็นอินพุทเข้ามาสู่นิรอรลเน็ตเวอร์คดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.1 อย่างไรก็ตามก็ได้ทำการเปลี่ยนแปลงเพื่อปรับปรุงข้อจำกัดบางประการเช่น ในเรื่องการคำนวณหาเส้นทางภายใต้ข้อจำกัดในเรื่องจำนวนข่ายสื่อสารที่น้อยที่สุดที่ต้องใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างโหนดต้นทางไปยังโหนดปลายทาง โดยได้แสดงรายละเอียดในการคำนวณพร้อมผลการทดสอบไว้ในภาคผนวก