

# การใช้วิธีอานานิคมมดในการตั้งค่าน้ำหนักให้แก่เครือข่ายโอเอสพีอีฟ Using Ant Colony Algorithm for Weight Setting in OSPF Network

เอกวุฒิ ไชยรัตน์ (*Ekawut Chairat*)<sup>1</sup> และ กายรัฐ เจริญราษฎร์ (*Kairat Jaroenrat*)<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>สาขาวิชาศึกษาคอมพิวเตอร์ คณะศึกษาศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

*ekawut.c@gmail.com, kairat.j@ku.ac.th*

## บทคัดย่อ

เนื่องจากระบบเครือข่ายมีบทบาทสำคัญมาก ที่อยู่ในปัจจุบัน เพราะมีการใช้งานคอมพิวเตอร์อย่างแพร่หลาย ซึ่งโปรดักโคลชีส์เส้นทางในปัจจุบันที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดในระบบเครือข่าย คือ Open Shortest Path First (OSPF) แต่เนื่องจากการที่ เครือข่าย โอเอสพีอีฟใช้อัลกอริทึมในการค้นหาเส้นทางด้วยตัวเอง จึงทำให้การจัดเส้นทางให้แก่การไหลของข้อมูลไม่ตรงกับความต้องการในการใช้งาน เครือข่ายนั้นๆ เพื่อเพิ่มความสามารถของระบบให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และลดต้นทุนของระบบโดยรวมลง จึงประยุกต์ใช้หลักการความคลาดแบบกลุ่มด้วยวิธี อานานิคมมด โดยอาศัยการหาอาหารของมดในธรรมชาติ เพื่อทดสอบหาค่าน้ำหนักของเส้นทางใน เครือข่ายที่เหมาะสมกับเครือข่ายที่ต้องการ โดยวิธีการ แก้ไขปัญหาด้วยวิธีอานานิคมมดสามารถหาค่า ประสิทธิภาพที่ดีกว่าค่าประสิทธิภาพเริ่มต้นได้ในช่วง โหนดเดียวกันไม่เกิน 2.0 หรือเส้นทางไม่เกิน 2 เท่าของจำนวนโหนด และให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่าโดยเฉลี่ย 7.93 เปอร์เซ็นต์

**คำสำคัญ:** ขั้นตอนวิธีอานานิคมมด เครือข่าย โอเอสพีอีฟ

## Abstract

Nowadays computer networks have more important roles than before. Computers are widely used, so connection between computers is

required in order to increase efficiency of the system and reduce cost of the system. The widely-used Routing Protocols in the system is Open Shortest Path First (OSPF). But the OSPF routers use Shortest-Path algorithm to find its routes, therefore routing of traffic flow does not get together with the traffic requirement of such system. The Ant Colony Algorithm is applied. Applying the way that ant forage to determine weight of link in the appropriate network. The problem of this experiment is solved by the ant colony method. With weights set of this method and Node degree are not more than 2.0 (amount of links is not more than 2 times of amount of nodes), the networks utilizations are better than networks with default weight set with 7.93% in average of the better utilization.

**Keyword:** Ant Colony Algorithm, OSPF Network

## 1. บทนำ

เนื่องจากระบบเครือข่ายมีบทบาทสำคัญมาก ที่อยู่ในปัจจุบัน เพราะมีการใช้งานคอมพิวเตอร์อย่างแพร่หลาย จึงเกิดความต้องการที่จะเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เหล่านั้นถึงกัน เพื่อเพิ่มความสามารถของระบบให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และลดต้นทุนของระบบโดยรวมลง ซึ่งโปรดักโคลชีส์เส้นทางในปัจจุบันที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดในระบบเครือข่าย คือ Open Shortest Path First เนื่องจากมีจุดเด่นใน

หล่ายด้าน เช่น การที่มีอัลกอริทึมในการค้นหาเส้นทาง ด้วยตัวเอง การรับรู้ถึงความเปลี่ยนแปลงในรูปแบบ การเข้ามือหรือการเปลี่ยนแปลงของเส้นทางในระบบ เครือข่ายได้อย่างรวดเร็ว เป็นต้น แต่เนื่องจากการที่ เครือข่ายโอลอสพีโอฟใช้อัลกอริทึมในการค้นหา เส้นทางด้วยตัวเอง โดยจะมีการคำนวณจากเส้นทางที่ สั้นที่สุดจากจุดหนึ่งไปยังจุดหนึ่งจึงทำให้การจัด เส้นทางให้แก่การไหลของข้อมูลไม่ตรงกับความ ต้องการการไหลของข้อมูลระหว่างโหนด (Traffic Requirement) ภายในเครือข่ายนั้นๆ

เพื่อให้การจัดเส้นทางข้อมูลของเครือข่ายสามารถ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้จัดทำจึงพัฒนา ซอฟต์แวร์ที่ประยุกต์ใช้หลักการวิชีอาณานิคม (Ant Colony Algorithm) ในการตั้งค่านำหนักให้แก่เครือข่าย ที่ต้องการ และนำค่าน้ำหนักนั้นไปทดสอบเชิง สมรรถนะ วิเคราะห์การไหลของข้อมูลภายในเครือข่าย เพื่อหาเขตของคำตอบที่มีค่าน้ำหนักเหมาะสม

## 2. หลักการพื้นฐาน

ในการวิจัยเรื่องการใช้วิชีอาณานิคมในการตั้งค่า นำหนักให้แก่เครือข่ายโอลอสพีโอฟ ผู้พัฒนาได้ศึกษา หลักการของทฤษฎีและเทคโนโลยีต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง กับการพัฒนาระบบที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับงาน ได้โดยแบ่งออกเป็นหัวข้อดังๆ ดังต่อไปนี้

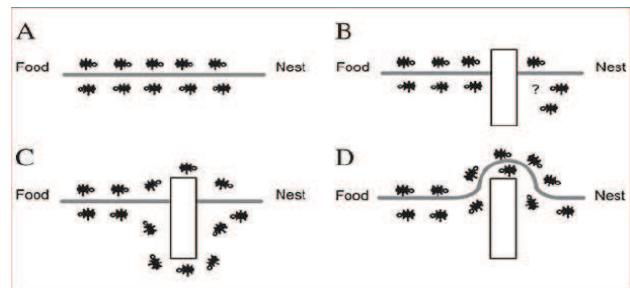
### 2.1 Open Shortest Path First

โอลอสพีโอฟเป็นโปรโตคอลชี้เส้นทางตัวหนึ่งนิยม ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุดในระบบเครือข่าย เนื่องจากมีจุดเด่นในหล่ายด้าน เช่น การที่เป็น โปรโตคอลที่เส้นทางแบบโปรโตคอลการค้นหา เส้นทางสถานะแต่ละอินเตอร์เฟส (Link State) การที่มี อัลกอริทึมในการค้นหาเส้นทางได้ด้วยตัวเอง ในการ คำนวณเส้นทางของโอลอสพีโอฟจะใช้อัลกอริทึมของ Dijkstra [5] ในการคำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุด [1] โดย ปกติแล้วเราเตรียมจะใช้ค่าน้ำหนักของเส้นทาง (Cost) เป็นส่วนกลับแบบค์วิชของเส้นทางดังสมการ

$$cost = \frac{10^8}{Link Bandwidth}$$

### 2.2 ระบบมด

พฤติกรรมโดยธรรมชาติของมด มะกะพยาภานหา เส้นทางที่สั้นที่สุดจากกรังไปยังแหล่งอาหาร ดัง ภาพที่ 1



ภาพที่ 1: การจำลองการเดินทางอาหารของมด

มดเหล่านี้จะทำการปล่อยฟีโรโมน (Pheromone) ไว้ ตามเส้นทางที่เดิน โดยมีจุดประสงค์เพื่อทำเครื่องหมาย เส้นทางที่ถูกเลือก มากกว่าอื่นๆ ในอาณาจักรจะเดินทาง ตามเส้นทางที่มีฟีโรโมนดังกล่าว พร้อมทั้งปล่อยฟีโร มโณให้สะสมระหว่างเส้นทางมากยิ่งขึ้น ซึ่งมดจะเลือก เส้นทางโดยอาศัยข้อมูลปริมาณของฟีโรโมนที่ถูกทิ้ง ไว้บนเส้นทางจากมดตัวอื่นที่เลือกเส้นทางนั้นมาก่อน [2]

### 2.3 การหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยระบบอาณานิคมมด

การหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยระบบอาณานิคมมด สามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน

#### 2.3.1 กฎการเปลี่ยนสถานะ (Static Transition Rule)

มดจะมีการเลือกเส้นทางหรือเปลี่ยนสถานะ จากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง โดยอาศัยกฎการ เปลี่ยนสถานะ กฎนี้ประกอบไปด้วยทางเลือกสองทาง ที่เป็นไปได้นั่นคือ การเลือกสำรวจเพื่อหาผลเฉลยที่ เป็นไปได้ใหม่ (Exploration) หรือการเลือกผลเฉลย โดยอาศัยความรู้เดิมที่มีอยู่ก่อนแล้ว (Exploitation) ให้ ณ จุด  $k$  อยู่ที่โหนด  $r$  เลือกที่จะเปลี่ยนสถานะไปอยู่ที่ โหนด  $s$  โดย

$$S = \begin{cases} \arg \max_{u \in J_k(r)} \{\tau(r, u) \cdot [\eta(r, u)]^\beta\} & \text{ถ้า } q \leq q_0 \\ S & \text{ถ้า } q > q_0 \end{cases} \quad (1)$$

เมื่อ  $q$  เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการกระจายแบบน้ำみなemo ในช่วงศูนย์ถึงหนึ่ง และเป็นความน่าจะเป็นที่จะเลือกจากความรู้เดิมที่มีอยู่ ( $0 \leq q \leq 1$ )  $\beta$  เป็นเลขยกกำลังสำหรับคำนวนผลคูณระหว่างฟีโรโนนกับความใกล้  $\tau(r, u)$  แสดงถึงปริมาณฟีโรโนนบนเส้นทางเดินระหว่างโหนด  $r$  และ  $u$  พจน์  $\eta(r, u) = 1/\delta(r, u)$  เป็นส่วนกลับของระยะทางระหว่างโหนด  $r$  และ  $u$  ส่วน  $J_k(r)$  เป็นเซตของโหนดที่มีค่า  $k$  ข้างไม่เคียงเดินทางไปโดยปัจจุบันอยู่ที่โหนด  $r$  และ  $S$  คือโหนดที่จะถูกเลือกถ้ามี  $k$  ตัดสินใจที่จะสำรวจ ความน่าจะเป็นที่มีค่า  $k$  ซึ่งอยู่ที่โหนด  $r$  จะเลือกเดินทางไปยังโหนด  $S(p_k(r, S))$  ถูกกำหนดโดย

$$p_k(r, S) = \begin{cases} \frac{[\tau(r, S)] \cdot [\eta(r, S)]^\beta}{\sum_{u \in J_k(r)} [\tau(r, S)] \cdot [\eta(r, S)]^\beta} & \text{ถ้า } S \in J_k(r) \\ 0 & \text{ในกรณีอื่น} \end{cases} \quad (2)$$

จากสมการที่ (1) ถ้ามีตัวที่  $k$  เลือกที่จะใช้ความรู้เดิมที่ได้รับมาจากมิตัวอื่นๆ ค่า  $k$  จะเลือกเดินทางจากโหนด  $r$  ไปยังโหนด  $s$  ซึ่งกำหนดได้จากเส้นทางที่ให้ผลคูณระหว่างฟีโรโนนกับระยะทางที่มากที่สุด ในกรณีที่มีค่า  $k$  เลือกที่จะสำรวจเส้นทางใหม่จากสมการที่ (2) เส้นทางที่มีผลคูณระหว่างฟีโรโนนกับระยะทางมากเท่าไหร่ก็มีโอกาสที่จะถูกเลือกมากขึ้นเท่านั้น [3]

### 2.3.2 การเพิ่มร่องรอยฟีโรโนน

ในระบบมคนี้จะกำหนดให้มีค่าเดียวกันสำหรับทุกๆ ตัวหลังจากที่ได้เดินทางผ่านเส้นทางนั้นๆ มา พร้อมกับมีการระเหยของฟีโรโนนในทุกๆ เส้นทางด้วย ซึ่งสมการการระเหยของฟีโรโนน ดังสมการที่ (3)

$$\tau_{ij} = (1 - \rho)\tau_{ij}, \forall_{(i,j)} \in L \quad (3)$$

เมื่ออัตราการระเหยของฟีโรโนน ( $\rho$ ) มีค่าระหว่าง  $0 < \rho < 1$  เพื่อให้เป็นการหลีกเลี่ยงการสะสมของฟีโรโนนบนเส้นทางที่มีมากเกินไป เมื่อมีการระเหยของฟีโรโนนแล้วก็ต้องมีการปรับปรุงปริมาณฟีโรโนนบนเส้นทางของมิตัวเดียวกัน ดังสมการที่ (4)

$$\tau_{ij} = \tau_{ij} + \sum_{k=1}^m \Delta \tau_{ij}^k, \forall_{(i,j)} \in L \quad (4)$$

เมื่อ  $\tau_{ij}^k$  คือ ปริมาณของฟีโรโนนที่มิตัวที่  $k$  จะเพิ่มให้กับเส้นทางที่ได้เดินผ่านมาแล้ว โดยที่ปริมาณของฟีโรโนนที่มิตัวที่  $k$  ที่จะเพิ่มให้กับเส้นทางสามารถหาได้จากสมการที่ (5)

$$\Delta \tau_{ij}^k = \begin{cases} \frac{1}{C^k}, & \text{if arc}(i,j) \text{ belong to } T^k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

(5)

เมื่อ  $C^k$  เป็นผลเฉลยหรือระยะทางทั้งหมดของมิตัวที่  $k$  ได้เดินผ่านทางเส้นทางนั้นๆ ซึ่งคำนวนได้จากระยะทางระหว่างเมืองหรือโหนดไปจนถึงแหล่งอาหารหรือเป้าหมาย ซึ่งก็คือ  $T^k$  หากเมืองหรือโหนดใดที่มีค่าไม่ผ่านให้มีค่าเป็น 0 ตามสมการที่ (5)[4]

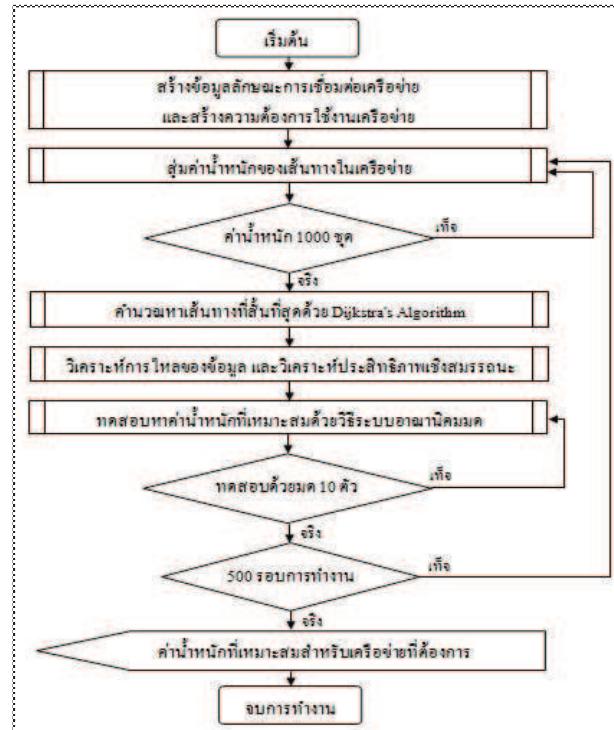
### 2.4 การวิเคราะห์การไฟลของข้อมูล

การวิเคราะห์การไฟลของข้อมูลเป็นการนำความต้องการเชิงสมรรถนะของการประยุกต์ใช้เครือข่าย มาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลตำแหน่งของอุปกรณ์ในเครือข่าย อุปกรณ์แม่ข่ายและสถานีปลายทาง การไฟลของข้อมูลถือเป็นข้อมูลที่มีความสำคัญมากในการออกแบบระบบเครือข่าย เพราะการไฟลของข้อมูลใช้แสดงถึงภาระที่เครือข่ายจะต้องรองรับ การไฟลของข้อมูลถือเป็นข้อมูลสำคัญที่ระบุทิศทางของข้อมูลพร้อมกับคุณสมบัติเชิงสมรรถนะของการไฟล ในการวิเคราะห์ระบบเพื่อการออกแบบเครือข่ายจะใช้การไฟลเป็นตัวแทนความต้องการในการใช้งานเครือข่ายของโปรแกรมหรือการส่งผ่านข้อมูลแต่ละชนิด [5]

### 3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

การทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากวิธีอ่านนิคมด้วยพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องประกอบด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก ( $\beta$ ),  $q_0$ ,  $p$ , ค่าโหนดคึกรี การทดลองจะทำโดยการปรับค่าความน่าจะเป็นที่จะเลือกจากความรู้เดิมที่มีอยู่ ( $0 \leq q_0 \leq 1$ ) และ อัตราการระเหยของไฟโรโนน ( $0 \leq p \leq 1$ ) โดยทำการทดสอบกับเครือข่ายขนาด 10 โหนด ด้วยปริมาณข้อมูลขนาด 500 Mbps, 600 Mbps, 700 Mbps เครือข่ายขนาด 25 โหนด ด้วยปริมาณข้อมูลขนาด 50 Mbps, 100 Mbps, 150 Mbps และเครือข่ายขนาด 50 โหนด ด้วยปริมาณข้อมูลขนาด 25 Mbps, 50 Mbps, 75 Mbps ที่โหนดคึกรีต่างๆ

การทดสอบการใช้วิธีการวิธีอ่านนิคมด้วยทำการสุ่มค่าถ่วงน้ำหนักของเส้นทางในเครือข่ายจำนวน 1000 ชุด แล้วนำมาวิเคราะห์การไฟล์ของข้อมูล และวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงสมรรถนะ ขั้นตอนต่อมาจะทำการทดสอบค่าถ่วงน้ำหนักด้วยวิธีอ่านนิคมโดยจะทำการทดสอบ 10 ครั้งต่อรอบการทำงาน ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งจะทำการสะสัมพันธ์ไฟโรโนนบนชุดของค่าถ่วงน้ำหนักที่ทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงสมรรถนะที่ดี ซึ่งในการทดสอบจะทำการทดสอบจำนวน 500 รอบการทำงาน ซึ่งจะทำการเลือกชุดของค่าถ่วงน้ำหนักที่มีการสะสัมพันธ์ไฟโรโนนมากที่สุด ดังภาพที่ (2)



ภาพที่ 2: ผังงานระบบ

ตารางที่ 1: ชุดของการปรับค่าพารามิเตอร์

ชุดที่	$q_0$	$p$	ชุดที่	$q_0$	$p$
1	0.2	0.2	9	0.6	0.2
2	0.2	0.4	10	0.6	0.4
3	0.2	0.6	11	0.6	0.6
4	0.2	0.8	12	0.6	0.8
5	0.4	0.2	13	0.8	0.2
6	0.4	0.4	14	0.8	0.4
7	0.4	0.6	15	0.8	0.6
8	0.4	0.8	16	0.8	0.8

หลังจากปรับพารามิเตอร์ตามตารางที่ 1 แล้วจะนำผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาค่าของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

#### 4. ผลการดำเนินงาน

การทดลองวัดประสิทธิภาพของเครือข่ายโดยดูจากปริมาณข้อมูลสูงสุดที่ไฟล์ผ่านเส้นทางในเครือข่าย

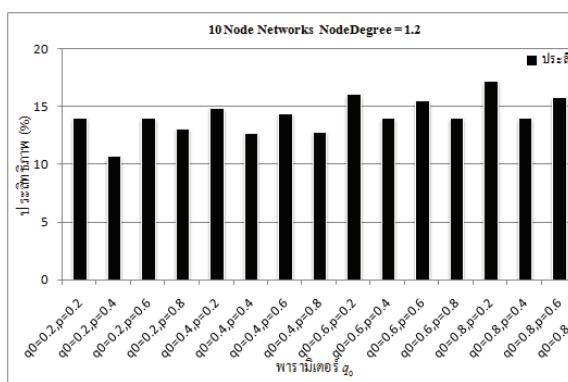
#### 4.1 การวิเคราะห์ปริมาณข้อมูล

ปริมาณของข้อมูลที่แตกต่างกันไม่มีผลกับการผลส่วนค่าประสิทธิภาพด้วยวิธีอานานิคมมด เนื่องจาก การคำนวณเส้นทางที่สั้นที่สุดของเครือข่ายโอลอสฟีเอฟจะใช้อัลกอริทึมของ Dijkstra's ที่คำนวณเส้นทาง จากค่าน้ำหนัก ดังนั้นขนาดของข้อมูลจึงไม่มีผลกับการกำหนดเส้นทางการไหลของข้อมูลในเครือข่าย

#### 4.2 การวิเคราะห์ค่าคงที่ $\beta$

$\beta$  เป็นค่าที่ใช้สำหรับถ่วงน้ำหนักให้กับ พารามิเตอร์ปริมาณไฟโรโนน ซึ่งไม่ส่งผลกระทบ การทดสอบเนื่องจากค่าประสิทธิภาพที่นำมาทดสอบเกิดจากการสุ่มค่าน้ำหนักของเส้นทางในเครือข่าย จึงไม่มีค่าที่แน่นอนทำให้ค่า  $\beta$  ที่แตกต่างกันไม่แสดงแนวโน้มการทดสอบที่ชัดเจน

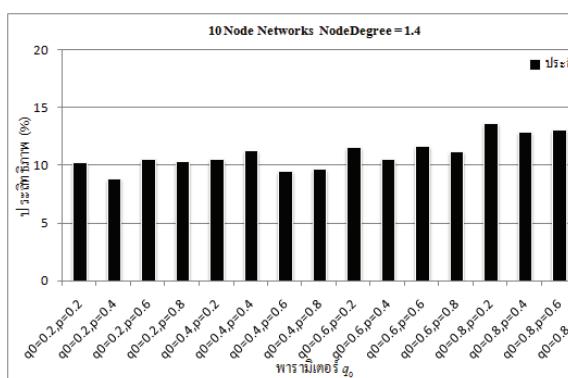
#### 4.3 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ $q_0$ และ $\rho$



ภาพที่ 3: แผนภูมิประสิทธิภาพที่ศึกว่าจากการปรับ

ค่าพารามิเตอร์  $q_0$  และ  $\rho$  จากเครือข่ายขนาด 10 โหนด ที่โหนด

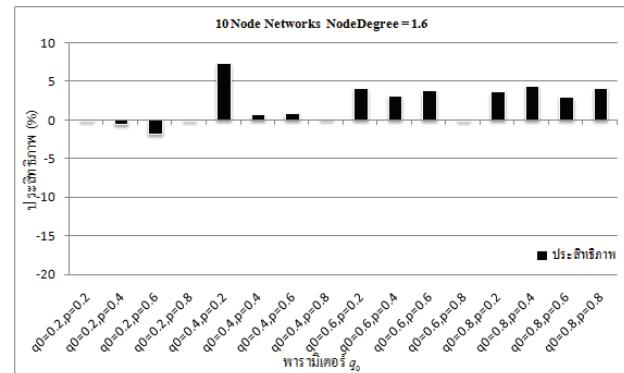
คีกรี 1.2



ภาพที่ 4: แผนภูมิประสิทธิภาพที่ศึกว่าจากการปรับ

ค่าพารามิเตอร์  $q_0$  และ  $\rho$  จากเครือข่ายขนาด 10 โหนด ที่โหนด

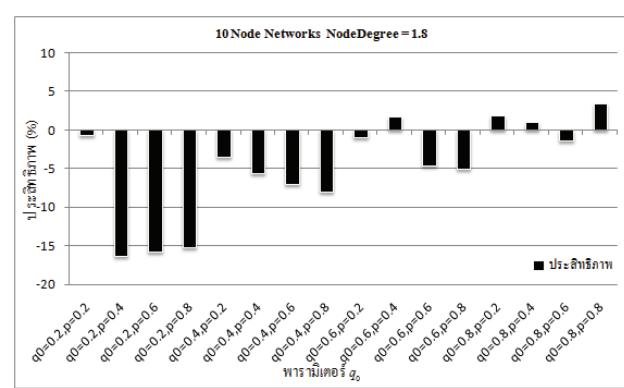
คีกรี 1.4



ภาพที่ 5: แผนภูมิประสิทธิภาพที่ศึกว่าจากการปรับ

ค่าพารามิเตอร์  $q_0$  และ  $\rho$  จากเครือข่ายขนาด 10 โหนด ที่โหนด

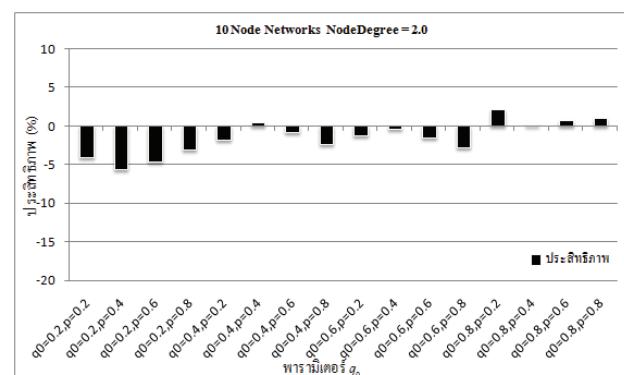
คีกรี 1.6



ภาพที่ 6: แผนภูมิประสิทธิภาพที่ศึกว่าจากการปรับ

ค่าพารามิเตอร์  $q_0$  และ  $\rho$  จากเครือข่ายขนาด 10 โหนด ที่โหนด

คีกรี 1.8

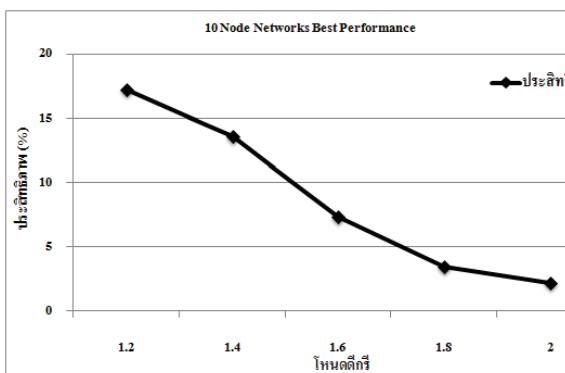


**ภาพที่ 7:** แผนภูมิประสิทธิภาพที่ดีกว่าจากการปรับค่าพารามิเตอร์  $q_0$  และ  $\rho$  จากเครือข่ายขนาด 10 โหนด ที่โหนดเดียว

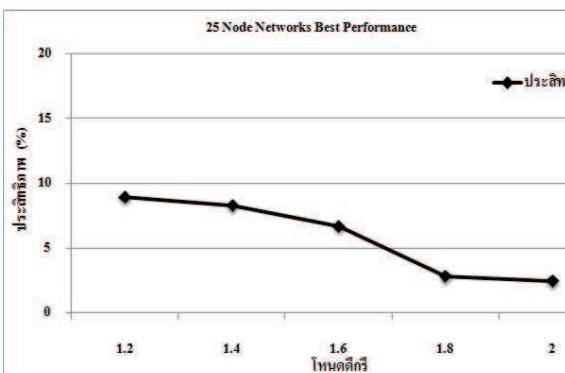
ค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่าเฉลี่ยจากการทดสอบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงค่าระหว่าง  $-4.7379$  ถึง  $14.3364$  เปอร์เซ็นต์ ค่าพารามิเตอร์ที่  $q_0 = 0.8$  และ  $\rho = 0.2$  ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการทดสอบ โดยที่เครือข่ายขนาด 25 โหนดและ 50 โหนดมีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน

#### 4.4 การวิเคราะห์ค่าโหนดเดียว

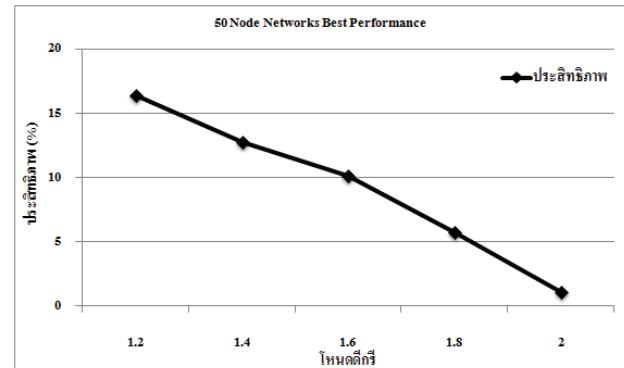
จากภาพที่ 8-10 เป็นการทดสอบแนวโน้มค่าประสิทธิภาพจากการทดสอบที่โหนดเดียวต่างๆ ด้วยเครือข่ายขนาด 10 โหนด 25 โหนด และ 50 โหนด



**ภาพที่ 8:** แนวโน้มค่าประสิทธิภาพจากเครือข่ายขนาด 10 โหนด



**ภาพที่ 9:** แนวโน้มค่าประสิทธิภาพจากเครือข่ายขนาด 25 โหนด



**ภาพที่ 10:** แนวโน้มค่าประสิทธิภาพจากเครือข่ายขนาด 50 โหนด

จะเห็นได้ว่าวิธีการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีอ่านนิคมมดสามารถหาค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่าค่าประสิทธิภาพเริ่มต้นได้ในช่วงโหนดเดียวไม่เกิน 2.0 หรือเส้นทางไม่เกิน 2 เท่าของจำนวนโหนด เพราะเมื่อโหนดเดียวมีค่ามากกว่า 2.0 จะทำให้เส้นทางในเครือข่ายเพิ่มมากขึ้นทำให้มีผลกับการกระจายตัวของข้อมูลมากขึ้นตามไปด้วย

## 5. สรุปผลและขอเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

การทดสอบวิธีการวิธีอ่านนิคอมมดในการตั้งค่านำหนักให้แก่เครือข่ายโอเอสพีโอฟด้วยการสุ่มค่านำหนักของเส้นทางในเครือข่ายจำนวน 1000 ชุด แล้วนำมายิเคราะห์การไหลของข้อมูล และวิเคราะห์ประสิทธิภาพเชิงสมรรถนะ ขึ้นตอนต่อมาจะทำการทดสอบค่าน้ำหนักด้วยวิธีอ่านนิคอมมดโดยจะทำการทดสอบ 10 ครั้งต่อรอบการทำงาน ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งจะทำการสะสมฟิโรโนนบนชุดของค่าน้ำหนักที่ทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงสมรรถนะที่ดี ซึ่งในการทดสอบจะทำการทดสอบจำนวน 500 รอบการทำงาน เมื่อทำการทดสอบเสร็จสิ้นจะทำการเลือกชุดของค่าน้ำหนักที่มีการสะสมของค่าฟิโรโนนมากที่สุดโดยทำการทดสอบด้วยการปรับพารามิเตอร์  $q_0$  และ  $\rho$  เพื่อทดสอบความสามารถในการเลือกชุดค่าน้ำหนักของมดที่โหนดเดียวต่างๆ จากเครือข่ายขนาด 10 โหนด

25 โหนด และ 50 โหนด เมื่อทำการทดสอบเครือข่าย  
จะนำผลการทดสอบจากทุกๆ เส้นทางไปทำการทดสอบมา  
วิเคราะห์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์  $q_0$  และ  $\rho$  ที่ทำให้ผล  
การทดสอบได้ชุดของค่าน้ำหนักที่เหมาะสมกับ  
เครือข่ายที่ต้องการ และวิเคราะห์หาช่วงของโหนดคึกรี  
ที่สามารถทำให้การทดสอบได้ค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่า  
ประสิทธิภาพเริ่มต้น

ค่าประสิทธิภาพที่ดีกว่าการใช้ค่าปกติของเครือข่าย  
ไอเอสพีเอกสารจากการทดสอบมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงค่า<sup>4</sup>  
ระหว่าง -4.7379 ถึง 14.3364 เปอร์เซ็นต์ สำหรับทุกๆ  
เส้นทางทดสอบ ค่าพารามิเตอร์ที่  $q_0 = 0.8$  และ  $\rho =$   
0.2 ให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดที่ทุกขนาดข้อมูล โดย  
วิธีการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีอานานิคมลดสามารถหาค่า  
ประสิทธิภาพที่ดีกว่าค่าประสิทธิภาพเริ่มต้นได้ในช่วง  
โหนดคึกรีไม่เกิน 2.0 หรือเส้นทางไม่เกิน 2 เท่าของ  
จำนวนโหนด โดยที่ปริมาณข้อมูลไม่มีผลกับการ  
ทดสอบ

### 5.2 ข้อเสนอแนะ

ในอนาคตเพื่อให้ผลลัพธ์จากการทดสอบมีค่า<sup>5</sup>  
ประสิทธิภาพดีมากยิ่งขึ้น ได้ด้วยการเพิ่มการ  
ปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ให้มีความละเอียดเพิ่มมาก  
ยิ่งขึ้น และมีการปรับจำนวนรอบการทำงานให้มากขึ้น  
หรือทำการทดสอบค่าน้ำหนักดังกล่าวด้วยอัลกอริทึม  
อื่นๆ เช่น Genetic Algorithm (GA) เป็นต้น และ  
วิเคราะห์ประสิทธิภาพในหลายๆ ด้าน เช่น Traffic,  
Delay, Reliability เป็นต้น

## เอกสารอ้างอิง

- [1] มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหาสารคาม, “Open Shortest Path First (OSPF) ตอนที่ 1 (CCNA)”, 2549.
- [2] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, “การหาค่าเหมาะสมที่สุด  
ด้วยคอลนิเมด”, 2552.
- [3] ปราโมทย์ สุวรรณเพชร และคณะ, “การประยุกต์ใช้  
เส้นทางวิธีระบบอานานิคมสำหรับแก้ปัญหาการ

เดินทางของพนักงานขาย”, การประชุมวิชาการด้าน<sup>6</sup>  
การวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2550, 2550.

- [4] กิตติเดช วงศ์ศักดิ์ และคณะ, “ระบบเก็บน้ำสำหรับหลัก  
ที่สั้นที่สุดและเส้นทางรองโดยใช้เส้นทางวิธีระบบ  
มด”, การประชุมทางวิชาการระดับชาติด้าน<sup>7</sup>  
คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศครั้งที่ 6, 2553.
- [5] พิสิษฐ์ ชาญเกียรติก้อง, การออกแบบโครงสร้าง  
คอมพิวเตอร์, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต: กรุงเทพฯ  
, 2550.