สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การแก้ปัญหาการวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ด้วยวิธีการเชิงพลวัติ

Dynamic Problem Solving for Mobile Agent Migration Planning

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย
จาก
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๕

คณะผู้วิจัย

นายกฤษณะ ชินสาร	หัวหน้าโครงการวิจัย
นางสาวสุวรรณา รัศมีขวัญ	ผู้ร่วมวิจัย
นางสาวสุนิสา ริมเจริญ	ผู้ร่วมวิจัย
นายภูสิต กุลเกษม	ผู้ร่วมวิจัย
นางสาวเบญจภรณ์ จันทรกองกุล	ผู้ร่วมวิจัย
นายเอกจิต แซ่ลิ้ม	ผู้ช่วยวิจัย

ศูนย์วิจัย Knowledge and Smart Technology
คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

เริ่มบริการ
- 6 ต.ค. 2558

QK01657101
- 7 ก.ค. 2558
354957

บทคัดย่อ

การแก้ปัญหาการวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ด้วยวิธีการเชิงพลวัติ โดยมีจุดมุ่งหมายในการแก้ปัญหา คือ การหาเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ทำให้โมบายล์เอเจนต์สามารถทำงานได้สำเร็จตามที่กำหนด โดยใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครือข่ายเป็นปัจจัยในการตัดสินใจเคลื่อนย้ายโหนด เช่น ค่าเวลาที่ทำการย้ายการทำงานจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง ค่าเวลาหน่วงที่เกิดขึ้น ณ โหนดใด ๆ ค่าความน่าจะเป็นของงานที่จะทำสำเร็จ เป็นต้น สำหรับการวัดประสิทธิภาพของเส้นทางที่เหมาะสมนั้น ได้แบ่งออกเป็น 2 ตอน โดยตอนที่ 1 จะใช้การวัดจากผลรวมของเวลาทั้งหมดในการเคลื่อนที่รวมถึงเวลาหน่วงที่เกิดขึ้น โดยมีเป้าหมายในการใช้เวลาให้น้อยที่สุด ผลการทดลองโดยการปรับปรุงขั้นตอนวิธีอาณานิคมหมดในการย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ซึ่งทำการทดลองกับเครือข่ายจำลองจำนวน 20 โหนด แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอสามารถหาเส้นทางที่เหมาะสมในการย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ได้ผลดีขึ้น ส่วนในตอนที่ 2 จะใช้การวัดประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางจากวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงในการวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ โดยใช้ชุดข้อมูลจากปัญหาการเดินทางของเซลส์แมนซึ่งเป็นปัญหากราฟเช่นเดียวกับปัญหาการวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ จากผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า วิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการค้นหาเส้นทางได้ดีขึ้น ถึงแม้ว่าอาจจะยังไม่ใช่เวลาที่ดีที่สุดหรือเร็วที่สุด แต่ก็สามารถลดเวลาในการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ลงได้ จากการศึกษากระบวนการย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์พบว่า ยังมีอีกหลายปัจจัยที่มีผลต่อการย้ายการทำงาน เช่น ศักยภาพการทำงานของแต่ละโหนดที่อาจมีประสิทธิภาพที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อเวลาที่ให้บริการและปริมาณงาน ความหลากหลายของงานที่อาจมีผลต่อการเคลื่อนย้ายที่มีประสิทธิภาพ หรือ จำนวนสูงสุดของโหนดที่เหมาะสมในการเคลื่อนย้าย เป็นต้น ดังนั้นปัจจัยที่กล่าวถึงมานี้เป็นปัจจัยที่น่าสนใจสำหรับการศึกษาในการตัดสินใจย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ต่อไป

Abstract

Dynamic problem solving method for mobile agent migration planning has the objective to find a proper path that could make the mobile agents to accomplish their tasks on time. There is a number of network data that were taken into account in order to make decision to move each mobile agent. Such data are, for example, the time taken for moving from one node to another node, the time delay in each node and the probability of work completion. Performance evaluation for proper path selection has divided into 2 parts. The first one is to improve the total travel time of each feasible path which includes a time delay at each node. The target is to minimize the total time. The experiments are conducted using the modified Ant Colony Algorithm to simulate with 20 nodes network. The results show that the proposed method yields an improving result. The second one is to improve the search result by using Cuckoo Search Algorithm and testing with Travelling Salesman Problem dataset, which is also a graph problem as same as the migration planning problem. The results also show an improve performance. There are some other factors that can have a significant effect on mobile agent migration planning such as: the difference performance among nodes, the difference of jobs need to be accomplished and the maximum number of nodes that provide the best overall performance. These factors are interesting issues which shall be studied in the future work.

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 4

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

1.5 ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย 5

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 โมบายล์เอเจนต์ 6

2.1.1 โครงสร้างการทำงาน 7

2.2 ขั้นตอนวิธีระบบอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm) 8

2.2.1 กฎการเปลี่ยนสถานะ (State Transition Rule) 9

2.2.2 กฎปรับเปลี่ยนฟีโรโมนเฉพาะที่ (Local Updating Rule) 10

2.2.3 กฎปรับฟีโรโมนวงกว้าง (Global Updating Rule) 10

2.3 ขั้นตอนวิธีต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree Algorithm) 11

2.4 Support Vector Machines (SVM) 12

2.5 Cuckoo Search Algorithm (CS) 13

2.6 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง 16

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 19

3.1 การศึกษาขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด ต้นไม้ตัดสินใจ และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน 19

3.1.1 กระบวนการเก็บรวมรวมข้อมูล (Data Collection Process) 19

3.1.2 กระบวนการตัดสินใจ (Decision Making Process) 20

3.1.3 ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm) 21

3.1.4 การทำมิวเตชั่น (Mutation Operation) 22

3.1.5 กระบวนการย้ายแหล่งทำงาน (Migration Process) 22

3.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนย้ายแหล่งทำงาน โดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง (Improved Migration Planning using Cuckoo Search Algorithm) 22

3.2.1 การออกแบบคำตอบ 23

3.2.2 การค้นหารังใหม่ 24

3.2.3 การทำลายไข่และสร้างไข่ใบใหม่ 24

บทที่ 4 ผลการทดลอง 26
4.1 ผลการทดลองที่ 1 การศึกษาการวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์โดยใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด 26
4.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล 26
4.1.2 กระบวนการตัดสินใจ (Decision Making Process) 28
4.1.2.1 ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm) 28
4.2 ผลการทดลองที่ 2 การเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนย้ายแหล่งทำงาน โดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง 30
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 43
5.1 สรุปผลการทดลอง 43
5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 44
5.3 งานที่จะทำต่อไปในอนาคต 44
บรรณานุกรม 45
ภาคผนวก ก 47
ภาคผนวก ข 54

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

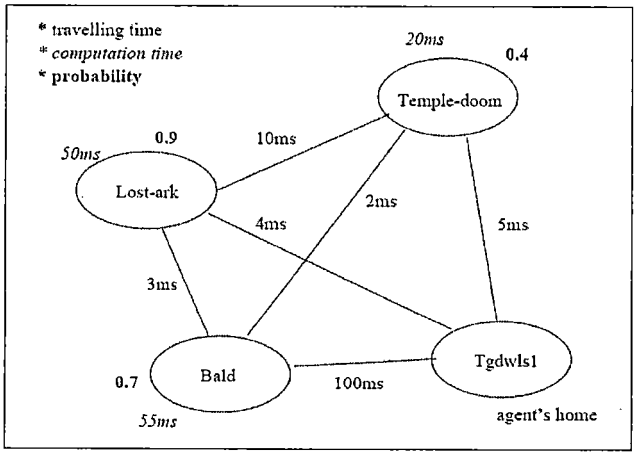
ปัจจุบันการติดต่อสื่อสารผ่านระบบเครือข่ายมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสารผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต หรือแม้แต่การสื่อสารภายในองค์กรก็ตาม ในการใช้ทรัพยากรต่างๆ ร่วมกันของหน่วยงานหรือองค์กรนั้น คอมพิวเตอร์ทุกเครื่องจะต้องเชื่อมต่อกันเป็นเครือข่ายซึ่งมีอยู่หลายรูปแบบ แต่ที่พบโดยส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแบบไคลเอนต์/เซิร์ฟเวอร์ (Client / Server) โดยที่เครื่องแม่ข่าย (Server) จะทำการแจกจ่ายหน้าที่การทำงาน การประมวลผล และข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์แม่ข่ายด้วยกันเอง หรือคอมพิวเตอร์ลูกข่าย (Client) ซึ่งโครงสร้างการทำงานที่กล่าวมานี้เป็นลักษณะการประมวลผลแบบรวมศูนย์ (Centralized Processing)

ในการประมวลผลแบบรวมศูนย์นั้น เป็นการประมวลผลโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ทำหน้าที่ทั้งการประมวลผลหลัก การเก็บและเรียกใช้ข้อมูล การควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ถูกดำเนินการด้วยโฮสต์หลักเพียงเครื่องเดียวซึ่งต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และถ้าโฮสต์นั้นต้องรับภาระการทำงานมากขึ้น เช่น มีจำนวนผู้ใช้งานมากขึ้น หรือมีโปรแกรมทำงานพร้อมกันอยู่หลายโปรแกรมทำให้เกิดความล่าช้าในการให้บริการ หรือเกิดปัญหาความคับคั่งของข้อมูลบนเครือข่ายได้ ดังนั้นการประมวลผลแบบกระจาย (Distributed Computing) จึงเป็นรูปแบบที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งการประมวลผลแบบกระจายนี้ จะทำการแบ่งหน้าที่ในการประมวลผลให้กับคอมพิวเตอร์ทุกเครื่องที่เชื่อมต่ออยู่ในเครือข่าย จึงสามารถช่วยลดปัญหาของการประมวลผลแบบรวมศูนย์ได้

เทคโนโลยีโมบายล์เอเจนต์ (Mobile Agent) เป็นอีกรูปแบบการสื่อสารที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีรูปแบบการประมวลผลแบบกระจาย โมบายล์เอเจนต์คือ โปรแกรมที่สามารถย้ายการทำงาน (Migration) จากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง และยังคงทำงานต่อจากเดิมได้ (Ali et al., 2007) ซึ่งการย้ายการทำงานไปยังโหนดที่มีข้อมูลที่ต้องการ จะช่วยลดแบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของเครือข่ายลงได้ เพราะข้อมูลทั้งหมดจะถูกส่งเฉพาะโค้ดและสถานะของโมบายล์เอเจนต์เท่านั้น นอกจากนั้นโมบายล์เอเจนต์ยังสามารถทำงานได้โดยที่ไคลเอนต์ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่ออยู่กับโหนดที่โมบายล์เอเจนต์ย้ายไปทำงาน และยังสามารถกลับมายังไคลเอนต์เดิมได้เมื่อไคลเอนต์เชื่อมต่อเข้าสู่เครือข่ายอีกครั้ง เนื่องจากการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ จำเป็นต้องมีการติดต่อกับเครื่องอื่นๆ ที่อยู่ในเครือข่าย ดังนั้นในการออกแบบการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ การกำหนดเส้นทางให้กับโมบายล์เอเจนต์ในการประมวลผลไปยังโหนดต่างๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากโมบายล์เอเจนต์จะได้ข้อมูลก่อนถูกส่งออกไปประมวลผล ซึ่งในการกำหนดเส้นทางเป็นส่วนหนึ่งของการวางแผนการย้ายการทำงาน โดยการกำหนดเส้นทางจะเป็นการกำหนดแบบคงที่ กล่าวคือโมบายล์เอเจนต์จะย้ายแหล่ง

ทำงานตามที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า หากขณะที่โมบายล์เอเจนต์ย้ายแหล่งทำงานเกิดปัญหาเกี่ยวกับเครือข่ายที่ไม่อาจคาดการณ์ได้ล่วงหน้า เช่น ปัญหาเครือข่ายถูกตัดขาด ปัญหาความคับคั่งของการจราจรบนเครือข่าย เป็นต้น ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ได้ ดังนั้นโมบายล์เอเจนต์จึงจำเป็นต้องมีวิธีการตัดสินใจในการย้ายแหล่งทำงานบนสภาวะแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งประเด็นที่กล่าวมาทั้งหมดจึงเป็นที่มาของการวิจัยนี้

ปัญหาที่นำเสนอในการวิจัยครั้งนี้เป็นปัญหาการหาเส้นทางของโมบายล์เอเจนต์ในการวางแผนย้ายแหล่งทำงาน และเป็นปัญหาที่ประยุกต์มาจากแนวคิดของปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน (Traveling Salesman Problem : TSP) โดยมีข้อกำหนดว่า เซลส์แมนไม่สามารถเดินย้อนกลับเส้นทางเดิมได้ ซึ่งแตกต่างจากกรณีการกำหนดเส้นทางให้กับโมบายล์เอเจนต์ โมบายล์เอเจนต์สามารถเดินทางย้อนกลับผ่านเส้นทางเดิมได้ โดยการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ โมบายล์เอเจนต์จะถูกส่งออกมาจากโหนดเริ่มต้นเพื่อทำงาน หากทำงานไม่สำเร็จจะต้องทำการย้ายแหล่งทำงานไปยังโหนดอื่นจนกว่าจะทำงานสำเร็จ หรือจนกว่าจะย้ายไปครบทุกโหนดจึงจะกลับไปโหนดเริ่มต้น โดยที่แต่ละโหนดจะถูกเข้าถึงเพียงครั้งเดียว โดยจุดมุ่งหมายของปัญหาการหาเส้นทางของโมบายล์เอเจนต์ คือ การหาเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ทำให้โมบายล์เอเจนต์ทำงานได้สำเร็จตามที่กำหนด (Moizumi, 1998) ปัญหาดังกล่าวเรียกว่า (Traveling Agent Problem : TAP)



รูปที่ 0-1 ตัวอย่างของปัญหาการวางแผนของโมบายล์เอเจนต์ (Moizumi, 1998)

จากรูปแสดงตัวอย่างของการวางแผนของโมบายล์เอเจนต์ในการย้ายการทำงานซึ่งต้องอาศัยข้อมูลหรือปัจจัยต่างๆ จากรูป ประกอบด้วยโหนดการทำงานจำนวน 4 โหนด สมมติว่าโมบายล์เอเจนต์ถูกส่งออกไปทำงานจากโหนด Tgdwls1 โมบายล์เอเจนต์จะต้องมีการวางแผนในการย้ายการทำงานโดยอาศัยข้อมูลในการเดินทาง (Traveling Times) เวลาในการทำงานในแต่ละโหนด (Computation Time) ความน่าจะเป็นของงานที่สำเร็จ (Probability) ซึ่งเวลาที่ใช้ในการย้ายการทำงานของโมบายล์

เอเจนต์ทั้งหมดในเดินทาง (Tour) เช่น เวลาที่ย้ายการทำงานจาก Tgdwls1, Temple-doom, Lost-ask, Bald ตามลำดับจะเรียกว่าเวลาที่คาดหวังรวม (Total Expected Time) (Moizumi, 1998) แต่ในการทำงานบนเครือข่ายจริงของโมบายล์เอเจนต์นอกจากปัจจัยดังกล่าวแล้ว ยังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการย้ายการทำงานได้ ซึ่งโดยปกติโมบายล์เอเจนต์จะได้รับข้อมูล (Information) ก่อนออกไปทำงาน แต่หากเมื่อออกไปทำงานแล้วเกิดปัญหาเครือข่ายไม่สามารถให้บริการได้ หรือพบปัญหาที่ต้องเปลี่ยนเส้นทางกระทันหันอาจส่งผลกระทบต่อการทำงาน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการวางแผนที่ดีให้กับโมบายล์เอเจนต์

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ผู้วิจัยได้แสดงให้เห็นถึงปัญหาของการหาเส้นทางของโมบายล์เอเจนต์ โดยข้อมูลที่นำมาพิจารณานั้นเป็นข้อมูลเกี่ยวกับเครือข่าย เช่น ค่าเวลาที่ทำการย้ายการทำงานจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง ค่าเวลาหน่วงที่เกิดขึ้น ณ โหนดใด ๆ ค่าความน่าจะเป็นของงานที่จะทำสำเร็จ รวมไปถึงถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจของโมบายล์เอเจนต์ และในการวัดประสิทธิภาพของเส้นทางที่เหมาะสมนั้น ใช้การวัดจากผลรวมของเวลาทั้งหมดในการเคลื่อนที่ซึ่งรวมเวลาหน่วงที่เกิดขึ้นด้วย โดยมีเป้าหมายที่ค่าต่ำสุด ซึ่งจะนำไปใช้ในการวางแผนการหาเส้นทางของโมบายล์เอเจนต์ที่เหมาะสม

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 การศึกษาการวางแผนย้ายแหล่งทำงานโดยใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดแบบปรับปรุง

1. เพื่อศึกษาตัววัดสำหรับการตัดสินใจในการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์
2. เพื่อปรับปรุงขั้นตอนวิธีในการหาเส้นทางของโมบายล์เอเจนต์ในการแก้ปัญหาการวางแผนย้ายแหล่งทำงาน โดยปรับปรุงขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด
3. เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำแนวความคิดที่นำเสนอ ไปศึกษาเพื่อทำการพัฒนาหรือประยุกต์ในงานวิจัยของตนเองต่อไป

1.2.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนย้ายแหล่งทำงาน โดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง

1. เพื่อศึกษาและนำเสนอขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าเพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์
2. เพื่อปรับปรุงขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า สำหรับนำไปใช้ในการวางแผนย้ายแหล่งทำงานให้โมบายล์เอเจนต์
3. เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำวิธีที่นำเสนอ ไปประยุกต์หรือพัฒนาในงานวิจัยของตนเองต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาและพัฒนาวิธีการหาเส้นทางรวมถึงตัววัดในการตัดสินใจเพื่อใช้ในการวางแผนการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 การทดลองโดยใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดแบบปรับปรุง และกลุ่มที่ 2 การทดลองโดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง โดยมีขอบเขตดังต่อไปนี้

1.3.1 การศึกษาการวางแผนย้ายแหล่งทำงานโดยใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดแบบปรับปรุง

1. เก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ เช่น ค่าเวลาในการประมวลผล ค่าเวลาหน่วง ค่าความน่าจะเป็น รวมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวิเคราะห์ประกอบการพัฒนาและปรับปรุงขั้นตอนวิธีในการหาเส้นทางการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ให้ดีขึ้น
2. ทำการสร้างโมบายล์เอเจนต์เพื่อใช้ในการหาเส้นทางการย้ายแหล่งทำงานด้วยวิธีอาณานิคมมดแบบปรับปรุง
3. ทดสอบผลการทำงานของโมบายล์เอเจนต์บนสภาพแวดล้อมที่จำลองขึ้น

1.3.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนย้ายแหล่งทำงาน โดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง

1. เปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของข้อมูลของโมบายล์เอเจนต์และข้อมูลการเดินทางของเซลส์แมนสำหรับการวางแผนย้ายแหล่งทำงาน มีลักษณะเป็นกราฟสมบูรณ์
2. กำหนดการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ไม่ให้กลับมาประมวลผลยังเครื่องเซิร์ฟเวอร์เดิม
3. ทำการสร้างโมบายล์เอเจนต์เพื่อใช้ในการหาเส้นทางการย้ายแหล่งทำงานด้วยวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง
4. ทดสอบผลการทำงานด้วยข้อมูลทดสอบจากปัญหาการเดินทางของเซลส์แมน โดยมีทั้งหมด 4 ชุด ได้แก่ p01, gr17, fri26 และ dantzig42 โดยแต่ละชุดมีจำนวนโหนดทั้งหมด 15, 17, 26 และ 42 โหนด ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบผลกับวิธีอาณานิคมมด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ขั้นตอนวิธีการหาเส้นทางที่เป็นไปได้ เพื่อนำไปใช้ในการวางแผนการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ โดยอาศัยเทคนิคในการจัดกลุ่มข้อมูล และการรู้จำ โดยนำข้อมูลและปัจจัยเครือข่ายอื่นมาร่วมในการตัดสินใจหาเส้นทางที่เป็นไปได้
2. สามารถนำแนวคิดไปพัฒนาระบบงานบนเครือข่าย และวางแผนการทำงานเพื่อเป็นการลดค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนและเวลาให้น้อยลง และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน
3. ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอจะสามารถใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาขั้นสูงต่อไป

1.5 ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ดำเนินการวิจัยแบบ 2 ปีต่อเนื่อง (ปีงบประมาณ 2554-2555)

แผนการดำเนินงานปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2554-2555)

แผนการดำเนินงานวิจัย	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
การจัดเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์และวัสดุวิจัย	⇨											
การศึกษาการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ รวมถึงการเก็บรวมรวมข้อมูลที่ใช้	→	→	→	→	→	→						
การจัดทำรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1							⇨					
วิเคราะห์ ข้อมูล ศึกษาขั้นตอนวิธีในการวางแผนการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์							→	→	→	→	→	→
การจัดทำรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2												⇨

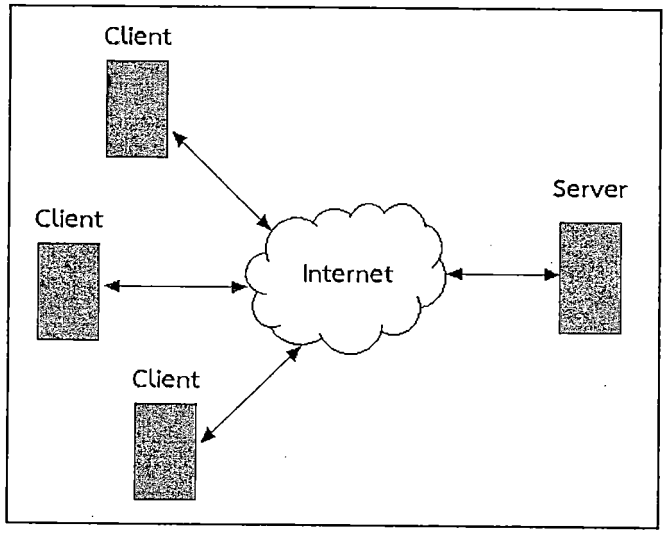
แผนการดำเนินงานปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2555-2556)

แผนการดำเนินงานวิจัย	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาใช้ในการวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์	→	→	→	→	→	→						
การจัดทำรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3							⇨					
พัฒนา ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข							→	→	→	→	→	→
จัดส่งรายงาน												⇨

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โมบายล์เอเจนต์

การประมวลผลแบบรวมศูนย์ (Centralized Processing) (รูปที่ 2-1) เป็นการประมวลผลโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ทำหน้าที่ทั้งเพื่อการประมวลผลหลัก การเก็บและเรียกใช้ข้อมูล การควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ถูกดำเนินการด้วยเซิร์ฟเวอร์หลักเพียงเครื่องเดียวซึ่งต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และถ้าเซิร์ฟเวอร์นั้นต้องรับภาระการทำงานมากขึ้น เช่น มีจำนวนผู้ใช้งานมากขึ้น หรือมีโปรแกรมทำงานพร้อมกันอยู่หลายโปรแกรมทำให้เกิดความล่าช้าในการให้บริการ หรือเกิดปัญหาความคับคั่งของข้อมูลบนเครือข่ายได้ ดังนั้นการประมวลผลแบบกระจาย (Distributed Processing) จึงเป็นรูปแบบที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว



รูปที่ 2-1 การประมวลผลแบบศูนย์รวม (Centralized Processing)

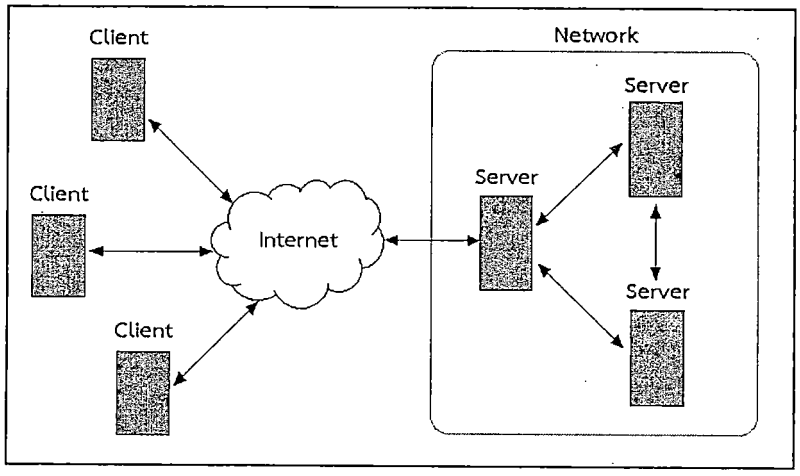
นิยามของโมบายล์เอเจนต์

เอเจนต์มีคำนิยามไว้หลายความหมายด้วยกัน เช่น

Wooldridge (1997) ได้ให้คำนิยามว่า “เอเจนต์เป็นโปรแกรมที่สมบูรณ์ในตัวเอง โดยรวมเอาการควบคุมการตัดสินใจเกี่ยวกับการกระทำ โดยดูจากวัตถุประสงค์ ซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนสิ่งแวดล้อมของตนเอง”

Jennings และ Wooldridge (1995) ได้ให้คำนิยามว่า "เอเจนต์เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่ถูกห่อหุ้ม ซึ่งเหมาะกับสภาพแวดล้อมบางอย่าง มีความยืดหยุ่น และการกระทำที่เป็นแบบอัตโนมัติต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้มาจากการออกแบบ"

เทคโนโลยีโมบายล์เอเจนต์เป็นอีกรูปแบบการสื่อสารที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เป็นหนึ่งในรูปแบบการประมวลผลแบบกระจาย (Distributed Processing) (ในรูปที่ 2-2) โมบายล์เอเจนต์ คือ โปรแกรมที่สามารถย้ายการทำงานจากเซิร์ฟเวอร์หนึ่งไปยังอีกเซิร์ฟเวอร์หนึ่ง และยังคงทำงานต่อจากเดิมได้ ซึ่งการย้ายการทำงานไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่มีข้อมูลที่ต้องการ จะช่วยลดแบนด์วิดท์ของเครือข่ายลงได้ เพราะจะถูกส่งเฉพาะโค้ด สถานะ และข้อมูลของโมบายล์เอเจนต์เท่านั้น นอกจากนั้นโมบายล์เอเจนต์ยังสามารถทำงานได้โดยที่ไคลเอนต์ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่ออยู่กับเซิร์ฟเวอร์ที่โมบายล์เอเจนต์ย้ายไปทำงาน และยังสามารถกลับมายังไคลเอนต์เดิมได้เมื่อไคลเอนต์เชื่อมต่อเข้าสู่เครือข่ายอีกครั้ง



รูปที่ 2-2 การประมวลผลแบบกระจาย (Distributed Processing)

2.1.1 โครงสร้างการทำงาน

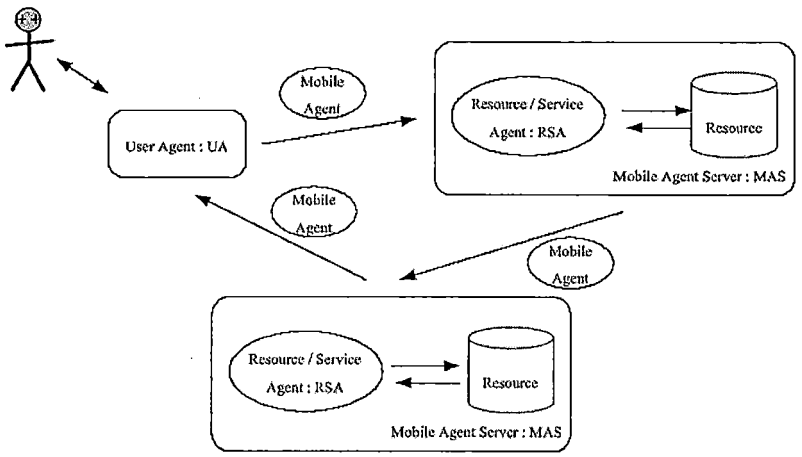
โครงสร้างการทำงานของโมบายล์เอเจนต์โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2-3 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

User Agent (UA) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่างผู้ใช้บริการกับตัวโมบายล์เอเจนต์ โดยเริ่มต้นการทำงานผู้ใช้บริการจะกำหนดลักษณะของข้อมูล และที่ต้องการให้กับ UA และสร้างตัวโมบายล์เอเจนต์ขึ้นมาเพื่อให้สอดคล้องกับสิ่งที่ผู้ใช้บริการต้องการแล้วส่งโมบายล์เอเจนต์ไปประมวลผลยังเซิร์ฟเวอร์ต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ เมื่อเสร็จสิ้นการประมวลผลแล้วโมบายล์เอเจนต์จะกลับมายัง UA โดย UA จะแปลงข้อมูลที่ได้จากโมบายล์เอเจนต์ให้เป็นรูปแบบที่ผู้ใช้บริการต้องการอีกครั้งหนึ่ง

Mobile Agent Server (MAS) ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการติดต่อระหว่าโมบายล์เอเจนต์และ RSA (Service/Resource Agent) โดยหน้าที่สำคัญคือกำหนดสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลให้กับโมบายล์เอเจนต์ เพื่อให้โมบายล์เอเจนต์ได้ใช้ทรัพยากรที่มีได้อย่างคุ้มค่าและเพื่อให้สามารถทำงานร่วมกับ RSA ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Service/Resource Agent (RSA) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการในการประมวลผลของโมบายล์เอเจนต์ ซึ่งส่วนใหญ่คือฐานข้อมูลนั่นเอง โดยจะทำงานควบคู่กับ MAS

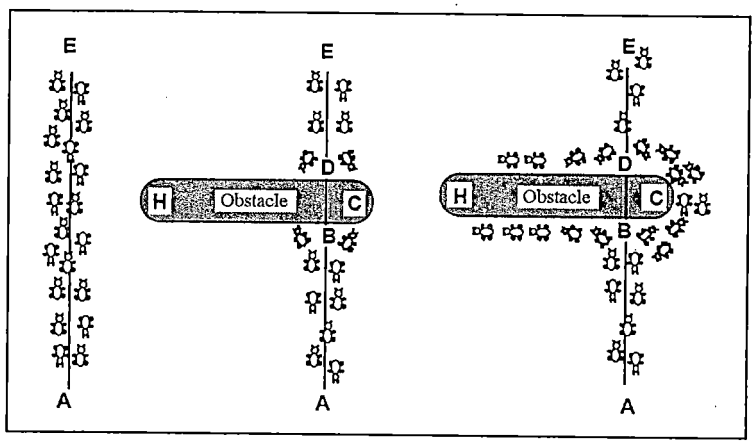
Mobile Agent (MA) โมบายล์เอเจนต์เป็นโค้ดที่ถูกสร้างขึ้นโดยผู้ใช้บริการเพื่อไปประมวลผลที่เซิร์ฟเวอร์ แล้วส่งข้อมูลที่ได้กลับไปยังผู้ใช้บริการ



รูปที่ 2-3 โครงสร้างการทำงานของโมบายล์เอเจนต์

2.2 ขั้นตอนวิธีระบบอาณานิคมมด *(Ant Colony Algorithm)*

ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดเป็นที่นิยมในปัจจุบัน ซึ่งได้รับแรงบันดาลใจมากจากมดจริง โดยการศึกษาพฤติกรรมการหาอาหารของแมลง (Dorigo et al., 1997; Bonabeau et al., 1999) โดยทำการศึกษาพฤติกรรมของมด เริ่มต้นมดจะเดินทางไปยังแหล่งอาหาร เมื่อพบแหล่งอาหาร มดจะขนอาหารกลับรังของมัน ในขณะเดียวกันมดจะทิ้งฟีโรโมน (Pheromone) ไว้ตามทาง เพื่อให้มดตัวอื่นเดินตามเส้นทางที่ไปถึงยังแหล่งอาหาร มดตัวอื่นจะตัดสินใจเลือกเส้นทางที่มีฟีโรโมนทิ้งไว้ หากเส้นทางใดเป็นเส้นทางที่ดี มดจะยิ่งเดินทางไปที่เส้นทางนั้นมากที่สุด ทำให้ฟีโรโมนของเส้นทางนั้นมีความหนาแน่นมากขึ้น และเส้นทางที่มดเดินทางน้อยหรือไม่มีมดเดินทางเลย จะทำให้ฟีโรโมนระเหยไป จนทำให้เส้นทางที่มีฟีโรโมนหนาแน่นกลายเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดไป ดังรูปที่ 2-4 แต่ในขณะเดียวกัน ก็ยังมีมดบางตัวเลือกที่จะเดินไปยังเส้นทางใหม่เพื่อที่ว่าอาจจะได้เส้นทางที่ดีกว่าเก่า



รูปที่ 2-4 พฤติกรรมในการหาอาหารของมด

ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดมีจุดประสงค์ในการค้นหาฟีโรโมนที่เหมาะสมในแต่ละเส้นทาง เพื่อนำฟีโรโมนที่ได้มาใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทาง ในทางปฏิบัติของขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด มดจะคำนวณหาเส้นทางไปทีละโหนด การตัดสินใจเลือกโหนดถัดไปจะขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นของแต่ละเส้นทาง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากกฎการเปลี่ยนสถานะ และจะมีการปรับฟีโรโมนของเส้นทางที่มดเดินผ่านทุกครั้ง ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ กฎการเปลี่ยนสถานะ กฎการปรับฟีโรโมนเฉพาะที่ และกฎการปรับฟีโรโมนวงกว้าง

2.2.1 กฎการเปลี่ยนสถานะ (State Transition Rule)

มดจะมีการเดินทางหรือเปลี่ยนสถานะจากเมืองหนึ่งไปอีกเมืองหนึ่ง โดยอาศัยกฎการเปลี่ยนสถานะ กฎนี้ประกอบไปด้วยสองทางเลือกที่เป็นไปได้ นั่นคือ การเลือกสำรวจเพื่อหาผลเฉลยที่เป็นไปได้ใหม่ (Exploration) หรือการเลือกผลเฉลยโดยอาศัยความรู้เดิมที่มีอยู่ก่อนแล้ว (Exploitation) ให้มด k อยู่ที่ เมือง r เลือกที่จะเปลี่ยนสถานะไปอยู่ที่เมือง s โดย

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

เมื่อ q_0 เป็นตัวเลขสุ่มที่มีการกระจายสม่ำเสมอในช่วงศูนย์ถึงหนึ่ง และเป็นความน่าจะเป็นที่จะเลือกจากความรู้เดิมที่มีอยู่ ($0 \le q_0 \le 1$) β เป็นเลขยกกำลังสำหรับคำนวณผลคูณระหว่างฟีโรโมนกับความใกล้ $\tau(r,u)$ แสดงถึงปริมาณฟีโรโมนบนเส้นทางเดินระหว่างเมือง และ u ส่วน $J_k(r)$ เป็นเซตของเมืองที่มด k ยังไม่เคยเดินทางไปมาก่อน โดยปัจจุบันมดอยู่ที่เมือง r และ s คือ เมืองที่จะถูกเลือก ถ้ามด k ตัดสินใจที่จะทำการสำรวจ ความน่าจะเป็นที่มด k ซึ่งอยู่ที่เมือง r จะเลือกเดินทางไปยังเมือง S ซึ่ง $p_k(r,S)$ ถูกกำหนดโดย

$$p_k(r,S)=\begin{cases}\dfrac{[\tau(r,S)]\cdot[\eta(r,S)]^{\beta}}{\sum_{u\in J_k(r)}[\tau(r,u)]\cdot[\eta(r,u)]^{\beta}} & if\ S\in J_k(r)\\ 0 & other\end{cases} \qquad (2)$$

จากสมการที่ (1) ถ้ามดเลือกที่จะใช้ความรู้เดิมที่ได้รับมาจากมดตัวอื่นๆ มด จะเลือกเดินทางจากเมือง r ไปเมือง s ซึ่งกำหนดได้จากเส้นทางที่ให้ผลคูณระหว่างฟีโรโมนกับความใกล้ที่มีค่ามากที่สุด ในกรณีที่มดเลือกที่จะสำรวจเส้นทางใหม่ จากสมการที่ (2) เส้นทางที่มีผลคูณระหว่างฟีโรโมนกับความใกล้มากเท่าไร ก็มีโอกาสที่จะถูกเลือกมากขึ้นเท่านั้น หลังจากที่มดทำการเปลี่ยนสถานะ มดจะทิ้งฟีโรโมนจำนวนหนึ่งบนเส้นทางที่เดินผ่าน

2.2.2 กฎปรับเปลี่ยนฟีโรโมนเฉพาะที่ (Local Updating Rule)

หลังจากที่มดได้เดินทางจากเมือง r ไปยังเมือง s ระดับฟีโมนบนเส้นทางระหว่างเมือง r และ s จะถูกปรับโดยสมการ

$$\tau(r,s)\leftarrow(1-\rho)\cdot\tau(r,s)+\rho\cdot\Delta\tau(r,s) \qquad ...(3)$$

เมื่อ ρ คือ อัตราการปรับฟีโรโมนเฉพาะที่ ($0 \le \rho \le 1$) และ $\Delta\tau(r,s)=\tau_0$ เป็นแฟคเตอรการปรับฟีโรโมน หรือเป็นปริมาณฟีโรโมนที่จะปรับในแต่ละรอบ

2.2.3 กฎปรับฟีโรโมนวงกว้าง (Global Updating Rule)

เมื่อมดทุกตัวในอาณานิคมได้เดินทางครบรอบโดยผ่านครบทุกเมืองแล้ว เส้นทางที่เดินทางได้สั้นที่สุดจะได้รับปริมาณฟีโรโมนเพิ่มเติมอีก ซึ่งกำหนดจากกฎการ ปรับฟีโรโมนวงกว้างดังสมการ

$$\tau(r,s)\leftarrow(1-\alpha)\cdot\tau(r,s)+\alpha\cdot\Delta\tau(r,s) \qquad ...(4)$$

กฎการปรับฟีโรโมนทั้งแบบเฉพาะที่และวงกว้างมีความคล้ายคลึงกัน มีข้อแตกต่างเพียงอย่างเดียวคือ ถ้าเป็นกฎปรับฟีโรโมนวงกว้าง ภายหลังจากที่ฟีโรโมนของเส้นทางทุกเส้นที่ให้การเดินทางที่สั้นที่สุดมีการระเหยไปจำนวนหนึ่ง เส้นทางเหล่านี้จะได้รับฟีโรโมนเพิ่มขึ้นอีกตามส่วนกลับของความยาวของเส้นทางที่ดีที่สุดจากทุกเส้นทาง

2.3 ขั้นตอนวิธีต้นไม้การตัดสินใจ *(Decision Tree Algorithm)*

Decision Tree เป็นชื่อเรียกทั่วไปของโมเดลที่สร้างในรูปแบบโครงสร้างต้นไม้ โดยมีขั้นตอนวิธีหลายแบบที่นำมาสร้างเป็น Decision Tree ได้ โดยแต่ละขั้นตอนวิธีจะมีโครงสร้างต้นไม้ที่แตกต่างกัน โมเดลขั้นตอนในการสร้าง Decision Tree เพื่อใช้จำแนกข้อมูล มีดังนี้

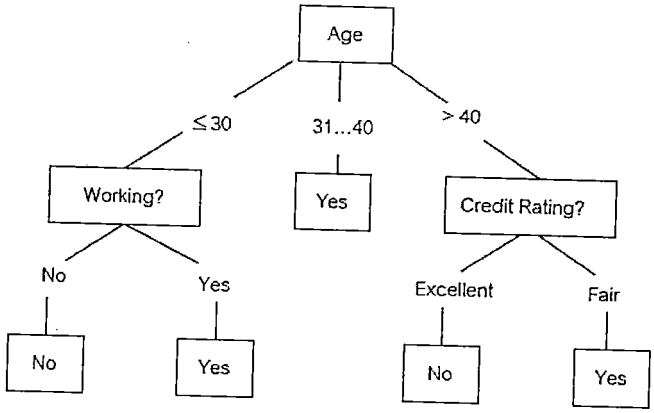
1. เลือกปัจจัยที่ทำหน้าที่เป็น Root Node
2. จาก Root node สร้างเส้นทางเชื่อมไปยังโหนดลูก จำนวนเส้นทางเชื่อมจะเท่ากับจำนวนค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัจจัยที่เป็น Root Node
3. ถ้าโหนดลูกเป็นกลุ่มของข้อมูลที่อยู่ในคลาสเดียวกันทั้งหมดให้หยุดการสร้าง Tree แต่ถ้าโหนดลูกมีข้อมูลของหลายคลาสปะปนกันอยู่ ต้องสร้าง Subtree เพื่อจำแนกข้อมูลต่อไป โดยเลือกปัจจัยมาทำหน้าที่เป็น Root Node ของ Subtree และทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2

ตารางที่ 1 ตัวอย่างข้อมูลในการสร้าง Decision Tree

Age	Income	Working	Credit Rating	Product Y
≤ 30	High	No	Fair	No
≤ 30	High	No	Excellent	No
31 ... 40	High	No	Fair	Yes
> 40	Medium	No	Fair	Yes
> 40	Low	Yes	Fair	Yes
> 40	Low	Yes	Excellent	No
31 ... 40	Low	Yes	Excellent	Yes
≤ 30	Medium	No	Fair	No
≤ 30	Low	Yes	Fair	Yes
> 40	Medium	Yes	Fair	Yes
≤ 30	Medium	Yes	Excellent	Yes
31 ... 40	Medium	No	Excellent	Yes
31 ... 40	High	Yes	Fair	Yes
> 40	Medium	No	Excellent	No

จากตารางมี Class labels (Product Y) กำหนดไว้ 2 ค่า คือ Yes, No และ สิ่งที่นำมาพิจารณาคือ อายุ รายได้ การทำงาน และเครดิต โดย

- อายุ แบ่งออกไว้ 3 ค่า คือ อายุน้อยกว่า 30 อายุระหว่าง 31 ถึง 40 และอายุ 40 ปีขึ้นไป
- รายได้ แบ่งออกได้ 3 ค่า คือ High, Medium และ Low
- การทำงาน แบ่งออกได้ 2 ค่า คือ Yes, No
- เครดิต แบ่งออกได้ 2 ค่า คือ Fair, Excellent



รูปที่ 2-5 แสดงตัวอย่าง Decision Tree for "Product Y"

จากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นได้ว่า มีการใช้อายุเป็นตัวแบ่งกลุ่มเริ่มต้น แล้วตามด้วยสถานะของการมีงานทำ หรือ สถานะการได้รับเครดิต การใช้ตัวแบ่งแตกต่างกันไป ก็จะได้โครงสร้างที่แตกต่างกันด้วย ทำให้เกิดขั้นตอนวิธีต่างๆ กันไป

2.4 *Support Vector Machines (SVM)*

Support Vector Machine หรือ SVM จุดมุงหมายที่สำคัญของแนวคิด SVM คือ การหาเส้นแบ่ง Hyperplane ซึ่งใชแบงขอมูลออกเป็นคลาสเพื่อให้ได้ผลลัพธที่ดี โดยพิจารณาจากสมการเสนตรง Hyper plane และ SVM จะทำการคนหาจุดของขอมูลที่ อยูใกลเสนแบง Hyperplane ซึ่งจุดนั้นเรียกวา "Support Vector" มีหลักการดังนี้

1. นำข้อมูลคำนวณหาค่า y ซึ่งค่า $y \in \{-1,1\}$ จากสมการ

$$y = w^T x + b \qquad \text{...(5)}$$

2. คำนวณหาเส้นแบ่ง ซึ่งเรียกว่าเส้น Optimal Hyperplane จากสมการ

$$w^T x + b = 0 \qquad \text{...(6)}$$

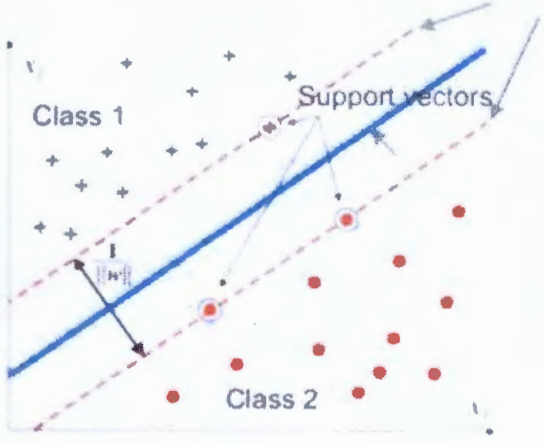
3. ระยะทาง (d) หรือ maximum margin จากเส้นขอบ ณ จุด x_i ไปยัง hyperplane แสดงดังสมการ

$$d = \frac{|w^T x_i + b|}{\|w\|} \quad \text{...(7)}$$

เมื่อ w คือ เวกเตอร์น้ำหนัก (Weight Vector)

x_i คือ Input

b คือ ค่าคงที่ที่กำหนดขึ้นเพื่อให้เหมาะสมกับการจัดกลุ่ม



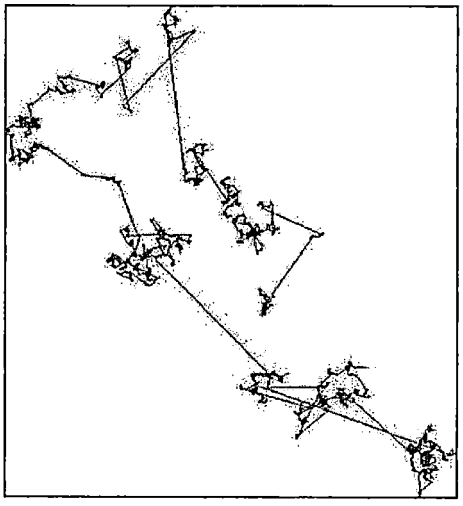
รูปที่ 2-6 การแบ่งกลุ่มข้อมูลโดย Support Vector Machines

4. เลือกจุดที่อยู่ใกล้เส้นตรง Optimal Hyperplane ทั้งเหนือเส้นซึ่งเรียกว่า "ขอบล่าง" ซึ่งเป็น ขอบล่างสุดของ class ข้อมูลที่อยู่เหนือเส้นตรง Optimal Hyperplane และใต้เส้นเรียกว่า "ขอบบน" ซึ่งเป็นขอบบนสุดของ class ข้อมูลที่อยู่ใต้เส้นตรง Optimal Hyperplane เพื่อหาระยะทางระหว่างเส้นขอบทั้งสองโดยจะเลือกเอาค่าระยะทางที่ห่างจากเส้นตรง Optimal Hyperplane ที่น้อยสุดเป็นตัวเลือกในการจัดกลุ่มเอกสาร

2.5 *Cuckoo Search Algorithm (CS)*

ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าเป็นหนึ่งในขั้นตอนวิธีที่เลียนแบบพฤติกรรมของสัตว์เช่นเดียวกับขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด ขั้นตอนวิธีนี้ได้รับแรงบันดาลใจมาจากวิธีการวางไข่ของนกดุเหว่า

(Xin-She Yang et al., 2009) โดยธรรมชาตินกดุเหว่าจะไม่วางไข่ในรังของตัวเอง แต่นกดุเหว่ามักจะค้นหาและแอบนำไข่ไปวางที่รังของนกอีกาในขณะที่อีกาออกหาอาหาร ไข่ของนกดุเหว่าที่ถูกแอบนำมาวางนั้นจะปะปนอยู่กับไข่ของอีกมา เมื่ออีกากลับมาจากการหาอาหาร ทำให้มีโอกาสที่อีกาจะพบไข่แปลกปลอมและตรวจจับได้ ซึ่งในกรณีนี้นกอีกาจะทำการกำจัดไข่ของนกดุเหว่าทิ้ง แต่ถ้านกอีกาตรวจจับไม่ได้ จะทำให้ไข่ของนกดุเหว่าอยู่รอดต่อไป โดยปกติลูกนกดุเหว่าฟักไข่ออกมาเร็วกว่าลูกนกอีกา ทำให้ลูกนกดุเหว่าที่เกิดก่อนจะไปทำลายไข่ใบอื่นของนกอีกา หรือถ้าในกรณีที่ลูกนกอีกาเกิดก่อนนกดุเหว่าก็แย่งอาหารจากลูกนกอีกา เนื่องจากลูกนกดุเหว่ามีขนาดตัวที่ใหญ่กว่าลูกนกอีกามาก ทำให้ลูกนกอีกาอดอาหารตาย หลังจากนั้นลูกนกดุเหว่าจะเจริญเติบโตอยู่ภายในรังนกอีกา และเมื่อถึงเวลาวางไข่นกดุเหว่าก็จะบินออกไปค้นหารังใหม่ที่เหมาะสมต่อไป



รูปที่ 2-7 การสุ่มคำตอบแบบ *Lévy flight*

ในการที่นกดุเหว่าจะค้นหารังใหม่ที่เหมาะสมเพื่อที่จะออกไข่นั้น ในทางปฏิบัติจะใช้หลักการในการค้นหาแบบ *Lévy Fight* ซึ่งเป็นรูปแบบการเดินสุ่ม (Random Walking) รูปแบบหนึ่ง เป็นการค้นหาคำตอบที่จะทำให้เกิดการกระจายการหาคำตอบออกไปได้มาก ดังรูปที่ 2-7 ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาค่าต่ำสุดเฉพาะที่ได้ (Local Minimum Problem) โดยที่สมการของ *Lévy Flight* มีดังนี้

$$\sigma_u = \left\{ \frac{\Gamma(1+\beta)\sin\left(\frac{\pi\beta}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{1+\beta}{2}\right)\beta 2^{(\beta-1)/2}} \right\}^{1/\beta} \qquad ...(8)$$

โดยที่ Γ คือฟังก์ชันแกมมา เป็นส่วนขยายของฟังก์ชันแฟกเทอเรียลของจำนวนเชิงซ้อน และ β คือ ตัวแปรที่ควบคุมการกระจายคำตอบของ *Lévy Flight* โดยมีค่าตั้งแต่ 0 จนถึง 2 และ σ_u คือ ค่าการกระจายคำตอบ

จากนั้น จะทำการสุ่มค่า u และ v ซึ่ง $u \sim N(0,\sigma_u^2)$ และ $v \sim N(0,1)$ โดยที่ $N(0,\sigma_u^2)$ หมายถึง การกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) โดยมี ค่ากลางคือ 0 และมีความแปรปรวน คือ σ_u^2 หลังจากนั้นนำค่าดังกล่าวมาคำนวณหาระยะการเดินสุ่ม โดยใช้ขั้นตอนวิธีของแมนเทกนา (Mantegna's Algorithm) ได้ดังสมการที่ 9

$$S = \frac{u}{|v|^{1/\beta}} \qquad ...(9)$$

สำหรับขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนำนกดุเหว่านั้นมีหลักการ แนวคิด และขั้นตอน คล้ายกับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) สร้างนกดุเหว่าหรือคำตอบของปัญหา (Solution) จำนวน n ชุด $X_i (i = 1,2,...,n)$ เมื่อ X_i หมายถึง นกดุเหว่าตัวที่ i และคำนวณหาค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบแต่ละชุด $f(X_i), X_i = (x_1, x_2,..., x_d)^T$ โดย x_d หมายถึง ไข่ใบที่ d และค่าวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุดไว้

2) ตรวจสอบว่าครบจำนวนรอบที่กำหนดไว้หรือถึงเกณฑ์ในการหยุดการเรียนรู้แล้วหรือไม่ ถ้ายังให้ทำตามขั้นตอนที่ 3 แต่ถ้าใช่ ผลลัพธ์ของคำตอบสุดท้ายคือคำตอบที่ดีที่สุดของขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุหว่า

3) ค้นหารังใหม่หรือสร้างคำตอบชุดใหม่โดยใช้หลักการของ *Lévy Flight* ได้จากสมการที่ 8 และ 9

4) คำนวณหาค่าวัตถุประสงค์จากคำตอบชุดใหม่ที่ดีที่สุด

5) ถ้าค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบชุดใหม่ดีกว่าค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบชุดเก่า จะทำการแทนที่ค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบชุดเก่าด้วยค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบชุดใหม่

6) ทำลายไข่ที่มีค่าความน่าจะเป็นที่เกิดจากการสุ่มน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นที่ไข่จะถูกทำลาย p_a โดย ค่าความน่าจะเป็น p_a คือค่าคงที่ที่ถูกกำหนดไว้ หลังจากนั้นทำการสร้างไข่ใบใหม่ขึ้นมาแทนที่ใบเก่าที่ถูกทำลายโดยการสุ่ม

7) เรียงลำดับผลลัพธ์ และเก็บคำตอบที่ดีที่สุด

8) วนกลับไปทำขั้นตอนที่ 2

2.6 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (*Information*) ที่เกี่ยวข้อง

Ali และคณะ (2007) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง Optimizing Mobile Agents Migration Based on Decision Tree Learning โดยศึกษาเคลื่อนที่ของโมบายล์เอเจนต์บนพื้นฐานของต้นไม้การตัดสินใจ (Decision Tree) ภายใต้ข้อมูลการจราจรบนเครือข่าย (Network Traffic) ที่เกิดขึ้น ซึ่งทำการวิเคราะห์โดยการจัดกลุ่มข้อมูลการจราจรบนเครือข่ายโดยการใช้ Naïve Bayes และการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีในการเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree Learning Algorithm) ในการตัดสินใจของโมบายล์เอเจนต์ในการเคลื่อนที่เพื่อให้ได้เส้นทางที่ดีที่สุดจากโหนดหนึ่งไปยังโหนดหนึ่ง พบว่า เมื่อจำนวนของโหนดและเอเจนต์มีขนาดเล็ก ประสิทธิภาพในการทำงานของแบบ OSFP ดีกว่าวิธีที่นำเสนอ แต่เมื่อจำนวนของโหนดและเอเจนต์เพิ่มมากขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงานของวิธีที่นำเสนอ ดีกว่าแบบ OSFP

Ma และคณะ (2008) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง Solution to Traveling Agent Problem Based on Improved Ant Colony Algorithm โดยได้นำแนวคิดมาจากมาจาก Basic Ant Algorithm ซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีที่เลียนแบบมาจากพฤติกรรมการออกหาอาหารของมด ซึ่งได้ปรับปรุงให้ดีขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการเดินทางของเอเจนต์ ซึ่งได้กำหนดกฎในการปรับปรุงฟีโรโมน และจากพฤติกรรมของมดที่นำมาใช้ในการหาเส้นทางของโมบายล์เอเจนต์ เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งการสะสมของฟีโรโมนจะมีปริมาณมากในเส้นทางเดียว ดังนั้นจึงนำมาสู่สภาวะการหยุดนนิ่ง ทำให้เกิด ปัญหาโลคอลมินนิมัม (Local Minimum) ขึ้น ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้นำ Mutation Operator มาใช้ในเพื่อแก้ปัญหานี้ด้วย

Zhang และคณะ (2007) ได้นำเสนองานวิจัยเรื่อง An Improved Migration Strategy of Mobile Agent ได้นำเอา Support Vector Machine (SVM) มาใช้ในการปรับปรุงกลยุทธ์ในการย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ ซึ่งโดยทั่วไปในการตัดสินใจย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ โดยส่วนใหญ่จะพิจารณาปัจจัยทางด้านซอฟต์แวร์ แต่งานวิจัยนี้ได้นำเอาปัจจัยทางด้านฮาร์ดแวร์มาร่วมในการพิจารณาด้วย ซึ่งวิธีการที่นำเสนอจะนำเก็บรวบรวมข้อมูลในการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ตามโฮสต์ต่างๆ ซึ่งข้อมูลรวมไปถึงพารามิเตอร์ทางด้านฮาร์ดแวร์ และเวลาในการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ด้วย และปัญหาที่พบเป็นแบบ Multi-Classification Pattern Recognition Problem และใช้ SVM ในการแก้ปัญหาและเลือกโฮสต์ในการทำงานให้กับโมบายล์เอเจนต์

Xin-She Yang และ Suash Deb (2009) นำเสนอบทความเรื่อง Cuckoo Search via *Lévy Flight* โดยในบทความกล่าวว่า คณะผู้วิจัยได้นำเสนอขั้นตอนวิธีที่เลียนแบบพฤติกรรมการวางไข่ของนกดุเหว่าที่ชื่อว่าขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า โดยขั้นตอนวิธีนี้มีขั้นตอนสำคัญได้แก่ การค้นหารังใหม่ที่เหมาะสมโดยใช้วิธี *Lévy Flight* ซึ่งเป็นการเดินสุ่ม (Random Walking) รูปแบบหนึ่ง เพื่อที่จะทำให้ค้นหาคำตอบได้กระจายมากขึ้น จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธี Cuckoo Search

via *Lévy Flight* เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำมาแก้ไขปัญหาการหาค่าเหมาะสมวงกว้าง (Global Optimization)

De-yu Zhang and Zhi-guo Liu (2010) นำเสนอบทความเรื่อง Study on Improved Algorithm for Mobile Agent Migration Path โดยในบทความได้กล่าวว่า ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการวางแผนย้างแหล่งการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ด้วยขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดที่ผ่านการพัฒนาแล้ว ซึ่งจะประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ การเก็บรวบรวมข้อมูลสถานะของเครือข่าย ซึ่งจะใช้วิธีเชิงน้ำท่วม (Flooding Mechanism) การพัฒนาให้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดให้ดำเนินการแบบเวลาจริง (Real Time) และความสามารถในการปรับตัวเองได้ และนำขั้นตอนวิธีที่นำเสนอมาเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดแบบดั้งเดิม จากผลลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดแบบดั้งเดิมทั้งในด้านอัตราความถูกต้องและเวลาในการประมวลผล

Ehsan Valian และคณะ (2011) นำเสนอบทความเรื่อง Improved Cuckoo Search Algorithm for Feedforward Neural Network Training โดยในบทความได้กล่าวว่า โดยปกติพารามิเตอร์ในขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าจะมีค่าคงที่ ดังนั้นจึงทำให้ขั้นตอนวิธีนี้มีประสิทธิภาพลดลง ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีปรับพารามิเตอร์โดยอัตโนมัติให้กับขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า ในการทดลองจะนำขั้นตอนวิธีที่นำเสนอและขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบดั้งเดิมมาทำการเรียนรู้เพื่อค้นหาน้ำหนักของโครงข่ายประสารเทียมแบบไหลไปข้างหน้า (Feedforward Neural Network) เพื่อที่จะนำไปใช้ในการจำแนกกลุ่ม โดยมีชุดข้อมูลทดสอบ 2 ชุด ได้แก่ Breast Cancer Dataset และ Iris Dataset และนำขั้นตอนวิธีที่ผ่านการปรับปรุงแล้วมาเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบดั้งเดิม จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

Masayuki Higashino และคณะ (2012) นำเสนอบทความเรื่อง Mobile Agent Migration Based on Code Caching [16] โดยในบทความกล่าวว่า ผู้วิจัยได้นำเสนอกลยุทธ์ในการเพิ่มความเร็วในการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ด้วยการสร้างแคช (Cache) ไว้ในเครื่องเซิร์ฟเวอร์ และนำกลยุทธ์ดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับเครือข่ายที่ไม่ได้ใช้แคช และเครือข่ายที่เป็นระบบประมวลผลแบบรวมศูนย์ จากผลลการทดสองแสดงให้เห็นว่า กลยุทธ์ที่นำเสนอสามารถลดความเวลาในการย้ายแหล่งการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ได้ถึง 52% และกลยุทธ์ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนี้มีความเป็นอิสระจากวิธีทั่วๆ ไป ที่มุ่งเน้นไปที่การลดจำนวนการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ จึงสามารถนำวิธีนี้ไปใช้ร่วมกับวิธีอื่นๆ ได้อีกด้วย

Milan Tuba และคณะ นำเสนอบทความเรื่อง Modified Cuckoo Search Algorithm for Unconstrained Optimization Problems (2011) โดยในบทความได้กล่าวว่า ผู้วิจัยได้นำเสนอ

ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าที่ผ่านการปรับปรุงมาใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าที่ดีที่สุดแบบไม่จำกัด (Unconstrained Optimization Problem) โดยจะมีการปรับปรุงวิธีการคำนวณหาระยะในการค้นหาคำตอบ และนำขั้นตอนวิธีที่นำเสนอมาเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีแบบดั้งเดิม โดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบมาตรฐานทั้งหมด 8 ชุด ได้แก่ Ackley, Dixon and Price, Griewank, Penalized, Rastrigin, Schwefel, Sphere และ Step จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ขั้นตอนวิธีที่ผู้วิจัยนำเสนอสามารถค้นหาคำตอบได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบดั้งเดิม

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

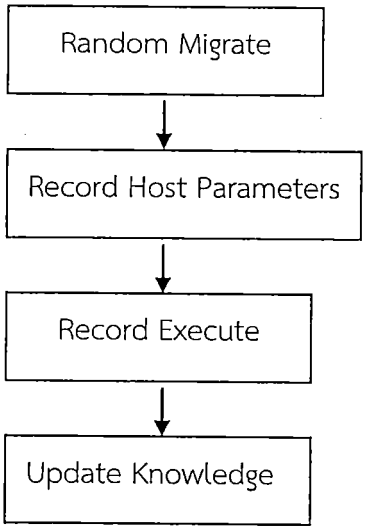
ในการพัฒนาการทำงานบนระบบเครือข่ายเป็นการยากที่จะทำการพัฒนาบนระบบเครือข่ายตามสภาพแวดล้อมจริง อันเนื่องจากข้อจำกัดในเรื่องของความสิ้นเปลืองในการใช้ทรัพยากร และเวลาในการทำงาน ดังนั้นการจำลองสภาพแวดล้อมในการทำงานของเครือข่ายจึงถูกนำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ ซึ่งในปัจจุบันโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้มีหลายโปรแกรม เช่น OMNeT++, IBM Aglets, NS2 และขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยมีดังต่อไปนี้

วิธีการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 การวิจัย ได้แก่ การวิจัยที่ 1 เป็นการศึกษาขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด ต้นไม้ตัดสินใจ และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เพื่อใช้ในการตัดสินใจการเลือกเส้นทางให้กับโมบายล์เอเจนต์ และการวิจัยที่ 2 เป็นการพัฒนาขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาเส้นทางให้กับโมบายล์เอเจนต์

3.1 การศึกษาขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด ต้นไม้ตัดสินใจ และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน

3.1.1 กระบวนการเก็บรวมรวมข้อมูล (Data Collection Process)

เป็นกระบวนการเก็บรวมรวมข้อมูลจากประสบการณ์การทำงานของโมบายล์เอเจนต์ โดยจะทำการสุ่มโหนดให้โมบายล์เอเจนต์ออกไปทำงาน และเก็บข้อมูลที่ได้จากการทำงานเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการวิเคราะห์ และใช้เป็นข้อมูลประกอบการวางแผนการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ ตัวอย่างข้อมูลที่ทำการเก็บรวบรวม เช่น ข้อมูลทางด้านฮาร์ดแวร์ เวลาในการทำงาน เวลาหน่วง ดังแสดงในรูปที่ 3-1



รูปที่ 3-1 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

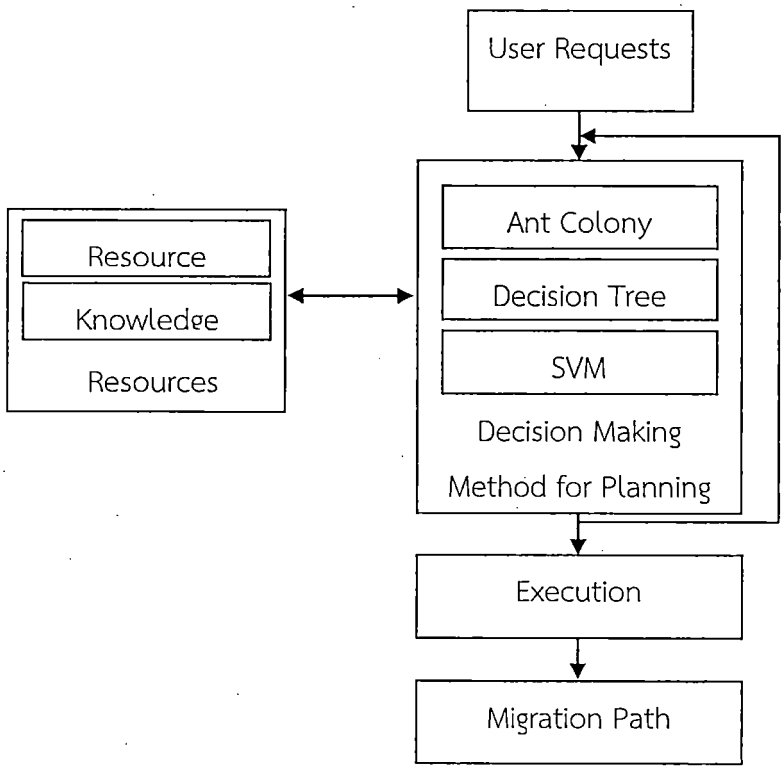
ในการเก็บข้อมูลนี้ได้ทำการออกแบบเอเจนต์ตามลักษณะการทำงานเป็น 3 เอเจนต์ ดังนี้

1. **AgentService** : ที่เซิร์ฟเวอร์โหนด (Server Node), AgentService จะทำการอ่านค่าข้อมูลเกี่ยวกับโหนดที่เอเจนต์ต้องใช้ในการทำงาน เช่น ที่อยู่ของโหนด เส้นทาง จำนวนรอบในการทำงาน จากนั้นจะมอบข้อมูลเหล่านี้ให้กับ AgentForward ซึ่งจะถูกสร้างขึ้นมาในขั้นตอนนี้ เพื่อใช้ในการทำงานต่อไป
2. **AgentForward** : หลังจาก AgentForward ได้รับข้อมูลจาก AgentService แล้วจะถูกส่งออกไปทำงานตามโหนด (Remote Nodes) ต่างๆ เมื่อ AgentForward เดินทางมาถึงโหนดจะทำการสร้าง AgentGetnfo ขึ้นมาเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโฮสต์ของโหนดนั้นๆ ให้กับ AgentForward จากนั้น AgentForward จะย้ายตัวเองไปยังโหนดต่อไปและทำตามขั้นตอนเดิมจนกว่าจะเดินทางครบทุกโหนดในเส้นทางที่กำหนด และจะกลับไปที่เซิร์ฟเวอร์โหนดและปรับปรุงข้อมูลใน Knowledge Library
3. **AgentGetInfo**: ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลบนโหนดที่ AgentForward ทำงาน

3.1.2 กระบวนการตัดสินใจ (Decision Making Process)

เป็นกระบวนการเลือกวิธีในการวางแผนการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ ซึ่งรูปที่ 5 แสดงการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ในการวางแผนย้ายแหล่งทำงาน โดยอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้ เริ่มต้นผู้ใช้จะกำหนดความต้องการในการใช้งานให้กับโมบายล์เอเจนต์ จากนั้นโมบายล์เอเจนต์จะทำการกำหนดแผนการย้ายแหล่งทำงานเพื่อให้ได้ผลตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยอาศัยข้อมูลจาก Resources

Manager มาทำการตัดสินใจร่วมกับตัววัดสำหรับการตัดสินใจที่ทำการศึกษาในงานวิจัยนี้ รวมถึงวิธีการที่ใช้ในการวางแผนที่ปรับปรุงขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการวางแผนบนพื้นฐานของขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm) ต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) และซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine : SVM)



รูปที่ 3-2 การทำงานของโมบายล์เอเจนต์ในการวางแผนย้ายแหล่งทำงาน

3.1.3 ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm)

ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm) ได้ถูกนำมามาประยุกต์ใช้ในการหาเส้นทางของโมบายล์เอเจนต์ในงานวิจัยนี้ โดยมีรากฐานมาจากการศึกษาพฤติกรรมการออกหาอาหารของมด โดยมีกฎในการทำงาน 3 กฎดังนี้

1) กฎในการเปลี่ยนสถานะ

เลือกโหนดในการประมวลผลโดยมดหรือโมบายล์เอเจนต์จะทำการเลือกโหนดที่จะย้ายการทำงาน โดยเป้าหมายคือต้องใช้เวลาในการทำงานต่ำ โดยจะเลือกจากกฎในการเปลี่ยนสถานะ ซึ่งได้ทำการปรับปรุงให้สอดคล้องกับการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ โดยใช้หลักความน่าจะเป็น (Probability)

2) กฎในการปรับปรุงฟีโรโมนในท้องถิ่น

เนื่องจากมดเมื่อทำการเดินทางจากรังไปยังแหล่งอาหารจะมีการทิ้งร่องรอยโดยการปล่อยสารเคมีหรือที่เรียกว่าฟีโรโมนตามเส้นทางที่ผ่าน มดตัวที่ตามมาจะเดินตามทางที่มีฟีโรโมนสูงนั่นหมายถึงจะเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด ดังนั้นเมื่อผ่านเส้นทางใดก็จะทำการปรับปรุงฟีโรโมนบนเส้นทางนั้น

3) กฎในการปรับปรุงฟีโรโมนในวงกว้าง

เมื่อมดแต่ละตัวเดินทางครบรอบแล้ว จะต้องมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลเวลาที่ได้ของมดแต่ละตัวในเส้นทางที่ไป ดังนั้นจะพบว่ามีทั้งเส้นทางที่ดีและเส้นทางที่ไม่ดีจึงจำเป็นต้องทำให้เส้นทางเหล่านั้นมีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัดขึ้น

3.1.4 การทำมิวเตชั่น (Mutation Operation)

ในการทำงานของขั้นตอนวิธีที่ประยุกต์มาจากพฤติกรรมการหาอาหารของมดนั้น เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งเส้นทางที่ถูกเลือกจะถูกลดลงเนื่องจากมดจะเดินตามเส้นทางที่มีฟีโรโมนหนาแน่น ทำให้โอกาสในการค้นหาคำตอบอื่นลดน้อยลง ดังนั้นการทำมิวเตชั่นจึงเป็นขั้นตอนที่ช่วยให้มีการค้นหาคำตอบอื่นซึ่งอาจดีกว่าคำตอบที่พบในปัจจุบัน

3.1.5 กระบวนการย้ายแหล่งทำงาน (Migration Process)

เมื่อโมบายล์เอเจนต์ได้วิธีการในการวางแผนการย้ายแหล่งทำงานแล้ว จะทำการประมวลผลและทำงานตามแผนต่อไป และหากพบว่าเหตุการณ์หรือสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไป โมบายล์เอเจนต์สามารถปรับวิธีการย้ายแหล่งทำงานเป็นแบบอื่นที่เหมาะกับสภาพแวดล้อม ณ ขณะนั้นได้

3.2 การเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนย้ายแหล่งทำงาน โดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง *(Improved Migration Planning using Cuckoo Search Algorithm)*

การวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์จะถูกเพิ่มประสิทธิภาพโดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า ซึ่งมีรหัสเทียม (Pseudo Code) ดังรูปที่ 3-3 โดยบทความนี้จะแบ่งขั้นตอนสำคัญออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การออกแบบคำตอบของปัญหา การค้นหารังใหม่ และการทำลายไข่และสร้างไข่ใบใหม่

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131


```
CS do
   initParameter();
   bird = initSolution();
   bestbird, bird = getBestBird(bird, bird);
   while ( t<max ) do
      new_bird = getNewNest(bird,bestbird);
      best, bird = getBestBird(bird, new_bird);
      new_bird = destroyEgg(new_bird, best);
      best, bird = getBestBird(bird, new_bird);
      if ( objFunc(best)<objFunc(bestbird) ) do
         bestbird = best;
      end
      t = t+1;
   end
   return bestbird;
end
```

รูปที่ 3-3 รหัสเทียมของขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า

3.2.1 การออกแบบคำตอบ

การออกแบบคำตอบจะออกแบบเป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times d$ ดังรูปที่ 6 ซึ่ง n หมายถึง จำนวนคำตอบหรือจำนวนนกดุเหว่า ส่วน d หมายถึง จำนวนมิติของคำตอบหรือจำนวนไข่ของนกดุเหว่า โดยที่ x_{ij} แทนไข่ในโหนดที่ j ของนกดุเหว่าตัวที่ i ซึ่งที่ค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

$$\begin{Bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1d} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2d} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nd} \end{Bmatrix} \rightarrow \begin{Bmatrix} 0.35 & 0.79 & \cdots & 0.03 \\ 0.90 & 0.12 & \cdots & 0.28 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0.81 & 0.41 & \cdots & 0.98 \end{Bmatrix}$$

รูปที่ 3-4 ตัวอย่างการออกแบบคำตอบ

ในแต่ละคำตอบจะเป็นลำดับเส้นทางในการย้ายแหล่งทำงานของโมบายเอเจนต์ ซึ่งแต่ละ x_{ij} หมายถึง ลำดับความสำคัญของโหนด โมบายล์เอเจนต์จะเริ่มต้นจากโหนดที่มีค่าความสำคัญ x_{ij} มาก

QA76.3
.ก28ก
2555
ล.ษ
354957

ที่สุดเป็นอันดับแรก หลังจากนั้นจะเลือกเดินทางไปยังโหนดที่มีค่าความสำคัญ x_{ij} น้อยถัดมาตามลำดับ และค่า x_{ij} ที่น้อยที่สุดคือ โหนดสุดท้ายที่โมบายล์เอเจนต์จะเดินทางไป

3.2.2 การค้นหารังใหม่

ในงายวิจัยนี้ การค้นหารังใหม่จะเปลี่ยนจากการค้นหาคำตอบจากวิธีดั้งเดิม *Lévy flight* เป็นวิธีใหม่โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) หาคำตอบที่ดีที่สุด X_{best} จากการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ของทุกคำตอบ $f(X_i)$

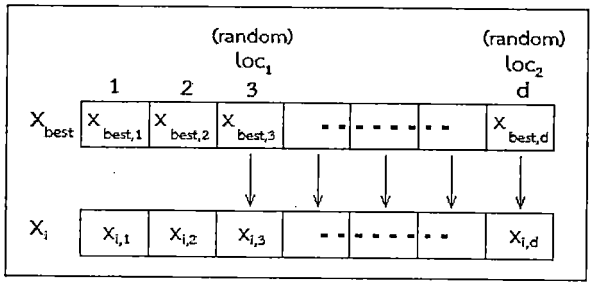
2) วนรอบตั้งแต่ $i=1$ ถึง n

3) สุ่มตำแหน่ง loc_1 และ ตำแหน่ง loc_2 โดยที่ $1 \le loc_1 \le loc_2 \le d$

4) นำค่าลำดับความสำคัญของ X_{best} ในตำแหน่งที่ loc_1 จนถึง loc_2 และแทนที่ค่าลำดับความสำคัญของ X_i ในตำแหน่งที่ loc_1 จนถึง loc_2 ตามตัวอย่างรูปที่ 3-5

5) วนกลับไปทำขั้นตอนที่ 2

6) ได้ชุดคำตอบใหม่

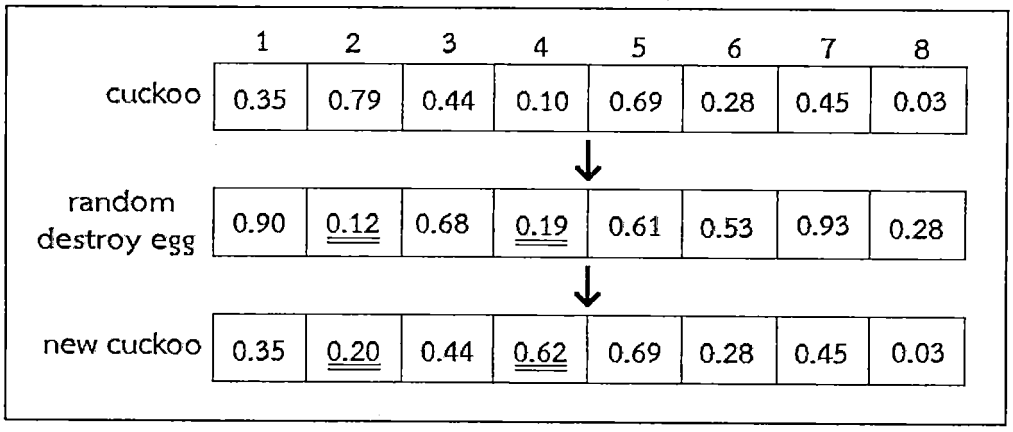


รูปที่ 3-5 ตัวอย่างค้นหารังใหม่หรือการสร้างคำตอบชุดใหม่

จากตัวอย่างรูปที่ 3-5 จะทำให้คำตอบชุดใหม่มีเส้นทางที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเก่า

3.2.3 การทำลายไข่และสร้างไข่ใบใหม่

ในไข่แต่ละใบนั้นจะมีโอกาสที่จะถูกนกอีกาทำลาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่ความความน่าจะเป็น p_a ที่ไข่ของนกดุเหว่าจะถูกตรวจพบโดยนกอีกา ไข่แต่ละใบจะถูกสุ่มความน่าจะเป็น $p_{i,j}$ ขึ้นมา หากไข่ใบใดมีความน่าจะเป็น $p_{i,j} < p_a$ ไข่ใบนั้นก็จะถูกทำลาย และสามารถสร้างไข่ใบใหม่ได้โดยการสุ่มค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ไว้แทนที่ไข่ใบเดิม ซึ่งเห็นตัวอย่างได้จากรูปที่ 3-6



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการทำลายไข่และสร้างไข่ใบใหม่

จากรูปดังกล่าว ความน่าจะเป็น p_a ที่ไข่จะถูกทำลายและสร้างไข่ใบใหม่ขึ้นมาคือ 0.2 ดังนั้น หากไข่ใบใดที่มีความน่าจะเป็นต่ำกว่า 0.2 ไข่ใบนั้นจะถูกทำลายและสร้างขึ้นมาใหม่ และจะทำเช่นนี้กับทุกคำตอบ ซึ่งตัวอย่างในรูปที่ 3-6 ช่องที่ขีดเส้นใต้สองเส้นคือ ไข่ใบที่จะถูกทำลายและสร้างขึ้นมาใหม่

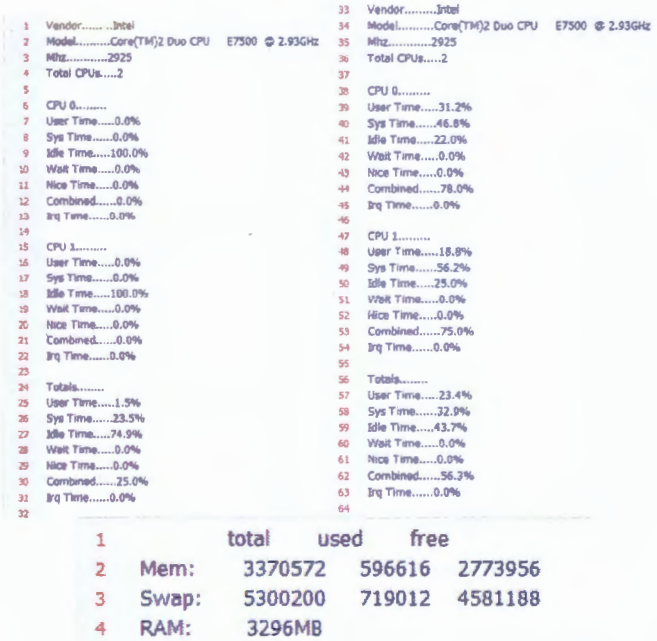
บทที่ 4 ผลการทดลอง

ในบทนี้ จะกล่าวถึงผลการทดลองโดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ การทดลองที่หนึ่ง ผลการทดลองจากการศึกษาการวางแผนย้ายแหล่งทำงานโดยใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดแบบปรับปรุง โดยผลการทดลองที่นำเสนอจะประกอบด้วย ผลการทดลองจากขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล และขั้นตอนการตัดสินใจโดยใช้ทฤษฎีอาณานิคมมด และการทดลองที่สอง จะเป็นผลการทดลองจากการเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนย้ายแหล่งทำงาน โดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงที่นำเสนอ

4.1 ผลการทดลองที่ *1* การศึกษาการวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์โดยใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด

4.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาประกอบการตัดสินใจในการย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ ยกตัวอย่างในบทนี้ มีเครื่องคอมพิวเตอร์สองเครื่องที่เรากำลังติดต่ออยู่ ซึ่งมีสถานะและข้อมูลที่น่าสนใจเกี่ยวกับแต่ละเครื่อง ดังนี้

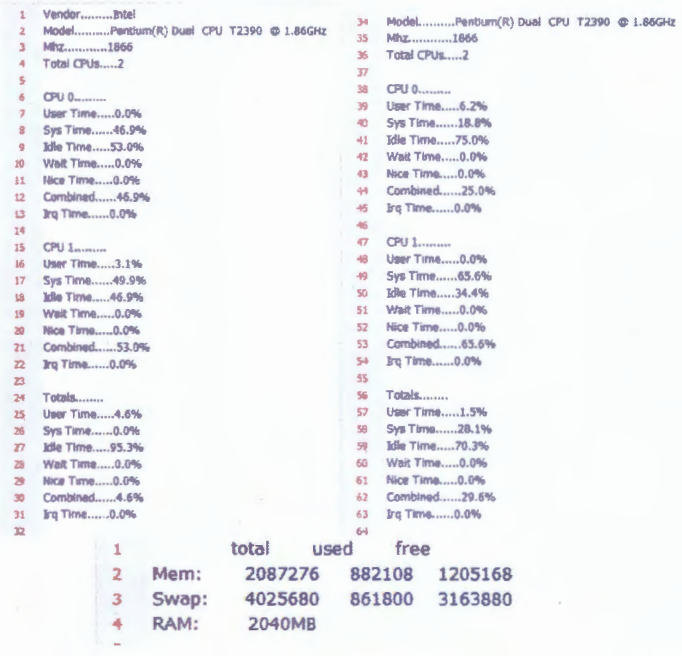


```
Vendor.....Intel
Model.....Core(TM)2 Duo CPU     E7500  @ 2.93GHz
Mhz.....2925
Total CPUs.....2

CPU 0.....
User Time.....0.0%
Sys Time.....0.0%
Idle Time.....100.0%
Wait Time.....0.0%
Nice Time.....0.0%
Combined.....0.0%
Irq Time.....0.0%

CPU 1.....
User Time.....0.0%
Sys Time.....0.0%
Idle Time.....100.0%
Wait Time.....0.0%
Nice Time.....0.0%
Combined.....0.0%
Irq Time.....0.0%

Totals.....
User Time.....1.5%
Sys Time.....23.5%
Idle Time.....74.9%
Wait Time.....0.0%
Nice Time.....0.0%
Combined.....25.0%
Irq Time.....0.0%
```

```
Vendor.....Intel
Model.....Core(TM)2 Duo CPU     E7500  @ 2.93GHz
Mhz.....2925
Total CPUs.....2

CPU 0.....
User Time.....31.2%
Sys Time.....46.8%
Idle Time.....22.0%
Wait Time.....0.0%
Nice Time.....0.0%
Combined.....78.0%
Irq Time.....0.0%

CPU 1.....
User Time.....18.8%
Sys Time.....56.2%
Idle Time.....25.0%
Wait Time.....0.0%
Nice Time.....0.0%
Combined.....75.0%
Irq Time.....0.0%

Totals.....
User Time.....23.4%
Sys Time.....32.9%
Idle Time.....43.7%
Wait Time.....0.0%
Nice Time.....0.0%
Combined.....56.3%
Irq Time.....0.0%
```

```
        total    used    free
Mem:    3370572  596616  2773956
Swap:   5300200  719012  4581188
RAM:    3296MB
```

รูปที่ 4-1 (ก) CPU Information ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ 1



รูปที่ 4-1 (ข) CPU Information ของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ 2

ข้อดีของการเฝ้ามอง (Advantage of Monitoring and Collection)

1. เอเจนต์สามารถตรวจสอบโหนดที่สามารถทำงานได้หรือไม่สามารถเชื่อมต่อได้
2. ใช้ในการพิจารณาโหนดในการทำงานจากข้อมูลต่างๆ ที่ได้ทำการสำรวจไว้ให้เหมาะกับงานที่โมบายล์เอเจนต์ได้รับมอบหมาย เช่น ถ้างานขนาดเล็กขนาดอาจจะไม่ต้องพิจารณาอะไรมาก แต่ถ้าเป็นงานที่มีขนาดใหญ่ เช่น งานเกี่ยวกับกราฟิก (การเรนเดอร์ภาพ, 3D animation) อาจต้องพิจารณาหลายปัจจัย อาทิ ภาระงานของซีพียู หรือขนาดของหน่วยความจำ ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของการทำงาน

สรุปได้ว่า สภาวะแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับระบบโมบายล์เอเจนต์นอกเหนือจากเครือข่ายคอมพิวเตอร์แล้วยังประกอบด้วยสภาวะแวดล้อมทางด้านฮาร์ดแวร์ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเช่นกัน เช่น เวลาว่างของซีพียู (Idle time), หน่วยความจำ (Memory) ดังนั้นการตรวจตรา (Monitoring) เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปรับตัวของโมบายล์เอเจนต์

4.1.2 กระบวนการตัดสินใจ (Decision Making Process)

4.1.2.1 ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm)

ในการทดลองได้กำหนดโหนดในการทำงานจำนวน 20 โหนด และโมบายล์เอเจนต์จำนวน 5 เอเจนต์ โดยรูปที่ 4-2 แสดงให้เห็นขั้นตอนการย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ในแต่ละรอบการทำงาน จะเห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของเวลาในการทำงานที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการหลักการทำงานของการออกหาอาหารของมด

ข้อกำหนดในการทดลอง

1. ให้เดินทางเยี่ยมทุกโหนด และไม่ย้อนกลับเส้นทางเดิม
2. ข้อมูล traffic, CPU ที่ใช้เป็นข้อมูลล่าสุด เหมือนกับว่าก่อนที่เราจะใช้เส้นทางจะมีเอเจนต์ตัวหนึ่งออกไปสำรวจมาให้ก่อน
3. MA ออกเดินทางตามแผนจากข้อมูลบน Agent Server ในแผนการเดินทางหรือเส้นทางให้กับโมบายล์เอเจนต์

ที่ Agent Server โมบายล์เอเจนต์หรือแทนด้วยมดแต่ละตัวจะได้รับเส้นทางในการทำงาน โดยในที่นี้แต่ละรอบการทำงานจะทำการคำนวณหาเส้นทางใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดแบบปรับปรุง มดทั้ง 5 ตัว จะได้รับเส้นทางที่แตกต่างกัน และในแต่ละรอบมดหรือเอเจนต์แต่ละตัวจะทำการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์บนเส้นทางที่ตนเองผ่าน จนเมื่อครบทุกโหนดบนเส้นทางแล้วจะนำเวลา (Time) ที่ใช้ทั้งหมดมาทำการเปรียบเทียบกับเวลาของโมบายล์เอเจนต์ตัวอื่นๆ หากเวลาของเส้นทางไหนดีสุดจะถูกกำหนดให้เป็นเส้นทางดีสุดของกลุ่ม และทำการปรับปรุงค่าพารามิเตอร์ให้กับเส้นทางนั้น เพื่อนำไปใช้ในการกำหนดเส้นทางในรอบถัดไป เช่นเดียวกันในการกำหนดเส้นทางในรอบถัดไปจะใช้ข้อมูลที่ถูกปรับปรุงในรอบที่ผ่านมาจากเส้นทางที่โมบายล์เอเจนต์เคยได้รับ การแลกเปลี่ยนข้อมูลกันนี้ทำให้สามารถหาเส้นทางที่ให้เวลาดีสุดได้เร็วขึ้น แต่ถ้าทำการหาเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดจะสามารถหาได้ถึง 2^20 เส้นทางซึ่งใช้เวลาค่อนข้างนานและความซับซ้อนสูง

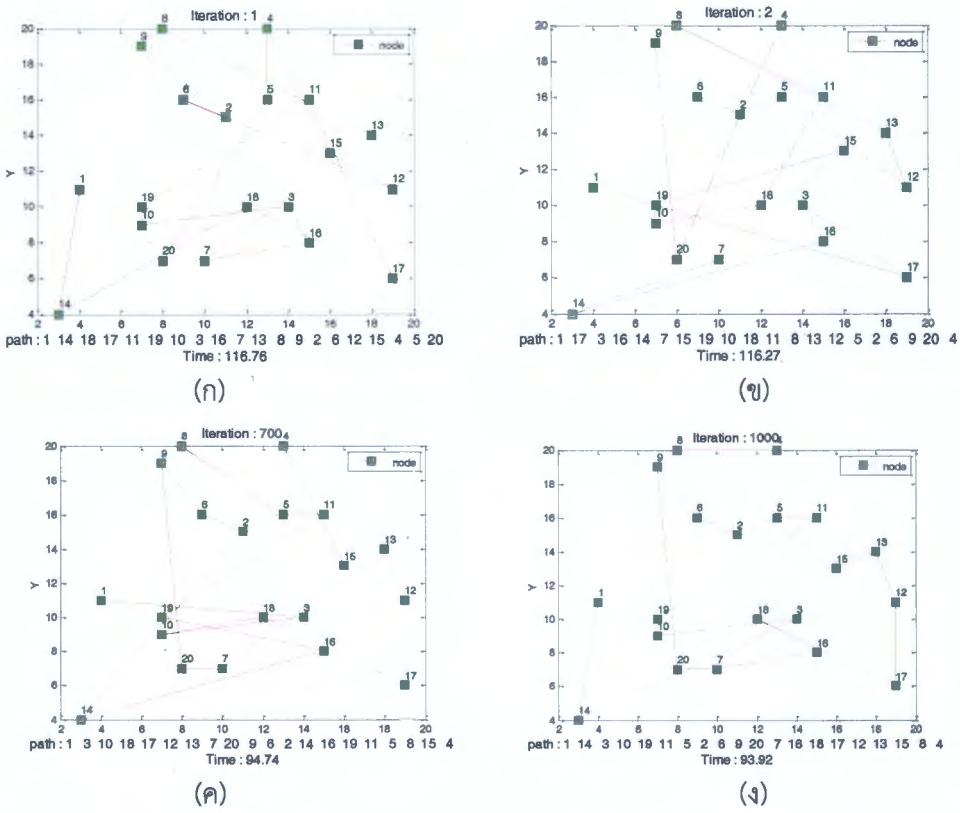
ในรูปที่ 4-2 แสดงให้เห็นถึงกระบวนการในการย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ โดยเส้นทางที่แสดงคือเส้นทางที่ดีสุดของแต่ละรอบซึ่งมีเส้นทางที่แตกต่างกัน โดยใช้เวลาในการทำงานแต่ละรอบไม่เท่ากัน กล่าวคือ เวลาที่มดทั้ง 5 ตัว ออกไปทำงานใน 20 โหนดแล้วทำงานเสร็จสิ้น ดังนี้

- ในรอบที่ 1 โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 116.78 มิลลิวินาที
- ในรอบที่ 2 โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 116.27 มิลลิวินาที
- ในรอบที่ 700 โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 94.74 มิลลิวินาที และ
- ในรอบที่ 1000 โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 93.93 มิลลิวินาที

และในการทดลองนี้กำหนดจำนวนรอบไว้ที่ 1000 รอบ ก็จะถือว่าเวลาและเส้นทางที่ได้จากการทำงานของมดเหมาะสมที่สุดแล้วเส้นทางที่คำนวณได้จะไม่เปลี่ยน โดยลำดับการทำงานของโหนดต่าง ๆ จะเป็น ดังนี้ (รูปที่ 4-2 (ง))

1→14→3→10→19→11→5→2→6→9→20...

→7→16→18→17→12→13→15→8→4→1

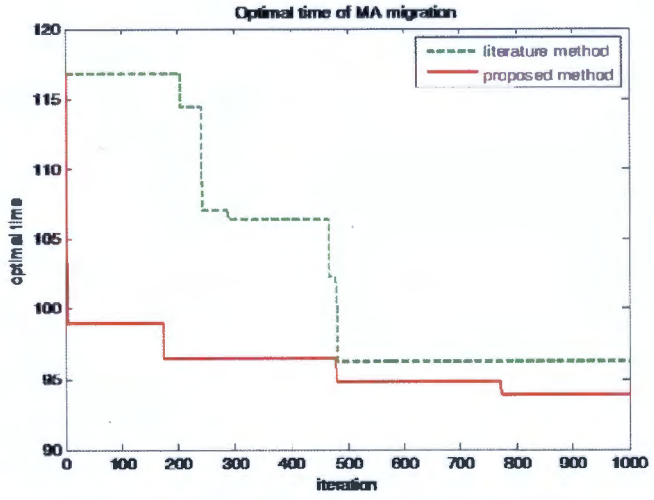


รูปที่ 4-2 กระบวนการทำงานในการย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์

ในการทดลองได้ทำการเปรียบเทียบขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm) ที่ได้ทำการปรับปรุงกับแบบเดิมที่ยังไม่ปรับปรุง เวลาที่ได้จากการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ทั้งสองวิธีแสดงดังรูปที่ 4-3 ซึ่งเห็นได้ว่าเวลาในการทำงานของวิธีการที่นำเสนอต่ำกว่าวิธีการแบบเดิม และในขณะที่ใช้เวลาเท่ากันวิธีการที่นำเสนอสามารถค้นหาพบได้ในจำนวนรอบที่น้อยกว่า

รูปที่ 4-3 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ดีหรือเหมาะสมที่สุดของเส้นทางที่ได้จากโมบายล์เอเจนต์ โดยได้ทำการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการขั้นตอนอาณานิคมมดที่ทำการปรับปรุง กับแบบเดิมที่ยังไม่มีการปรับปรุง จะเห็นว่าในเวลาของเส้นทางที่หาได้เท่ากัน 96.5 มิลลิวินาที วิธีการที่นำเสนอสามารถหาได้ในรอบที่น้อยกว่าคือ รอบที่ 180 ขณะที่วิธีการเดิมหาได้ในรอบที่ 480 และเวลาของ

เส้นทางที่ดีสุดจากการทดลอง 1000 รอบวิธีการที่นำเสนอสามารถหาเส้นทางที่ดีสุดที่ให้เวลา 93.92 มิลลิวินาที ส่วนวิธีการเดิมเวลาของเส้นทางที่ดีสุด 96.5 มิลลิวินาที



รูปที่ 4-3 การเปรียบเทียบเวลาในการทำงานของโมบายล์เอเจนต์

4.2 ผลการทดลองที่ 2 การเพิ่มประสิทธิภาพการวางแผนย้ายแหล่งทำงานโดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง

จากบทที่ 3 ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการใหม่ที่จะทำให้การค้นเส้นทางที่จะให้โมบายล์เอเจนต์ไปประมวลผลนั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยวิธีการใหม่ที่ได้นำเสนอนี้มีการปรับปรุงขั้นตอนในการค้นหารังใหม่ของขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า โดยปรับปรุงจากการค้นหารังใหม่แบบดั้งเดิม เป็นการค้นหารังใหม่แบบขนาน ซึ่งประกอบไปด้วย 2 วิธี ได้แก่ การค้นหารังใหม่ด้วยวิธีการแทนที่คำตอบแบบสุ่มช่วง และการค้นหารังใหม่ด้วยวิธีการแทนที่คำตอบตามความน่าจะเป็น ในบทที่ 4 นี้จะแสดงผลการทดลองที่ได้จากการดำเนินงานในเบื้องต้น โดยจะนำเสนอผลลัพธ์ของขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าที่ใช้วิธีการค้นหารังใหม่ด้วยวิธีการแทนที่คำตอบแบบสุ่มช่วง นำมาเปรียบเทียบการขั้นตอนวิธีที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน ได้แก่ ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด

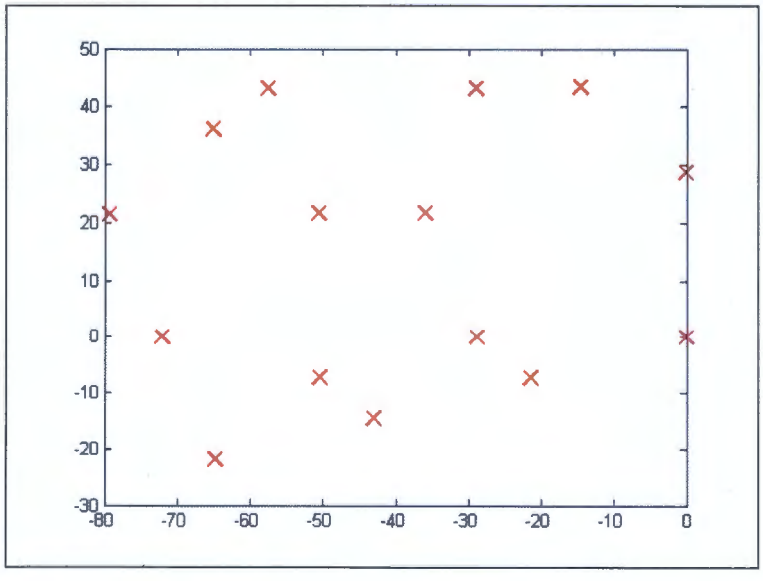
ในการทดลองได้กำหนดขอบเขตของงานไว้ ลักษณะของข้อมูลทดสอบจะเป็นกราฟสมบูรณ์ (Completed Graph) และโมบายล์เอเจนต์จะต้องเดินทางไปประมวลผลครบทุกโหนด ดังนั้นในผลการทดลองเบื้องต้นนี้จึงใช้ข้อมูลทดสอบที่มาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ซึ่งเป็นปัญหากราฟเช่นเดียวกับปัญหาการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ โดยจะใช้ข้อมูลทดสอบทั้งหมด 4 ชุด ในการทดสอบ ได้แก่ p01, gr17, fri26 และ dantzig42 โดยสามารถดาวน์โหลดได้จาก

http://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/datasets/tsp/tsp.html ซึ่งแสดงรายละเอียดข้อมูลทดสอบของแต่ละชุดไว้ในตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 รายละเอียดชุดข้อมูลทดสอบ

Data Set	Number of Nodes	Best Path
p01	15	291
gr17	17	2085
fri26	26	937
dantzig42	42	699

สำหรับชุดข้อมูลทั้ง 4 ชุด มีเพียง p01 ชุดเดียวที่มีข้อมูลที่ระบุตำแหน่งของแต่ละโหนด ซึ่งจะแสดงตำแหน่งพิกัดของแต่ละโหนดไว้ดังภาพที่ 4-4 ดังนั้นในผลการทดลอง สำหรับข้อมูลทดสอบชุด p01 ผู้วิจัยจะแสดงกราฟและผลลัพธ์ที่สามารถหาได้ในเวลาแต่ละ ณ วินาที และในชุดข้อมูลทดสอบที่เหลือจะแสดงผลลัพธ์ที่ได้เป็นกราฟเพียงอย่างเดียว



รูปที่ 4-4 ตำแหน่งของโหนดชุดข้อมูล p01

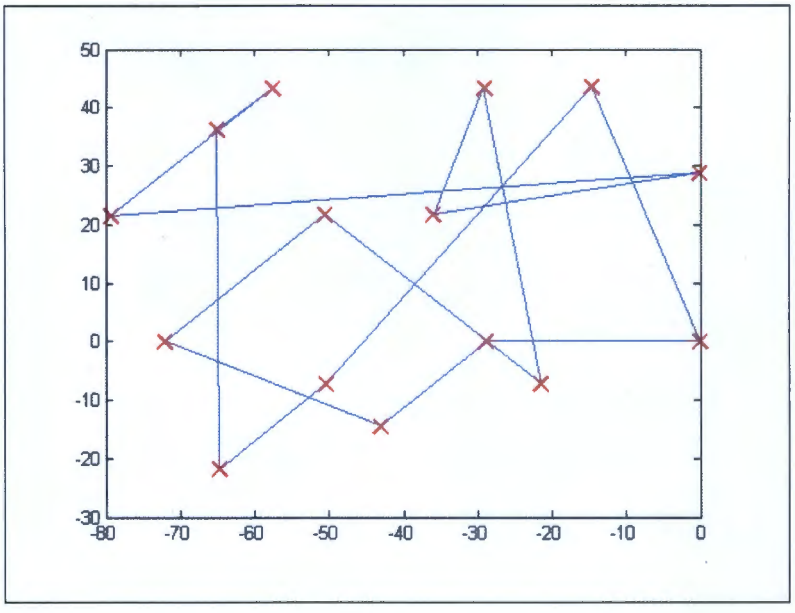
ในการทดลองนี้ ผู้วิจัยเลือกค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธีการลองผิดลองถูก (Trial and Error) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละขั้นตอนวิธี โดยในขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony System: ACS) ได้มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ไว้ดังนี้

- จำนวนมด 8 ตัว
- ปริมาณฟีโรโมนเริ่มต้น τ_0 = 0.001
- เกณฑ์ในการเลือกเส้นทาง q_0 = 0.7
- พารามิเตอร์ควบคุมค่าฮิวริสติก β = 2
- อัตราการระเหยของฟีโรโมน ρ = 0.2

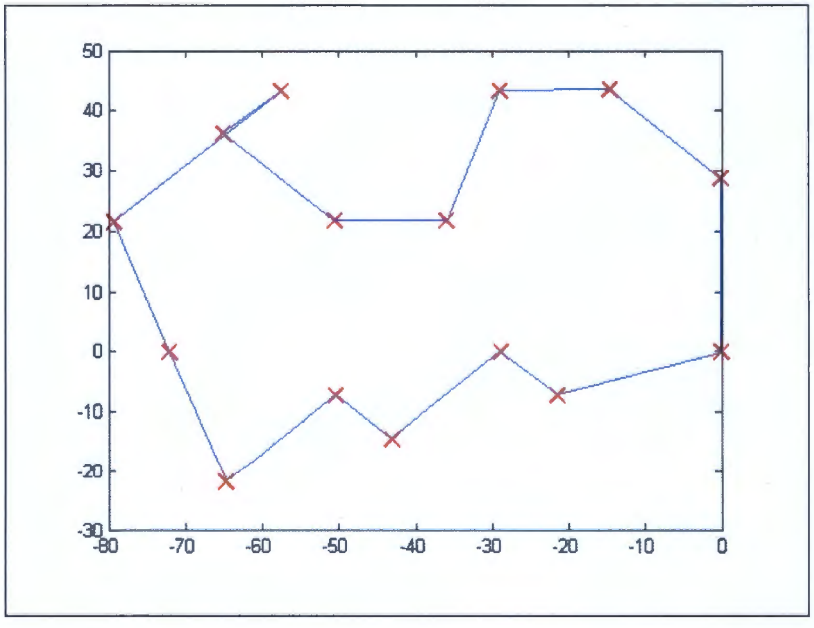
และพารามิเตอร์ในขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า (Cuckoo Search: CS) มีดังต่อไปนี้

- จำนวนคำตอบทั้งหมด 8 ชุด
- ความน่าจะเป็นที่ไข่จะถูกทำลาย p_a = 0.1

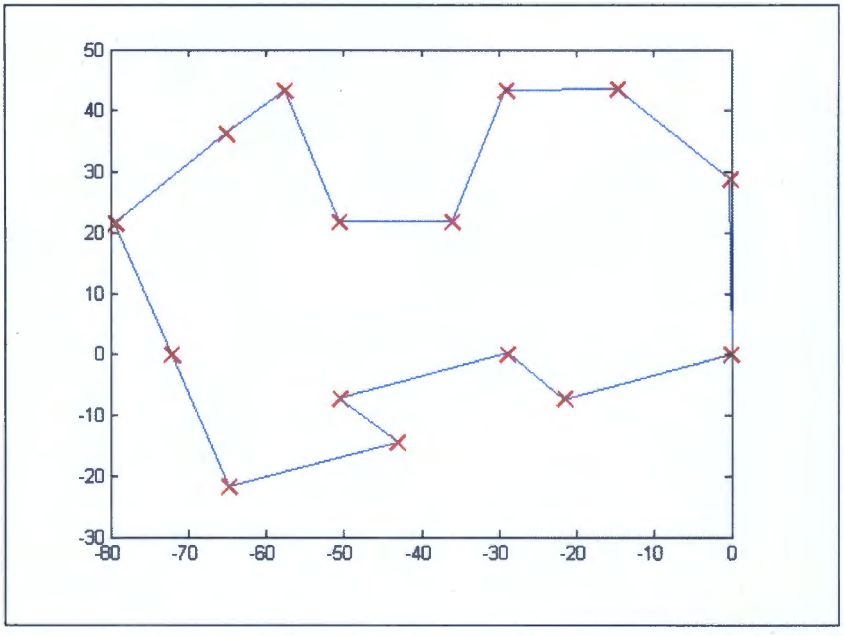
จากค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวได้นำมาใช้ทดสอบกับข้อมูลทดสอบทั้ง 4 ชุด โดยใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดและขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า ในการทดลองกับข้อมูลชุด p01 ผู้วิจัยมีการกำหนดเวลาจำกัดที่โมบายล์เอเจนต์จะเดินทางไปประมวลผลที่เวลา 3.2 วินาที และได้ทำการจัดเก็บการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ในการหาเส้นทางในเวลาแต่ละวินาที โดยผลการทดลองจากขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดจะเก็บเวลาไว้ ณ เวลาที่ 0.0533, 0.1066, 0.1599, 0.2132 และ 3.2 วินาที ซึ่งแสดงภาพดังนี้



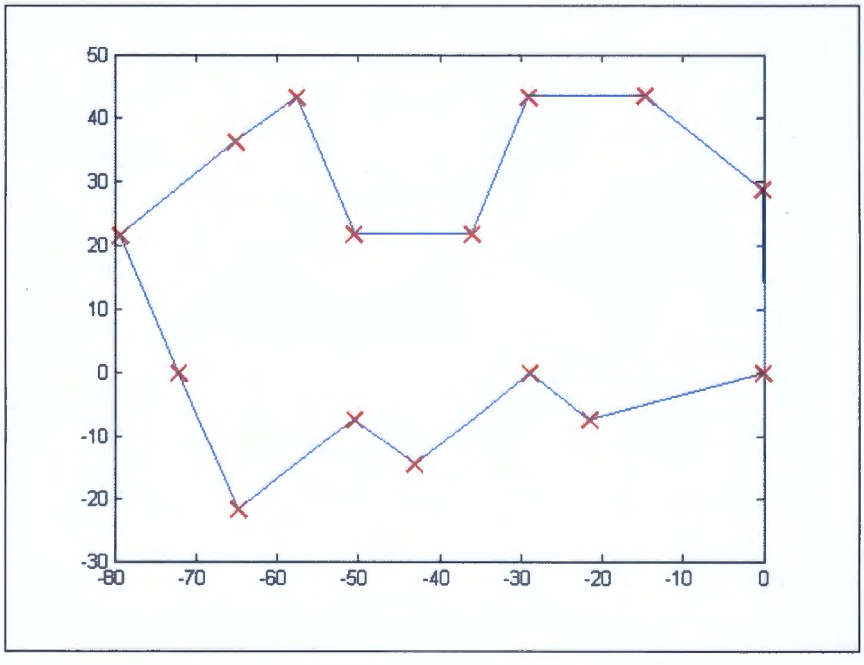
รูปที่ 4-5 ผลลัพธ์ของ ACS ณ วินาทีที่ 0.0533 วินาที



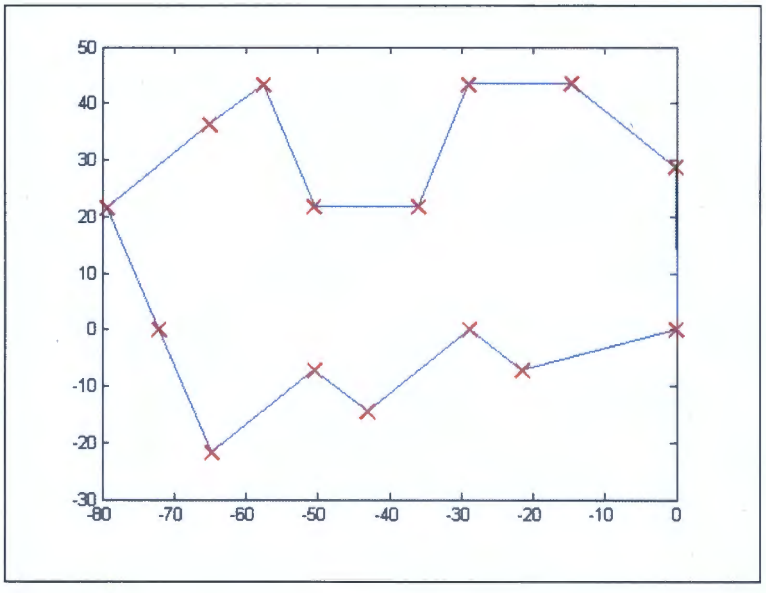
รูปที่ 4-6 ผลลัพธ์ของ ACS ณ วินาทีที่ 0.1066 วินาที



รูปที่ 4-7 ผลลัพธ์ของ ACS ณ วินาทีที่ 0.1599

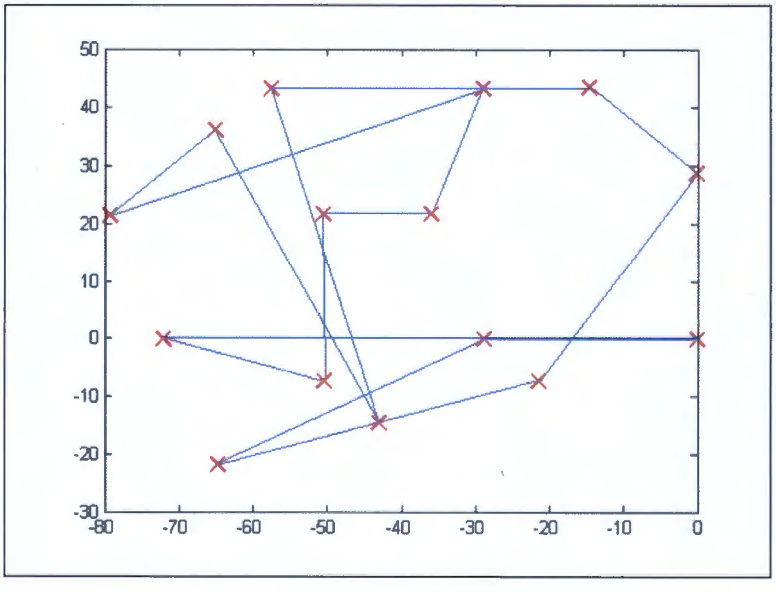


รูปที่ 4-8 ผลลัพธ์ของ ACS ณ วินาทีที่ 0.2132

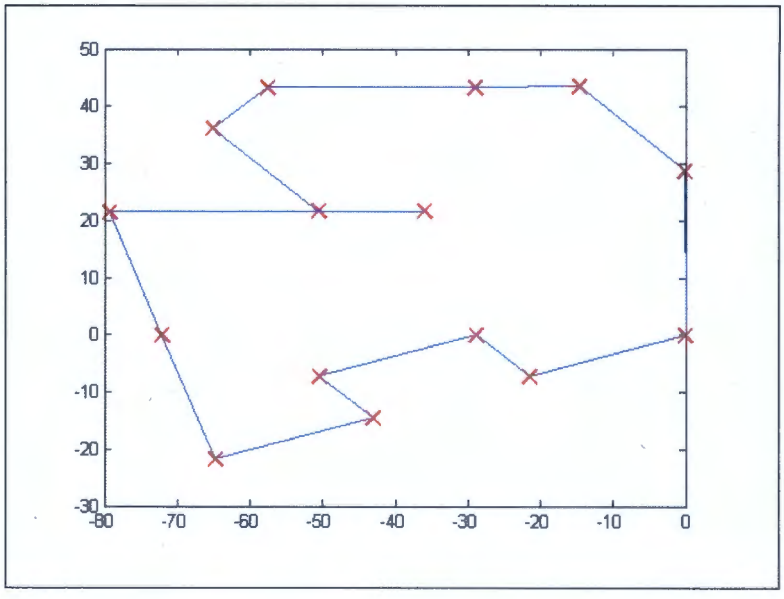


รูปที่ 4-9 ผลลัพธ์ของ ACS ณ วินาทีที่ 3.2

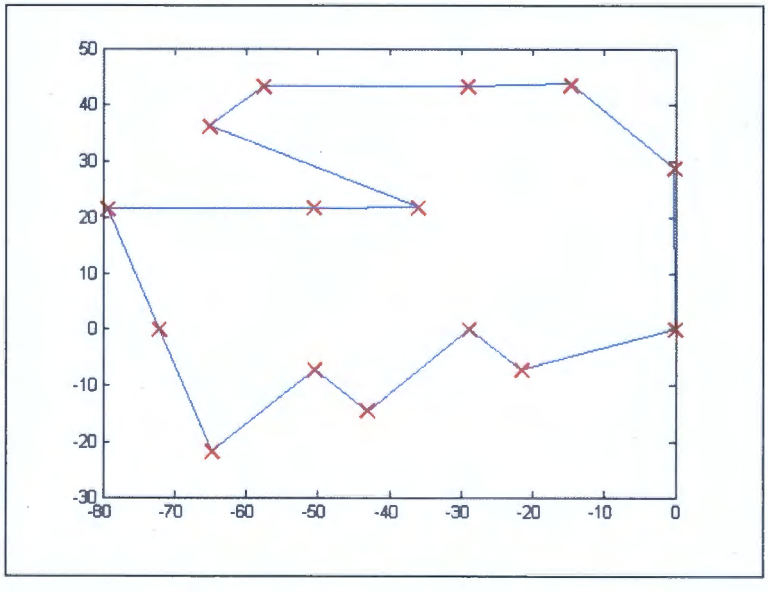
ในผลการทดลองของข้อมูลทดสอบชุด p01 โดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง ผู้วิจัยได้ทำการจัดเก็บผลลัพธ์ในวินาทีที่ 0.2, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 และ 3.2 วินาที และจำกัดเวลาในการเดินทางของโมบายล์เอเจนต์ไว้ที่ 3.2 วินาที เช่นเดียวกัน ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้



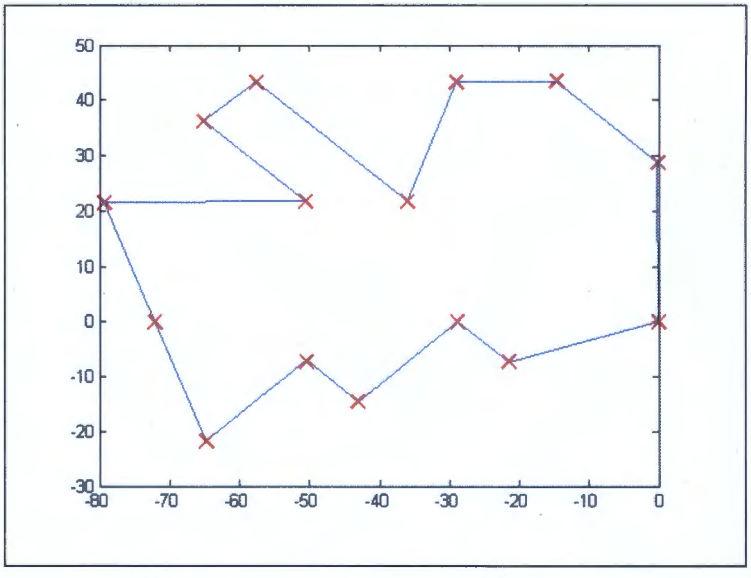
รูปที่ 4-10 ผลลัพธ์ของ CS ณ วินาทีที่ 0.2



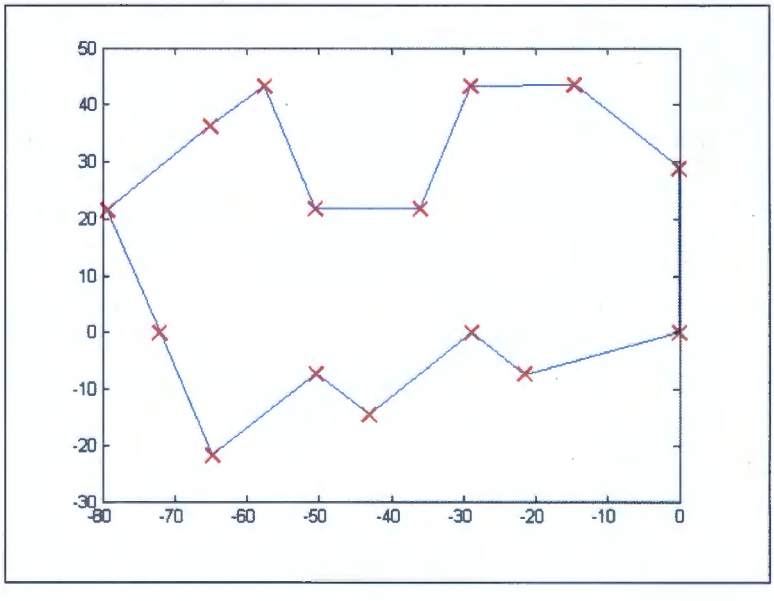
รูปที่ 4-11 ผลลัพธ์ของ CS ณ วินาทีที่ 0.4



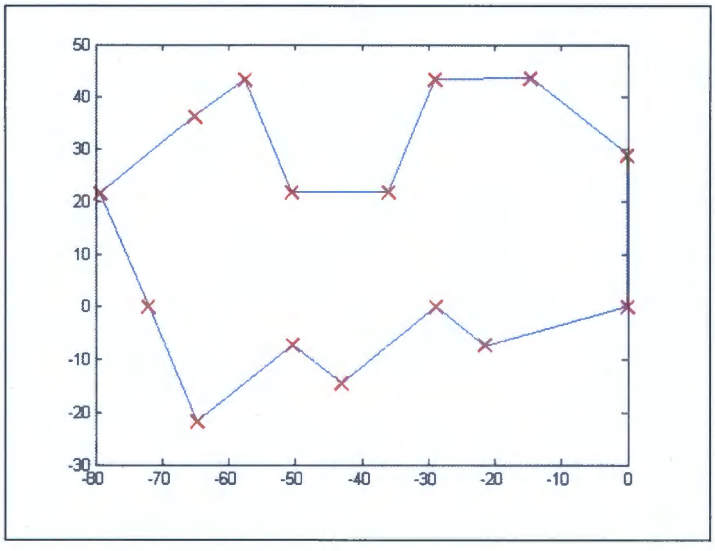
รูปที่ 4-12 ผลลัพธ์ของ CS ณ วินาทีที่ 0.8



รูปที่ 4-13 ผลลัพธ์ของ CS ณ วินาทีที่ 1.2

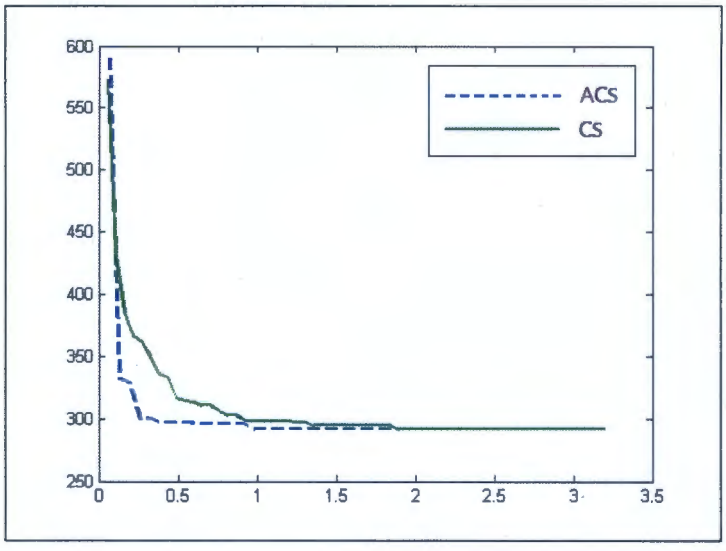


รูปที่ 4-14 ผลลัพธ์ของ CS ณ วินาทีที่ 1.6



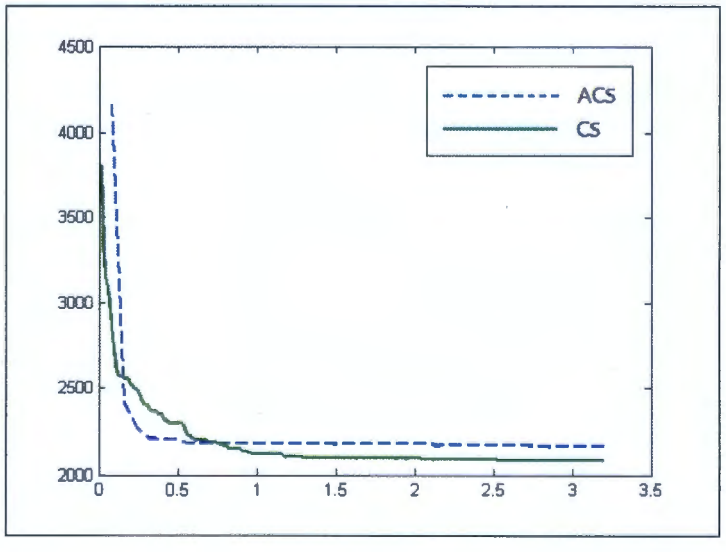
รูปที่ 4-15 ผลลัพธ์ของ CS ณ วินาทีที่ 3.2

จากรูปดังกล่าวจะเห็นได้ว่าในชุดข้อมูลทดสอบ p01 ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดสามารถค้นหาคำตอบได้เร็วกว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอ โดยขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดสามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ ณ วินาทีที่ 0.2132 แต่ในขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงสามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่ดีได้ ณ วินาทีที่ 1.6 สาเหตุเพราะว่าชุดข้อมูลทดสอบ p01 เป็นชุดข้อมูลทดสอบที่ง่ายและไม่ซับซ้อน และขั้นตอนอาณานิคมมดจะคำนวณหาเส้นทางโดยนำระยะทางมาคิด แต่ในขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงนั้นจะใช้การค้นหาคำตอบโดยอยู่บนพื้นฐานของการสุ่ม ทำให้ในข้อมูลชุดทดสอบนี้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดสามารถค้นหาคำตอบได้เร็วกว่าขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.16 โดยแนวแกน x หมายถึงเวลา และแนวแกน y หมายถึง ระยะทางที่โมบายล์เอเจนต์เคลื่อนที่ไปประมวลผลบนเซิร์ฟเวอร์



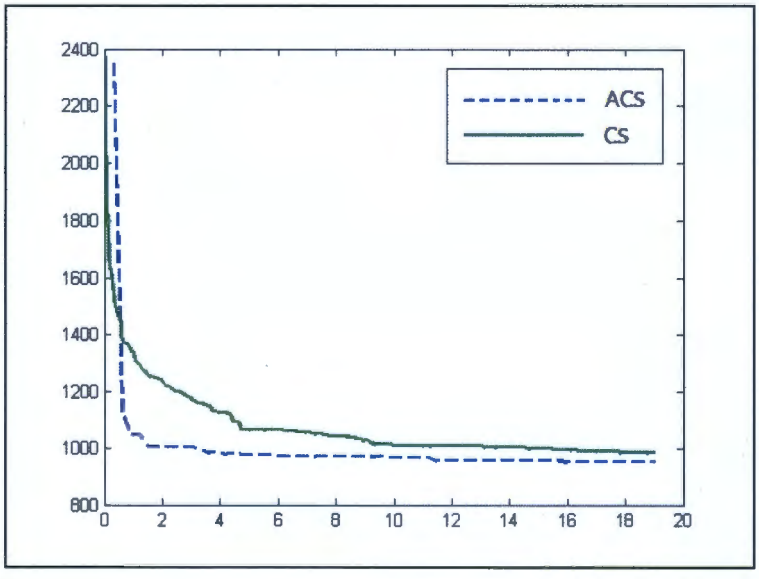
รูปที่ 4-16 ผลลัพธ์ของข้อมูลทดสอบชุด p01

ผลลัพธ์จากการทดลองของชุดข้อมูล gr17, fri26 และ dantzig42 สามารถดูได้จากรูปที่ 4.17, 4.18 และ 4.19 และผู้วิจัยได้สรุปผลลัพธ์ทั้งหมดไว้ในตารางที่ 4-2 โดยแนวแกน *x* หมายถึงเวลา และแนวแกน *y* หมายถึง ระยะทางที่โมบายล์เอเจนต์เคลื่อนที่ไปประมวลผลบนเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งผู้วิจัยได้จำกัดเวลาที่โมบายล์เอเจนต์เดินทางไปประมวลผล โดยที่ ข้อมูลทดสอบชุด gr17 มีการกำหนดเวลาที่ 3.2 วินาที ข้อมูลทดสอบชุด fri26 มีการกำหนดเวลาที่ 19 วินาที และข้อมูลทดสอบชุด dantzig42 มีการหนดเวลาอยู่ที่ 112 วินาที



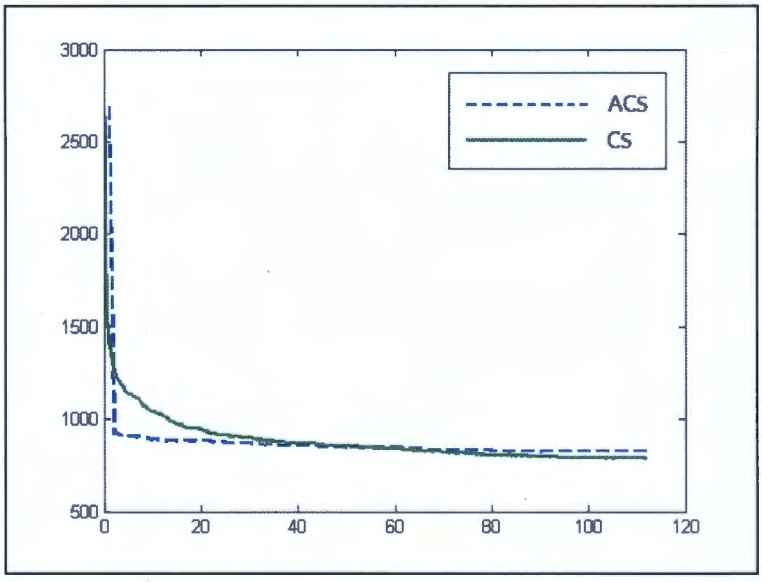
รูปที่ 4-17 ผลลัพธ์ของข้อมูลทดสอบชุด gr17

จากรูปที่ 4-17 ผลลัพธ์ของข้อมูลทดสอบชุด gr17 จะเห็นได้ว่า ในเริ่มแรกขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดสามารถค้นหาคำตอบได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง ณ วินาทีที่ 0.2 แต่เมื่อเวลาผ่านไปถึงวินาทีที่ 0.75 ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงสามารถค้นหาคำตอบได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด



รูปที่ 4-18 ผลลัพธ์ของข้อมูลทดสอบชุด fri26

จากรูปที่ 4-18 ผลลัพธ์จากการทดลองโดยใช้ข้อมูลทดสอบชุด fri26 จะเห็นได้ว่า ในเริ่มแรกขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงสามารถค้นหาคำตอบได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด แต่ว่าเมื่อถึงวินาทีที่ 1.5 ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดสามารถค้นหาคำตอบได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง



รูปที่ 4-19 ผลลัพธ์ของข้อมูลทดสอบชุด dantzig42

จากรูปที่ 4-19 ผลลัพธ์จากการทดลองโดยใช้ข้อมูลทดสอบชุด dantzig42 จะเห็นได้ว่าขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงจะค้นหาคำตอบได้ไม่ดีนักเมื่อถึงวินาทีที่ 1 แต่ในท้ายที่สุด เมื่อเวลาผ่านไปถึงวินาทีที่ 50 ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงสามารถค้นหาคำตอบได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด

ตารางที่ 4-2 สรุปค่าความถูกต้องของแต่ละขั้นตอนวิธี

Data Set	Best Path	Path Length		Accuracy (%)	
		ACS	CS	ACS	CS
p01	291	**291**	**291**	**100**	**100**
gr17	2085	2163	**2090.8**	96.39	**99.72**
fri26	937	**951.8**	983.6	**98.45**	95.26
dantzig42	699	823	**785.42**	84.93	**89.00**

พารามิเตอร์ของแต่ขั้นตอนวิธีมีความสำคัญและหน้าที่แตกต่างกันไป และการเลือกค่าพารามิเตอร์ก็ยังส่งผลต่อคำตอบของแต่ละขั้นตอนวิธีด้วย

ในขั้นตอนวิธีอาณาจักรมด จำนวนมดบ่งบอกถึงจำนวนคำตอบ ยิ่งมีจำนวนมดมากเท่าไร ยิ่งมีโอกาสพบคำตอบที่ดีที่สุดมากเท่านั้น แต่ในทางกลับกันก็จะทำให้การประมวลผลช้าลงตามไปด้วย τ_0

จะแสดงปริมาณของฟีโรโมนที่จะถูกเพิ่มในแต่ละรอบ q_0 คือ พารามิเตอร์ที่แสดงความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเลือกเส้นทาง ทำให้มีโอกาสเกิดคำตอบได้หลากหลายมากขึ้น ถ้า q_0 มากเกินไป จะทำให้โอกาสที่คำตอบจะมีความหลากหลายน้อยลงและเกิดปัญหาจุดต่ำสุดเฉพาะที่ได้ง่าย แต่ถ้า q_0 น้อยเกินไป อาจทำให้คำตอบที่ได้เกิดการแกว่ง ทำให้ไม่สามารถหาเส้นทางที่ดีที่สุดได้ ส่วนปริมาณ β จะแสดงความสำคัญของค่าฮิวริสติก และ ρ จะบ่งบอกปริมาณของฟีโรโมนเดิมที่จะถูกนำมาปรับในแต่ละรอบ

ในขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า การกำหนดจำนวนคำตอบจะส่งผลเช่นเดียวกับจำนวนมดในขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด p_a คือความน่าจะเป็นในการทำลายไข่ ซึ่งส่งผลทำให้คำตอบที่มีอยู่เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เพื่อให้เกิดคำตอบที่หลากหลายมากขึ้น ถ้า p_a มากเกินไป จะทำให้คำตอบเกิดการเปลี่ยนแปลงมาก อาจจะทำให้การค้นหาคำตอบแย่ลง ในขณะเดียวกัน หาก p_a น้อยเกินไป จะทำให้คำตอบเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยลงตามไปด้วย ทำให้คำตอบที่ได้เกิดความหลากหลายน้อยลง และเกิดปัญหาจุดต่ำสุดเฉพาะที่ได้ง่าย

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากเทคโนโลยีโมบายล์เอเจนต์เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีของระบบประมวลผลแบบกระจาย โมบายล์เอเจนต์จะรับงานของผู้ใช้ และนำงานไปประมวลผลบนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ต่างๆ ดังนั้น การวางแผนย้ายแหล่งทำงานจึงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่จะทำให้การประมวลผลมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยจึงได้นำเสนอการกลวิธีในการวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ และปรับปรุงขั้นตอนในการย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ โดยผลการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ในการทดลองที่ 1 จะเป็นการศึกษาการวางแผนย้ายแหล่งทำงานโดยใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด และทดลองบนสภาพแวดล้อมเสมือนจริงที่ทำการจำลองขึ้นมา โดยจำลองเครือข่ายซึ่งมีจำนวน 20 โหนด และใช้ขั้นตอนอาณานิคมมดที่ผ่านการปรับปรุงแล้วมาทดสอบ และเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดที่ยังไม่ถูกปรับปรุง ในการทดลองที่ 2 จะทำการทดลองกับข้อมูลบนปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ซึ่งเป็นปัญหากราฟเช่นเดียวกับปัญหาการวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ โดยข้อมูลมีทั้งหมด 4 ชุด ได้แก่ p01, gr17, fri26 และ dantzig42 โดยประกอบได้ด้วย 15, 17, 26 และ 42 โหนด ตามลำดับ ผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอนี้สามารถหาเส้นทางที่เหมาะสมในการย้ายการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด

ในการทดลองที่ 1 จะทำการประมวลผลขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดทั้งหมด 1,000 รอบ จากผลลัพธ์ในรูปที่ 4-3 จะเห็นได้ว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดที่ผ่านการปรับปรุงแล้วมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุง โดยในจำนวนรอบที่ 180 ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดที่ผ่านการปรับปรุงแล้ว โมบายล์เอเจนต์ใช้เวลาในการเดินทางไปประมวลผลอยู่ที่ 96.5 มิลลิวินาที ในขณะที่ขั้นตอนวิธีแบบดั้งเดิมใช้เวลาอยู่ที่ 117 มิลลิวินาที ในจำนวนรอบที่ 480 วิธีที่การนำเสนอและวิธีการดั้งเดิมสามารถประมวลผลได้ในเวลาที่เท่ากัน 96.5 มิลลิวินาที แต่ในจำนวนรอบที่ 1,000 วิธีการที่นำเสนอนั้นสามารถหาเส้นทางที่ดีที่สุดได้ในเวลา 93.92 มิลลิวินาที และในวิธีการดั้งเดิมนั้นสามารถคำนวณหาเส้นทางได้ 96.5 มิลลิวินาทีเท่าเดิม

ในการทดลองที่ 2 จากผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง ซึ่งให้ผลลัพธ์ในการค้นหาเส้นทางที่ดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณาจักรมดในบางชุดข้อมูล จากรูปที่ 4-16 ชุดข้อมูลทดสอบ p01 จะเห็นได้ว่า ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดและขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงจะได้ผลลัพธ์สุดท้ายในการหาเส้นทางได้ดีทั้งสองขั้นตอนวิธี ในรูปที่ 4-17 ชุดข้อมูลทดสอบ gr17 ในเริ่มแรกขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดมีความเร็วลู่เข้าที่ดีกว่า แต่หลังจากวินาที

0.75 ขั้นตอนวิธีการค้นหานกดุเหว่าสามารถค้นหาคำตอบได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด ในรูปที่ 4-18 ชุดข้อมูลทดสอบ fri26 ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด มีความเร็วลู่เข้าที่ดีกว่าและสามารถหาคำตอบได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง และในรูปที่ 4-19 ชุดข้อมูลทดสอบ dantzig42 ในเริ่มแรกขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดมีความเร็วลู่เข้าที่ดีกว่าขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง แต่ในผลลัพธ์สุดท้ายขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงสามารถค้นหาเส้นทางได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงจะมีความเร็วลู่เข้าที่ช้ากว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด จึงควรพัฒนากระบวนการค้นหาคำตอบให้มีความเร็วลู่เข้าที่ดีกว่าเดิม

ข้อมูลแต่ละชุดมีจำนวน ลักษณะ และความซับซ้อนแตกต่างกัน ดังนั้น ควรพัฒนาวิธีการคัดเลือกพารามิเตอร์ของขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด และขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง เพราะข้อมูลต่างชนิดกันย่อมมีพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแตกต่างกัน

พัฒนาขั้นตอนวิธีหรือกระบวนการในการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางให้รองรับโมเดลเครือข่ายแบบไม่สมมาตรหรือโหนดแต่ละโหนดมีจำเป็นต้องเชื่อมต่อกันหมด

5.3 งานที่จะทำต่อไปในอนาคต

1. พัฒนาขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดและขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุงสำหรับปัญหาการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. ทดสอบกับชุดข้อมูลที่มีจำนวนโหนดมากขึ้น
3. พัฒนากระบวนการตัดสินใจของขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าแบบปรับปรุง เพื่อให้มีความเร็วลู่เข้าที่ดีกว่าเดิม
4. พัฒนากระบวนการตัดสินใจให้รองรับเครือข่ายที่โหนดไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่อกันทุกโหนด
5. พัฒนาแอพพลิเคชั่นเพื่อใช้สำหรับค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดของโมบายล์เอเจนต์

บรรณานุกรม

E. Bonabeau, M. Dorigo and G. Theraulaz (1999), "Swarm intelligent". New York, NY: Oxford University Press, 1999.

Jian-pei Zhang, Jun Ma, Jing Yang and Li-li Cheng (2007), "An Improved Migration Strategy of Mobile Agent," Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2007), Volume 1, pp.577-581.

Jun Ma, Yu Zhang, Jianpei Zhang and Lili Cheng (2008), "Solution to Traveling Agent Problem Based on Improved Ant Colony Algorithm", Proceedings of the 2008 ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management , Volume 1,pp. 57-60 .

K. Moizumi. The mobile agent planning problem PhD thesis.Thayer School of Engineering, Darmouth College, November 1998.

M. Wooldridge (1997). "Agent-based Software Engineering". IEE Proceedings on Software Engineering, 144(1), pp. 26-37.

N. R. Jennings and M. Wooldridge. "Applying Agent Technology". Journal of Applied Artificial Intelligence special issue on Intelligent Agents and Multi-Agent Systems, 1995.

M. Dorigo and L. M. Gambardellam (1997) "Ant Colony System: A Cooperative Learning Approach to the Traveling Salesman Problem," IEEE transaction on evolutionary computational, vol. 1, no. 1, pp. 55-66.

Yasser k. Ali, Hesham N. Elmahdy, Sanaa El Olla Hanfy Ahmed (2007), "Optimizing Mobile Agents Migration Based on Decision TreeLearning", Proceedings of world academy of science, engineering and technology , Volume 22 ,pp. 563-570.

Marco Dorigo, Mauro Birattari, and Thomas Stiützle. "Ant Colony Optimization, Artificial Ants as a Computataional Intelligence Technique", IEEE Computational Intelligence Magazine. 2006.

Xin-She Yang and Suash Deb, "Cuckoo Search via *Lévy flights*", 2009 World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing, 2009.

De-yu Zhang and Zhi-guo Liu, "Study on Improved Algorithm for Mobile Agent Migration Path", 2010 Third International Conference on Intelligent Network and Intelligent Systems, 2010.

Ehsan Valian, Shahram Mohanna and Saeed Tavakoli, "Improved Cuckoo Search Algorithm for Feedforward Neural Network Training", International Journal of Artificial Intelligence & Applications (IJAIA), Vol.2, No.3, July 2011.

Xin-She Yang, "Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms Second Edition", Luniver Press Frome, Published in 2010.

Milan Tuba, Milos Subotic and Nadezda Stanarevic, "Modified Cuckoo Search Algorithm for Unconstrained Optimization Problems", The 5th European Computing Conference, P. 263-268, 2011.

A.V. Chechkin, R. Metzler, J. Klafter and V. Yu. Gonchar, "Introduction to The Theory of LÉVY flights".

Katsuhiro Moizumi and George Cybenko, "The Travelling Agent Problem", Mathematics of Control, Signals and Systems", January 1998.

Masayuki Higashino, Kenichi Takahashi, Takao Kawamura and Kazunori Sugahara, "Mobile Agent Migration Based on Code Caching", 2012 26th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops, 2012.

ภาคผนวก ก

324 638 437 240 421 329 297 314 95 578 435 0 254 391 448 157 301

70 567 191 27 346 83 47 68 189 439 287 254 0 145 202 289 55

211 466 74 182 243 105 150 108 326 336 184 391 145 0 57 426 96

268 420 53 239 199 123 207 165 383 240 140 448 202 57 0 483 153

246 745 472 237 528 364 332 349 202 685 542 157 289 426 483 0 336

121 518 142 84 297 35 29 36 236 390 238 301 55 96 153 336 0

3. fri26 (26 โหนด)

0 83 93 129 133 139 151 169 135 114 110 98 99 95 81 152 159 181 172 185 147 157 185 220 127 181

83 0 40 53 62 64 91 116 93 84 95 98 89 68 67 127 156 175 152 165 160 180 223 268 179 197

93 40 0 42 42 49 59 81 54 44 58 64 54 31 36 86 117 135 112 125 124 147 193 241 157 161

129 53 42 0 11 11 46 72 65 70 88 100 89 66 76 102 142 156 127 139 155 180 228 278 197 190

133 62 42 11 0 9 35 61 55 62 82 95 84 62 74 93 133 146 117 128 148 173 222 272 194 182

139 64 49 11 9 0 39 65 63 71 90 103 92 71 82 100 141 153 124 135 156 181 230 280 202 190

151 91 59 46 35 39 0 26 34 52 71 88 77 63 78 66 110 119 88 98 130 156 206 257 188 160

169 116 81 72 61 65 26 0 37 59 75 92 83 76 91 54 98 103 70 78 122 148 198 250 188 148

135 93 54 65 55 63 34 37 0 22 39 56 47 40 55 37 78 91 62 74 96 122 172 223 155 128

114 84 44 70 62 71 52 59 22 0 20 36 26 20 34 43 74 91 68 82 86 111 160 210 136 121

110 95 58 88 82 90 71 75 39 20 0 18 11 27 32 42 61 80 64 77 68 92 140 190 116 103

98 98 64 100 95 103 88 92 56 36 18 0 11 34 31 56 63 85 75 87 62 83 129 178 100 99

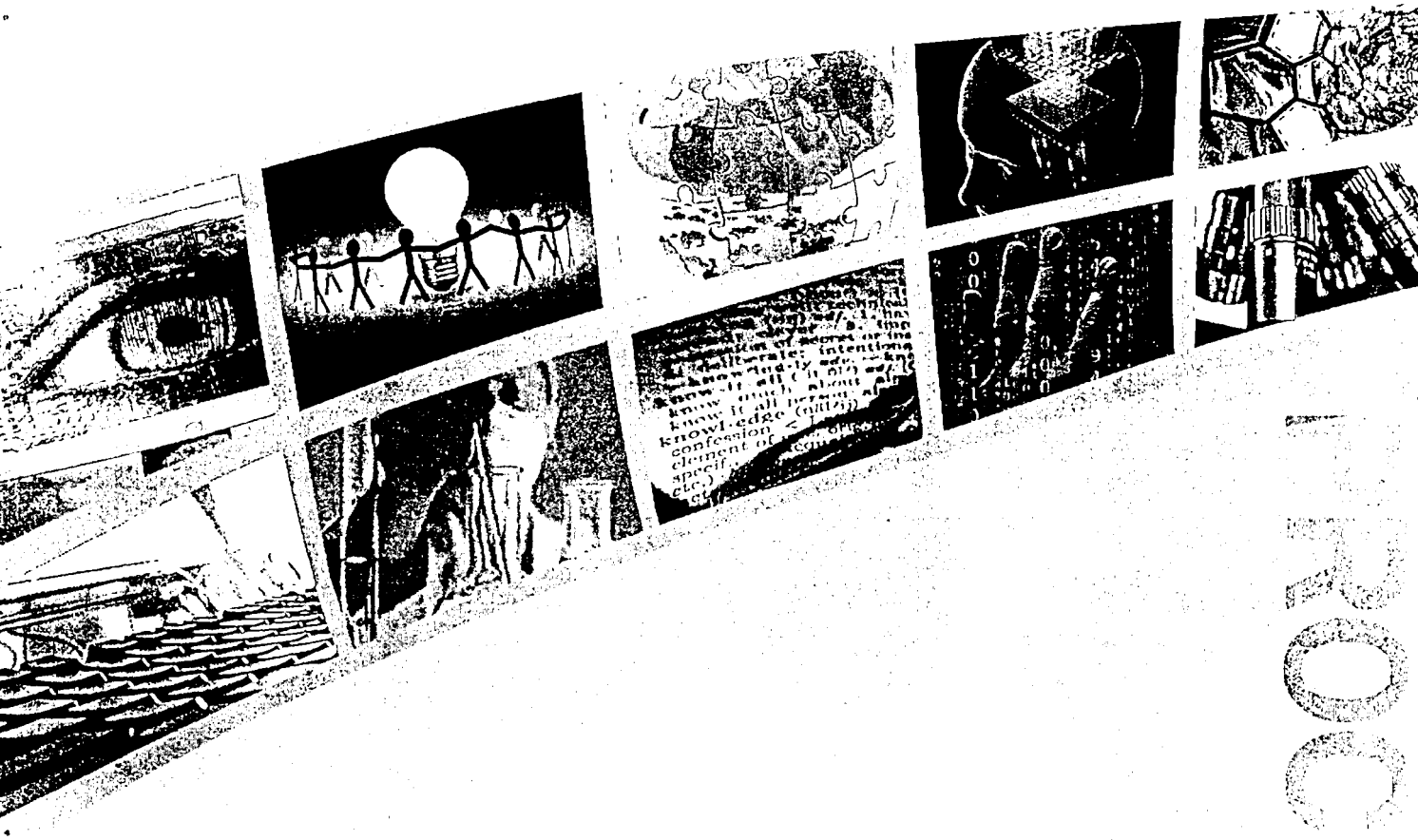
187 191 146 150 156 142 137 130 125 105 90 81 41 10 0 27 48 35 58 82 87
77 72 102 111 112 110 115 126 136 140 150 155 155 160 179 172 178 176 171 188 192
161 170 120 124 130 115 110 104 105 90 72 62 34 31 27 0 21 26 58 62 58
60 45 74 84 84 83 88 98 109 112 123 128 127 133 155 148 151 151 144 164 166
142 146 101 104 111 97 91 85 86 75 51 59 29 53 48 21 0 31 43 42 36 30
27 56 64 66 63 66 75 90 93 100 104 108 114 133 126 131 129 125 144 147
174 178 133 138 143 129 123 117 118 107 83 84 54 46 35 26 31 0 26 45 68
62 59 88 96 98 97 98 98 115 126 123 128 136 146 159 158 163 161 157 176 180
185 186 142 143 140 130 126 124 128 118 93 101 72 69 58 58 43 26 0 22 50
70 69 99 107 95 91 79 85 99 108 109 113 124 134 146 147 159 163 156 182 188
164 165 120 123 124 106 106 105 110 104 86 97 71 93 82 62 42 45 22 0 30
49 55 81 87 75 72 59 62 81 88 86 90 101 111 122 124 135 139 139 161 167
137 139 94 96 94 80 78 77 84 77 56 64 65 90 87 58 36 68 50 30 0 21
27 54 60 47 44 31 38 53 60 62 67 75 85 98 121 108 118 113 134 140
117 122 77 80 83 68 62 60 61 50 34 42 49 82 77 60 30 62 70 49 21 0
5 32 40 36 32 36 47 61 64 71 76 79 84 105 97 102 102 95 119 124
114 118 73 78 84 69 63 57 59 48 28 36 43 77 72 45 27 59 69 55 27 5
0 29 37 39 36 42 53 62 66 78 82 81 86 107 99 103 101 97 116 119
85 89 44 48 53 41 34 28 29 22 23 35 69 105 102 74 56 88 99 81 54 32
29 0 8 12 9 28 39 36 39 52 62 54 59 79 71 73 71 67 86 90
77 80 36 40 46 34 27 19 21 14 29 40 77 114 111 84 64 96 107 87 60 40
37 8 0 11 15 33 42 34 36 49 59 50 52 71 65 67 65 60 78 87
87 89 44 46 46 30 28 29 32 27 36 47 78 116 112 84 66 98 95 75 47 36
39 12 11 0 3 21 29 24 27 39 49 42 47 66 59 64 65 62 84 90
91 93 48 50 48 34 32 33 36 30 34 45 77 115 110 83 63 97 91 72 44 32
36 9 15 3 0 20 30 28 31 44 53 46 51 70 63 69 70 67 88 94
105 106 62 63 64 47 46 49 54 48 46 59 85 119 115 88 66 98 79 59 31 36
42 28 33 21 20 0 12 20 28 35 40 43 53 70 67 75 84 79 101 107
111 113 69 71 66 51 53 56 61 57 59 71 96 130 126 98 75 98 85 62 38 47
53 39 42 29 30 12 0 20 28 24 29 39 49 60 62 72 78 82 108 114
91 92 50 51 46 30 34 38 43 49 60 71 103 141 136 109 90 115 99 81 53 61
62 36 34 24 28 20 20 0 8 15 25 23 32 48 46 54 58 62 88 77

83 85 42 43 38 22 26 32 36 51 63 75 106 142 140 112 93 126 108 88 60 64
66 39 36 27 31 28 28 8 0 12 23 14 24 40 38 46 50 53 80 86
89 91 55 55 50 34 39 44 49 63 76 87 120 155 150 123 100 123 109 86 62
71 78 52 49 39 44 35 24 15 12 0 11 14 24 36 37 49 56 59 86 92
95 97 64 63 56 42 49 56 60 75 86 97 126 160 155 128 104 128 113 90 67
76 82 62 59 49 53 40 29 25 23 11 0 21 30 33 43 54 62 66 92 98
74 81 44 43 35 23 30 39 44 62 78 89 121 159 155 127 108 136 124 101 75
79 81 54 50 42 46 43 39 23 14 14 21 0 9 25 23 34 41 45 71 80
67 69 42 41 31 25 32 41 46 64 83 90 130 164 160 133 114 146 134 111 85
84 86 59 52 47 51 53 49 32 24 24 30 9 0 18 13 24 32 38 64 74
74 76 61 60 42 44 51 60 66 83 102 110 147 185 179 155 133 159 146 122 98
105 107 79 71 66 70 70 60 48 40 36 33 25 18 0 17 29 38 45 71 77
57 59 46 41 25 30 36 47 52 71 93 98 136 172 172 148 126 158 147 124 121
97 99 71 65 59 63 67 62 46 38 37 43 23 13 17 0 12 21 27 54 60
45 46 41 34 20 34 38 48 53 73 96 99 137 176 178 151 131 163 159 135 108
102 103 73 67 64 69 75 72 54 46 49 54 34 24 29 12 0 9 15 41 48
35 37 35 26 18 34 36 46 51 70 93 97 134 171 176 151 129 161 163 139 118
102 101 71 65 65 70 84 78 58 50 56 62 41 32 38 21 9 0 6 32 38
29 33 30 21 18 35 33 40 45 65 87 91 117 166 171 144 125 157 156 139 113
95 97 67 60 62 67 79 82 62 53 59 66 45 38 45 27 15 6 0 25 32
3 11 41 37 47 57 55 58 63 83 105 109 147 186 188 164 144 176 182 161 134
119 116 86 78 84 88 101 108 88 80 86 92 71 64 71 54 41 32 25 0 6
5 12 55 41 53 64 61 61 66 84 111 113 150 186 192 166 147 180 188 167 140
124 119 90 87 90 94 107 114 77 86 92 98 80 74 77 60 48 38 32 6 0

ภาคผนวก ข

KST Research Center
Knowledge Smart Technologies
since 2008

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
SRIPATUM UNIVERSITY



เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ

Knowledge and Smart Technology

ครั้งที่ ๕ (KST-2556)

๓๑ มกราคม - ๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๖

สารบัญ

รหัสบทความ	ชื่อบทความ	เลขหน้า
44	การเปรียบเทียบวิธีการเลือกตัวแปรเพื่อนำไปใช้ในการประมาณการใช้กระดาษภายในแผนกฝ่ายการผู้ โดยสารด้วยวิธีโครงข่ายประสาทเทียม โดย สุภโชค เรืองศรี และธวัชชัย งามสันติวงศ์	1
50	การพัฒนาระบบซีแมนติกเสิร์ชด้วยวิธีออบเจ็กต์ออนโทโลยีแมปปิ้ง กรณีศึกษาองค์ความรู้ทางด้านชีววิทยา เรื่องการจัดจำแนกสิ่งมีชีวิตประเภทสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก โดย สุทธิรักษ์ แสงจันทร์ และพรศิริ หมื่นไชยศรี	8
53	การวิเคราะห์เส้นทางที่ใช้ระยะเวลาเดินทางน้อยสุดที่แปรผันตามช่วงเวลาในโครงข่ายถนนกรุงเทพฯ โดย เกรียงศักดิ์ วณิชชากรพงศ์, ณกร อินทร์พยุง และเอกชัย สุมาลี	13
64	การเลือกลักษณะของข้อมูลผู้บุกรุกด้วย Heuristic Greedy Algorithm of Item Set โดย จรรยา อ้นปันส์, อัณณ์นุพันธ์ รอดทุกข์ สุวรรณา รัศมีขวัญ เบญจภรณ์ จันทรกองกุล และ กฤษณะ ชินสาร	22
65	การวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ด้วยขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า โดย เอกจิต แซ่ลิ้ม สุวรรณา รัศมีขวัญ ภูสิต กุลเกษม อัณณ์นุพันธ์ รอดทุกข์ และกฤษณะ ชินสาร	30
67	การคัดเลือกปัจจัยเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจตีบโดยใช้อัลกอริทึมสมาชิกที่ใกล้ที่สุด k ตัว และโครงข่าย ประสาทเทียม โดย เรวัตร มากคงแก้ว อัณณ์นุพันธ์ รอดทุกข์ สุวรรณา รัศมีขวัญ และกฤษณะ ชินสาร	39
77	กรอบงานสาหรับการค้นคืนสารสนเทศข้ามภาษาในเชิงความหมายของสมุนไพรไทยและยาแผนปัจจุบัน ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ความหมายแฝง โดย พิชชากร เอกวรานุกูลศิริ และนครทิพย์ พร้อมพูล	45
81	กรอบงานสาหรับการระบุผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบต่อเนื่องในการเปลี่ยนแปลงความ ต้องการ โดย เอกพล อินทร์ภิรมย์ และนครทิพย์ พร้อมพูล	53

การวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ด้วยขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า
Mobile Agent Migration Planning using Cuckoo Search Algorithm

เอกจิต แซ่ลิ้ม[1] สุวรรณา รัศมีขวัญ[1] ภูสิต กุลเกษม[1] อัณณ์นุพันธ์ รอดทุกข์[2] และกฤษณะ ชินสาร[1]
[1]ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131
[2]ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง แขวงหัวหมาก กรุงเทพฯ 10240
Email: vankung.pp@gmail.com

บทคัดย่อ

โมบายล์เอเจนต์ (Mobile Agent) เป็นเทคโนโลยีรูปแบบหนึ่งบนระบบประมวลผลแบบกระจาย (Distributed Computing) ที่สามารถเคลื่อนที่ไปประมวลผลบนเซิร์ฟเวอร์และย้ายแหล่งทำงานไปยังเซิร์ฟเวอร์อื่น ๆ ได้ เพื่อให้งานนั้นสำเร็จลุล่วง โดยสถานะของงานหรือโปรเซสนั้น ๆ เมื่อย้ายไปทำงานที่เซิร์ฟเวอร์ถัดไปจะต่อเนื่องจากการทำงานเดิมทันที ดังนั้น การกำหนดเส้นทางของโมบายล์เอเจนต์จึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จะทำให้การทำงานของโมบายล์เอเจนต์มีประสิทธิภาพ ในบทความนี้จึงได้นำเสนอการแก้ปัญหาการวางแผนย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ ซึ่งจะนำขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่ามาใช้สำหรับกำหนดเส้นทางของโมบายล์เอเจนต์ โดยที่มีการแก้ไขขั้นตอนในการค้นหารังใหม่ ในผลการทดลอง ผู้วิจัยได้นำขั้นตอนวิธีที่นำเสนอมาเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด ซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน ซึ่งผลลัพธ์จะแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีที่ผู้วิจัยได้นำเสนอมีประสิทธิภาพในการค้นหาเส้นทาง

คำสำคัญ: *โมบายล์เอเจนต์ ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า*

Abstract

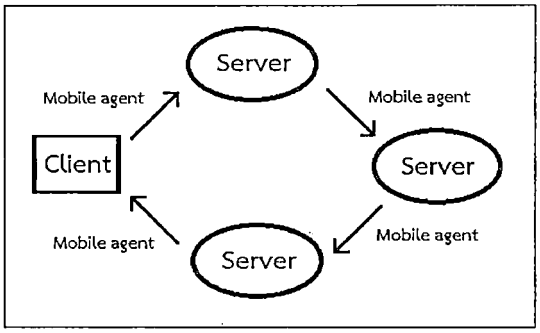
Mobile agent is a distributed computing technology which allows the processing job moves their agents from current processing server to another. Hence, it migration planning is a significant issue for improving performance of mobile agent. In this paper, we propose an improving method for finding path of mobile agent migration based on cuckoo search algorithm. Proposed migration algorithm modifies the migration step of the cuckoo from current nest to the new nest. Experimental results, comparing with migration using ant colony system, are confirmed that the proposed migration algorithm is an efficient method in finding path.

Key Words: Mobile agent, Ant Colony System, Cuckoo Search Algorithm

1. บทนำ

การประมวลผลแบบรวมศูนย์ (Centralized Processing) เป็นการประมวลผลโดยใช้คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ทำหน้าที่ทั้งเพื่อการประมวลผลหลัก การเก็บและเรียกใช้ข้อมูล การควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ถูกดำเนินการด้วยเซิร์ฟเวอร์หลักเพียงเครื่องเดียวซึ่งต้องอาศัยคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และถ้าเซิร์ฟเวอร์นั้นต้องรับภาระการทำงานมากขึ้น เช่น มีจำนวนผู้ใช้งานมากขึ้น หรือมีโปรแกรมทำงานพร้อมกันอยู่หลายโปรแกรมทำให้เกิดความ

ล่าช้าในการให้บริการ หรือเกิดปัญหาความคับคั่งของข้อมูลบนเครือข่ายได้ ดังนั้นการประมวลผลแบบกระจาย (Distributed Processing) จึงเป็นรูปแบบที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว



รูปที่ 1 เทคโนโลยีโมบายล์เอเจนต์

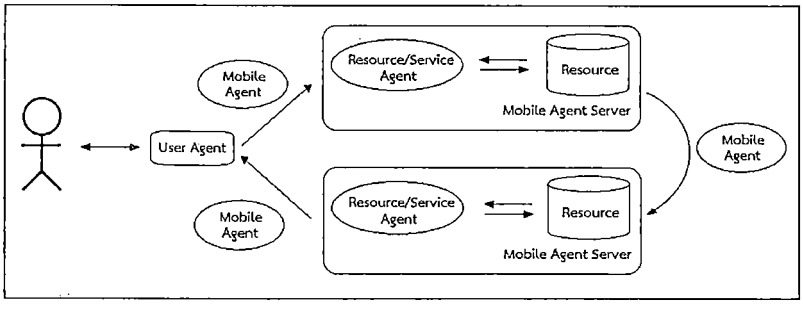
เทคโนโลยีโมบายล์เอเจนต์ (ในรูปที่ 1) เป็นอีกรูปแบบการสื่อสารที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีรูปแบบการประมวลผลแบบกระจาย โมบายล์เอเจนต์คือ โปรแกรมที่สามารถย้ายการทำงานจากเซิร์ฟเวอร์หนึ่งไปยังอีกเซิร์ฟเวอร์หนึ่ง และยังคงทำงานต่อจากเดิมได้ (Yasser k. Ali et al., 2007) [1] ซึ่งการย้ายการทำงานไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่มีข้อมูลที่ต้องการ จะช่วยลดแบนด์วิดท์ของเครือข่ายลงได้ เพราะจะถูกส่งเฉพาะโค้ด สถานะ และข้อมูลของโมบายล์เอเจนต์เท่านั้น นอกจากนั้นโมบายล์เอเจนต์ยังสามารถทำงานได้โดยที่ไคลเอนต์ไม่จำเป็นต้องเชื่อมต่ออยู่กับเซิร์ฟเวอร์ที่โมบายล์เอเจนต์ย้ายไปทำงาน และยังสามารถกลับมายังไคลเอนต์เดิมได้เมื่อไคลเอนต์เชื่อมต่อเข้าสู่เครือข่ายอีกครั้ง เนื่องจากการทำงานของโมบายล์เอเจนต์จำเป็นต้องมีการติดต่อกับเครื่องอื่นๆ ที่อยู่ในเครือข่าย ดังนั้นในการออกแบบการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ การกำหนดเส้นทางให้กับโมบายล์เอเจนต์ในการประมวลผลไปยังเซิร์ฟเวอร์ต่างๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญ เพื่อที่โมบายล์เอเจนต์จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่และประมวลผลให้น้อยที่สุด ทั้งหมดจึงเป็นที่มาของการวิจัยในครั้งนี้

ปัญหาที่นำเสนอในการวิจัยครั้งนี้เป็นปัญหาการหาเส้นทางของโมบายล์เอเจนต์ในการวางแผนย้ายแหล่งทำงานและเป็นปัญหาที่ประยุกต์มาจากแนวคิดของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem : TSP) โดยมีข้อกำหนดว่าโมบายล์เอเจนต์จะต้องเคลื่อนที่ครบทุกเซิร์ฟเวอร์ บทความนี้จะนำเสนอขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า (Cuckoo Search Algorithm) และทำการเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีที่นิยม ได้แก่ ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony System)

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครงสร้างและการทำงานของโมบายล์เอเจนต์

โครงสร้างของโมบายล์เอเจนต์มีโครงสร้างและหลักการทำงานแตกต่างจากการทำงานแบบไคลแอนท์/เซิร์ฟเวอร์ โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ User Agent (UA), Mobile Agent Server (MAS), Service/Resource Agent (RSA) และ Mobile Agent (MA) ดังรูปที่ 2



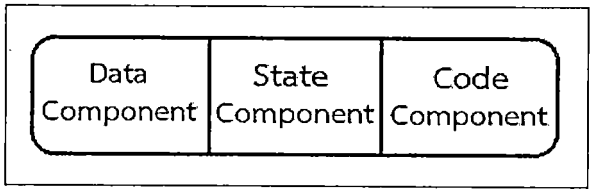
รูปที่ 2 โครงสร้างและการทำงานของโมบายล์เอเจนต์ (ที่มา สมชัย แสงทองสกุลเลิศ [2])

- User Agent (UA) [2] เป็นตัวกลางที่ทำหน้าที่ติดต่อระหว่างโมบายล์เอเจนต์และไคลแอนท์

- Mobile Agent Server (MAS) เป็นตัวกลางที่ทำหน้าที่ในการติดต่อกับโมบายล์เอเจนต์และ RSA (Service/Resource Agent) หน้าที่สำคัญคือกำหนดสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่เหมาะสมสำหรับการประมวลผลให้กับโมบายล์เอเจนต์

- Service/Resource Agent (RSA) ทำหน้าที่ในการเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการ เช่น ฐานข้อมูล

- Mobile Agent (MA) โมบายล์เอเจนต์ประกอบด้วยโค้ด ข้อมูล และสถานะ (Code Component, Data Component and State Component) ดังรูปที่ 3



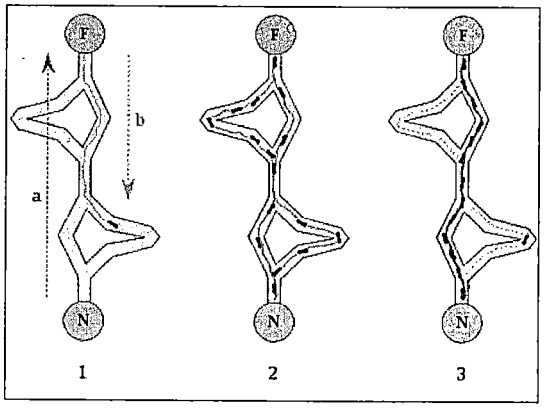
รูปที่ 3 ส่วนประกอบของโมบายล์เอเจนต์
(ที่มา สมชัย แสงทองสกุลเลิศ [2])

Data Component คือ ส่วนประกอบที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่จะถูกส่งไปให้กับผู้ใช้ State Component คือ ส่วนประกอบที่ทำหน้าที่เก็บสถานะ เช่น Running, Suspended หรือ Completed และ Code Component จะทำหน้าที่จัดเก็บชุดคำสั่งหรือโค้ดโปรแกรม (Program code) ที่จะนำไปประมวลผลที่เซิร์ฟเวอร์

รายละเอียดของเทคโนโลยีโมบายล์เอเจนต์นั้นสามารถอ่านเพิ่มเติมได้ที่เอกสารอ้างอิงหมายเลข [2]

2.2 ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony System)

ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดได้รับแรงบันดาลใจมากจากมดจริง โดยการศึกษาพฤติกรรมการหาอาหารของมด (Dorigo et al., 1997; Bonabeau et al., 1999) [3] เริ่มต้นมดจะเดินทางไปยังแหล่งอาหาร ในขณะเดียวกันมดจะทิ้งฟีโรโมน (Pheromone) ไว้ตามทาง และเส้นทางที่มีฟีโรโมนหนาแน่นที่สุด จะมีมดเดินไปยังเส้นทางนั้นมากที่สุด ทำให้ฟีโรโมนเส้นทางนั้นถูกสะสมตลอดเวลา ในขณะเดียวกันเส้นทางที่มดเดินทางน้อยหรือไม่มีมดเดินทางเลย จะทำให้ฟีโรโมนระเหยไป จนทำให้เส้นทางที่มีฟีโรโมนหนาแน่นกลายเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดไป ในรูปที่ 4 คือรูปแสดงพฤติกรรมในการหาอาหารของมด



รูปที่ 4 พฤติกรรมในการหาอาหารของมด (ที่มา http://en.wikipedia.org/wiki/Ant_colony_optimization_algorithms)

ขั้นตอนวิธีนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ กฎการเปลี่ยนสถานะ กฎการปรับฟีโรโมนเฉพาะที่ และกฎการปรับฟีโรโมนวงกว้าง

2.2.1 กฎการเปลี่ยนสถานะ (State Transition Rule)

เริ่มต้นมดแต่ละตัวจะถูกสุ่มไว้ในแต่ละเมือง และมดจะมีการเดินทางหรือเปลี่ยนสถานะจากเมืองหนึ่งไปอีกเมืองหนึ่งโดยอาศัยกฎการเปลี่ยนสถานะ ความน่าจะเป็นที่มดจะเดินทางจากเมือง r ไปยังเมือง s จะขึ้นอยู่กับค่าสุ่ม q ที่มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอระหว่าง 0 ถึง 1 ในขณะที่ q_0 คือค่าคงที่ โดยที่สมการดังนี้

$$s=\begin{cases}\arg\max_{u\in J_k(r)}\left\{\tau_{r,u}\cdot\eta_{r,u}^{\beta}\right\} & ;q\le q_0\\ S & ;q>q_0\end{cases} \quad (1)$$

เมื่อ $\tau_{r,u}$ คือฟีโรโมนระหว่างเมือง r และ u ส่วน $\eta_{r,u}=1/d_{r,u}$ คือค่าฮิวริสติก (Heuristic Value) โดยที่ $d_{r,u}$ คือ ระยะทางระหว่างเมือง r และเมือง u และ J_k คือ เซตของเมืองที่มดตัวที่ k ยังไม่เคยไป

จากสมการที่ (1) ในขณะที่ $q>q_0$ จะทำการคำนวณหาความน่าจะเป็นที่จะไปยังเมืองถัดไปได้จากสมการที่ (2)

$$p_{r,S}^{k}=\begin{cases}\dfrac{\tau_{r,S}\cdot\eta_{r,S}^{\beta}}{\sum_{u\in J_k(r)}\tau_{r,u}\cdot\eta_{r,u}^{\beta}} & ;\ u\in J_k(r)\\ 0 & ;\ otherwise\end{cases} \quad (2)$$

$p_{r,s}^{k}$ คือ ความน่าจะเป็นที่มดตัวที่ k จะเดินทางจากเมือง r ไปยังเมือง s ส่วน β คือพารามิเตอร์ที่ควบคุมความสัมพันธ์กัน $\eta_{r,u}$

2.2.2 กฎการปรับฟีโรโมนเฉพาะที่ (Local Updating Pheromone)

ในกฎการปรับฟีโรโมนเฉพาะที่จะทำการปรับฟีโรโมนในทุกๆเส้นทางที่มดทุกตัวเดินทางผ่าน

$$\tau_{r,s}=(1-\rho)\cdot\tau_{r,s}+\rho\cdot\tau_0 \quad (3)$$

เมื่อ ρ คืออัตราการระเหยของฟีโรโมนโดยมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 และ τ_0 คือค่าฟีโรโมนเริ่มต้น

2.2.3 กฎการปรับฟีโรโมนวงกว้าง (Global Updating Pheromone)

ในแต่ละรอบจะมีมดตัวหนึ่งที่เดินทางได้ระยะทางที่สั้นที่สุด ดังนั้นกฎการปรับฟีโรโมนวงกว้างจะใช้ปรับเส้นทางกับมดที่มีเส้นทางที่ดีที่สุดในของแต่ละรอบ ทำให้เส้นทางนั้นมีความหนาแน่นของฟีโรโมนเด่นชัดขึ้น โดยมีสมการดังนี้

$$\tau_{r,s}=(1-\rho)\cdot\tau_{r,s}+\rho\cdot\Delta\tau_{r,s} \quad (4)$$

โดย $\Delta\tau_{r,s}=1/L_{best}$ เมื่อ L_{best} สามารถเป็นได้ทั้งระยะทางที่ดีที่สุดในรอบนั้นๆ และระยะทางที่ดีที่สุดตั้งแต่เริ่มเรียนรู้

2.3 ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า (Cuckoo Search Algorithm)

ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าเป็นหนึ่งในขั้นตอนวิธีที่เลียนแบบพฤติกรรมของสัตว์เช่นเดียวกับขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด ขั้นตอนวิธีนี้ได้รับแรงบันดาลใจมาจากการวางไข่ของนกดุเหว่า (Xin-She Yang et al., 2009) [4] โดยปกติแล้วนกดุเหว่ามักจะนำไข่ไปวางที่รังของนกอีกา ทำให้มีโอกาสที่อีกาจะพบไข่แปลกปลอมและตรวจจับได้ ซึ่งจะทำให้ไข่ของนกดุเหว่าถูกกำจัดทิ้ง แต่ถ้านกอีการังตรวจจับไม่ได้ จะทำให้ลูกนกดุเหว่าฟักไข่ออกมาและมีโอกาสที่ลูกนกดุเหว่าจะไปทำลายไข่ใบอื่นของนกอีกา หรือไม่ก็แย่งอาหารจากลูกนกอีกา ทำให้ลูกนกอีกาอดอาหารตาย หลังจากนั้นลูกนกดุเหว่าจะเจริญเติบโตอยู่ภายในรังนกอีกา และเมื่อถึงเวลาวางไข่นกดุเหว่าก็จะบินออกไปหารังใหม่ที่เหมาะสม

ในการที่นกดุเหว่าจะค้นหารังใหม่ที่เหมาะสมเพื่อที่จะออกไข่นั้นจะใช้หลักการในการค้นหาแบบ Lévy flight ซึ่งเป็นรูปแบบการเดินสุ่ม (Random Walking) รูปแบบหนึ่งเป็นการค้นหาที่จะทำให้เกิดการกระจายหาคำตอบออกไปได้มาก ทำให้สามารถหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาค่าต่ำสุดเฉพาะที่ได้ (Local Minimum Problem) ซึ่งสามารถอ่านเพิ่มเติมได้ที่เอกสารอ้างอิงหมายเลข [5] และ [6]

สำหรับขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนำนกดุเหว่านั้นมีหลักการ แนวคิด และขั้นตอน คล้ายกับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) สร้างนกดุเหว่าหรือคำตอบของปัญหา (Solution) จำนวน n ชุด $X_i(i=1,2,...,n)$ เมื่อ X_i หมายถึง นกดุเหว่าตัวที่ i และคำนวณหาค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบแต่

ละชุด $f(X_i), X_i = (x_1, x_2, ..., x_d)^T$ โดย x_d หมายถึง ไข่ใบที่ d และค่าวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุดไว้

2) ตรวจสอบว่าครบจำนวนรอบที่กำหนดไว้หรือถึงเกณฑ์ในการหยุดการเรียนรู้แล้วหรือไม่ ถ้ายังให้ทำตามขั้นตอนที่ 3) แต่ถ้าใช่ ผลลัพธ์ของคำตอบสุดท้ายคือคำตอบที่ดีที่สุดของขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุหว่า

3) ค้นหารังใหม่หรือสร้างคำตอบชุดใหม่โดยใช้หลักการของ Lévy flight

4) คำนวณหาค่าวัตถุประสงค์จากคำตอบชุดใหม่ที่ดีที่สุด

5) ถ้าค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบชุดใหม่ดีกว่าค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบชุดเก่า จะทำการแทนที่ค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบชุดเก่าด้วยค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบชุดใหม่

6) ทำลายไข่ที่มีค่าความน่าจะเป็นที่เกิดจากการสุ่มน้อยกว่าค่าความน่าจะเป็นที่ไข่จะถูกทำลาย p_a โดย ค่าความน่าจะเป็น p_a คือค่าคงที่ที่ถูกกำหนดไว้ หลังจากนั้นทำการสร้างไข่ใบใหม่ขึ้นมาแทนที่ใบเก่าที่ถูกทำลายโดยการสุ่ม

7) เรียงลำดับผลลัพธ์ และเก็บคำตอบที่ดีที่สุด

8) วนกลับไปทำขั้นตอนที่ 2)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Marco Dorigo และ Luca Maria Gambardella นำเสนอบทความเรื่อง Ant Colonies for The Travailing Salesman Problem [7] โดยในบทความกล่าวว่า ผู้วิจัยได้นำเสนอวิธีการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดบนปัญหาการเดินทางของพนักงานขายโดยใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด ซึ่งเป็นขั้นตอนวิธีที่เลียนแบบพฤติกรรมการหาอาหารของมดจริง ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ คือ การเลือกเส้นทางด้วยกฎการเปลี่ยนสถานะ การปรับฟีโรโมนเฉพาะที่ และการปรับฟีโรโมนวงกว้าง จากผลการทดลองในบทความนี้ ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดสามารถค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ดีกว่าขั้นตอนวิธีอื่นๆ

Xin-She Yang และ Suash Deb นำเสนอบทความเรื่อง Cuckoo Search via Lévy flight [4] โดยในบทความกล่าวว่า คณะผู้วิจัยได้นำเสนอขั้นตอนวิธีที่เลียนแบบพฤติกรรมการวางไข่ของนกดุเหว่าที่ชื่อว่าขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า โดยขั้นตอนวิธีนี้มีขั้นตอนสำคัญได้แก่ การค้นหารังใหม่ที่เหมาะสมโดยใช้วิธี Lévy flight ซึ่งเป็นการเดินสุ่ม (Random Walking) รูปแบบหนึ่ง เพื่อที่จะทำให้ค้นหาคำตอบได้กระจายมากขึ้น จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธี Cuckoo Search via Lévy flight เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ สามารถนำมาแก้ไขปัญหาการหาค่าเหมาะสมวงกว้าง (Global Optimization)

3. วิธีการที่นำเสนอ

บทความนี้เป็นการวางแผนการการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์โดยใช้ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า ซึ่งมีรหัสเทียม (Pseudo Code) ดังรูปที่ 5 โดยบทความนี้จะแบ่งขั้นตอนสำคัญออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ การออกแบบคำตอบของปัญหา การค้นหารังใหม่ และการทำลายไข่และสร้างไข่ใบใหม่

```
CS do
   initParameter();
   bird = initSolution();
   bestbird, bird = getBestBird(bird, bird);
   while ( t<max ) do
      new_bird = getNewNest(bird,bestbird);
      best, bird = getBestBird(bird, new_bird);
      new_bird = destroyEgg(new_bird, best);
      best, bird = getBestBird(bird, new_bird);
      if ( objFunc(best)<objFunc(bestbird) ) do
         bestbird = best;
      end
      t = t+1;
   end
   return bestbird;
end
```

รูปที่ 5 รหัสเทียมของขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า

3.1 การออกแบบคำตอบ

การออกแบบคำตอบจะออกแบบเป็นเมทริกซ์ขนาด $n \times d$ ดังรูปที่ 6 ซึ่ง n หมายถึง จำนวนคำตอบหรือจำนวนนกดุเหว่า ส่วน d หมายถึง จำนวนมิติของคำตอบหรือจำนวนไข่ของนกดุเหว่า โดยที่ x_{ij} แทนไข่ในโหนดที่ j ของนกดุเหว่าตัวที่ i ซึ่งที่ค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1

$$\begin{Bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1d} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2d} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nd} \end{Bmatrix} \rightarrow \begin{Bmatrix} 0.35 & 0.79 & \cdots & 0.03 \\ 0.90 & 0.12 & \cdots & 0.28 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0.81 & 0.41 & \cdots & 0.98 \end{Bmatrix}$$

รูปที่ 6 ตัวอย่างการออกแบบคำตอบ

ในแต่ละคำตอบจะเป็นลำดับเส้นทางในการย้ายแหล่งทำงานของโมบายเอเจนต์ ซึ่งแต่ละ x_{ij} หมายถึง ลำดับความสำคัญของโหนด โมบายล์เอเจนต์จะเริ่มต้นจากโหนดที่มีค่าความสำคัญ x_{ij} มากที่สุดเป็นอันดับแรก หลังจากนั้นจะเลือกเดินทางไปยังโหนดที่มีค่าความสำคัญ x_{ij} น้อยถัดมาตามลำดับ และค่า x_{ij} ที่น้อยที่สุดคือโหนดสุดท้ายที่โมบายล์เอเจนต์จะเดินทางไป

3.2 การค้นหารังใหม่

ในบทความนี้ การค้นหารังใหม่จะเปลี่ยนจากการค้นหาคำตอบจากวิธีดั้งเดิม Lévy flight เป็นวิธีใหม่โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) หาคำตอบที่ดีที่สุด X_{best} จากการคำนวณค่าวัตถุประสงค์ของทุกคำตอบ $f(X_i)$

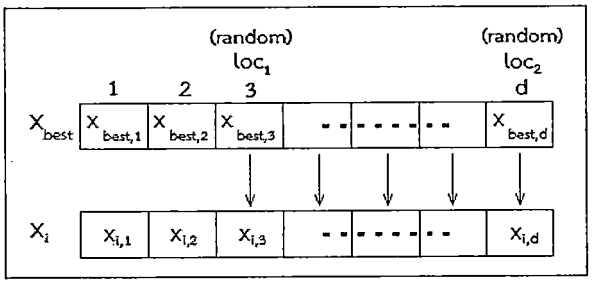
2) วนรอบตั้งแต่ $i = 1$ ถึง n

3) สุ่มตำแหน่ง loc_1 และ ตำแหน่ง loc_2 โดยที่ $1 \le loc_1 \le loc_2 \le d$

4) นำค่าลำดับความสำคัญของ X_{best} ในตำแหน่งที่ loc_1 จนถึง loc_2 และแทนที่ค่าลำดับความสำคัญของ X_i ในตำแหน่งที่ loc_1 จนถึง loc_2 ตามตัวอย่างรูปที่ 7

5) วนกลับไปทำขั้นตอนที่ 2)

6) ได้ชุดคำตอบใหม่



รูปที่ 7 ตัวอย่างค้นหารังใหม่หรือการสร้างคำตอบชุดใหม่

จากตัวอย่างรูปที่ 7 จะทำให้คำตอบชุดใหม่มีเส้นทางที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดของคำตอบชุดเก่า

3.3 การทำลายไข่และสร้างไข่ใบใหม่

ในไข่แต่ละใบนั้นจะมีโอกาสที่จะถูกนกอีกาทำลาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่ความความน่าจะเป็น p_a ที่ไข่ของนกดุเหว่าจะถูกตรวจพบโดยนกอีกา ไข่แต่ละใบจะถูกสุ่มความน่าจะเป็น $p_{i,j}$ ขึ้นมา หากไข่ใบใดมีความน่าจะเป็น $p_{i,j} < p_a$ ไข่ใบนั้นก็จะถูกทำลาย และสามารถสร้างไข่ใบใหม่ได้โดยการสุ่มค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ไว้แทนที่ไข่ใบเดิม

4. การทดลองและผลการทดลอง

ในบทความนี้ได้กำหนดขอบเขตของงานไว้ 2 ข้อ คือ 1) ลักษณะของข้อมูลทดสอบจะเป็นกราฟสมบูรณ์ (Completed Graph) และ 2) โมบายล์เอเจนต์จะต้องเดินทางไปประมวลผลครบทุกโหนด ในการทดลองจะนำขั้นตอนวิธีที่นำเสนอมาเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด เนื่องจากขั้นตอนวิธีอาณานิคมมดเป็นขั้นตอนวิธีที่มีชื่อเสียงและได้รับความนิยม ซึ่งเป็นที่ยอมรับในปัจจุบัน

ในงานวิจัย [8] และ [9] ได้กล่าวว่า ถ้าโมบายล์เอเจนต์เคลื่อนที่ไปประมวลผลจนครบทุกโหนด ปัญหาการย้ายแหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์จะกลายเป็นปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย หรือกล่าวได้ว่าปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเป็นซับเซตของปัญหาการวางแผนการย้าย

แหล่งทำงานของโมบายล์เอเจนต์ ดังนั้นในบทความนี้จึงใช้ข้อมูลทดสอบที่มาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย โดยจะใช้ข้อมูลทดสอบทั้งหมด 4 ชุด ในการทดสอบ ได้แก่ p01, gr17, fri26 และ dantzig42 [10] ซึ่งจะแสดงรายละเอียดข้อมูลทดสอบของแต่ละชุดไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดชุดข้อมูลทดสอบ

Data set	Number of nodes	Best path
p01	15	291
gr17	17	2085
fri26	26	937
dantzig42	42	699

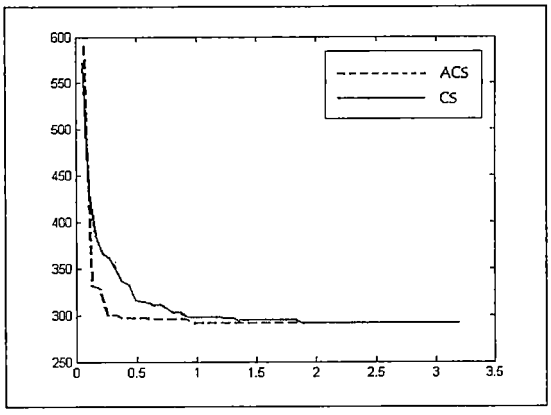
ในการทดลองนี้ ผู้วิจัยเลือกค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธีการลองผิดลองถูก (Trial and Error) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละขั้นตอนวิธี โดยในขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony System: ACS) ได้มีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ไว้ดังนี้

- จำนวนมด 8 ตัว
- ปริมาณฟีโรโมนเริ่มต้น τ_0 = 0.001
- เกณฑ์ในการเลือกเส้นทาง q_0 = 0.7
- พารามิเตอร์ควบคุมค่าฮิวริสติก β = 2
- อัตราการระเหยของฟีโรโมน ρ = 0.2

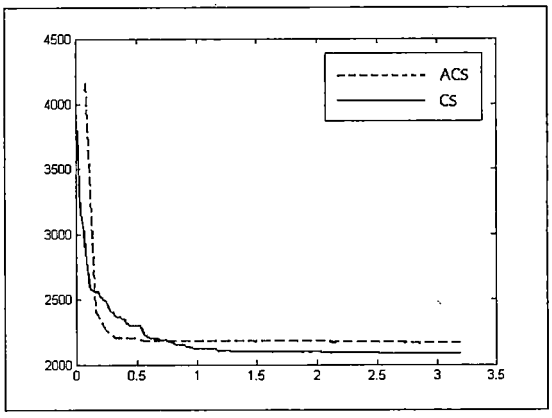
และพารามิเตอร์ในขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า (Cuckoo Search: CS) มีดังต่อไปนี้

- จำนวนคำตอบทั้งหมด 8 ชุด
- ความน่าจะเป็นที่ไข่จะถูกทำลาย p_a = 0.1

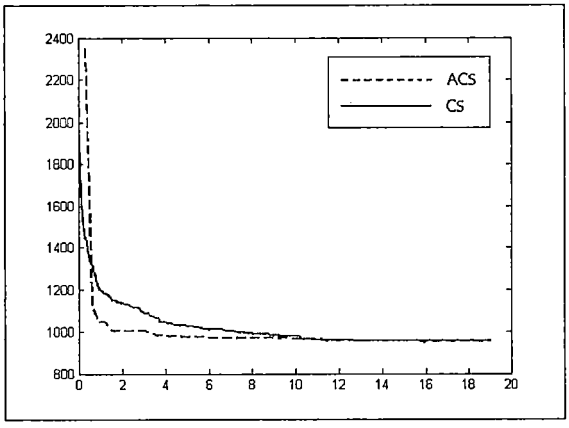
จากค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวได้นำมาใช้ทดสอบกับข้อมูลทดสอบทั้ง 4 ชุด ซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 8,9,10 และ 11 และตารางที่ 2



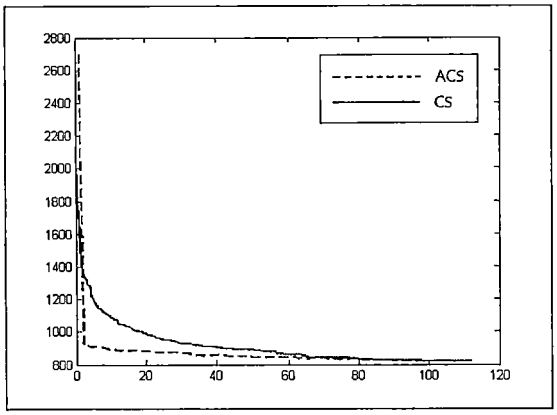
รูปที่ 8 ผลลัพธ์ของข้อมูลทดสอบชุด p01



รูปที่ 9 ผลลัพธ์ของข้อมูลทดสอบชุด gr17



รูปที่ 10 ผลลัพธ์ของข้อมูลทดสอบชุด fri26



รูปที่ 11 ผลลัพธ์ของข้อมูลทดสอบชุด dantzig42

ตารางที่ 2 สรุปค่าความถูกต้องของแต่ละขั้นตอนวิธี

Data Set	Best path	Path Length		Accuracy(%)	
		ACS	CS	ACS	CS
p01	291	291	291	100	100
gr17	2085	2163	2085.6	96.39	99.97
fri26	937	951.8	957.8	98.45	97.83
dantzig42	699	823	819.2	84.93	85.33

พารามิเตอร์ของแต่ขั้นตอนวิธีมีความสำคัญและหน้าที่แตกต่างกันไป และการเลือกค่าพารามิเตอร์ก็ยังส่งผลต่อคำตอบของแต่ละขั้นตอนวิธีด้วย

ในขั้นตอนวิธีอาณาจักรมด จำนวนมดบ่งบอกถึงจำนวนคำตอบ ยิ่งมีจำนวนมดมากเท่าไร ยิ่งมีโอกาสพบคำตอบที่ดีที่สุดมากเท่านั้น แต่ในทางกลับกันก็จะทำให้การประมวลผลช้าลงตามไปด้วย τ_0 จะแสดงปริมาณของฟีโรโมนที่จะถูกเพิ่มในแต่ละรอบ q_0 คือ พารามิเตอร์ที่แสดงความน่าจะเป็นในการตัดสินใจเลือกเส้นทาง ทำให้มีโอกาสเกิดคำตอบได้หลากหลายมากขึ้น ถ้า q_0 มากเกินไป จะทำให้โอกาสที่คำตอบจะมีความหลากหลายน้อยลงและเกิดปัญหาจุดต่ำสุดเฉพาะที่ได้ง่าย แต่ถ้า q_0 น้อยเกินไป อาจทำให้คำตอบที่ได้เกิดการแกว่ง ทำให้ไม่สามารถหาเส้นทางที่ดีที่สุดได้ ส่วนปริมาณ β จะแสดงความสำคัญของค่าฮิวริสติก และ ρ จะบ่งบอกปริมาณของฟีโรโมนเดิมที่จะถูกนำมาปรับในแต่ละรอบ

ในขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า การกำหนดจำนวนคำตอบจะส่งผลเช่นเดียวกับจำนวนมดในขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด p_a คือความน่าจะเป็นในการทำลายไข่ ซึ่งส่งผลทำให้คำตอบที่มีอยู่ เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเพื่อให้เกิดคำตอบที่หลากหลายมากขึ้น ถ้า p_a มากเกินไป จะทำให้คำตอบเกิดการเปลี่ยนแปลงมาก อาจจะทำให้คำตอบแย่ลง ในขณะเดียวกัน หาก p_a น้อยเกินไป จะทำให้คำตอบเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยลงตามไปด้วย ทำให้คำตอบที่ได้เกิดความหลากหลายน้อยลง และเกิดปัญหาจุดต่ำสุดเฉพาะที่ได้ง่าย

จากผลลัพธ์แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า ซึ่งให้ผลลัพธ์ (Accuracy) ในการค้นหาเส้นทางที่ดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณาจักรมด ยกตัวอย่างเช่น รูปที่ 9 จะเห็นได้ว่าขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าจะสามารถหาเส้นทางที่สั้นกว่าขั้นตอนวิธีอาณาจักรมด 3.58% และในรูปที่ 10 ขั้นตอนวิธีอาณาจักรมดสามารถหาเส้นทางได้ดีกว่าเพียง 0.62% เท่านั้น เป็นต้น

5. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการวางแผนย้ายแหล่งการทำงานของโมบายเอเจนต์ เพื่อให้โมบายล์เอเจนต์ใช้เวลาในการย้ายแหล่งทำงานและประมวลโดยใช้เวลาที่น้อยที่สุด ในบทความนี้ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า เพื่อนำมาแก้ปัญหาดังที่กล่าวไว้ โดยมีการเปลี่ยนแปลงวิธีการค้นหารังใหม่ และนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีที่เป็นที่นิยมในปัจจุบัน ซึ่งได้แก่ ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด โดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบทั้งหมด 4 ชุด ได้แก่ p01, gr17, fri26 และ dantzig42 [10] จากผลการทดลองของข้อมูลทดสอบทั้ง 4 ชุด แสดงให้เห็นว่าขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าที่ผู้วิจัยได้นำเสนอนั้นมีประสิทธิภาพดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด โดยที่ในชุดข้อมูล p01 นั้นให้ความถูกต้อง 100% เท่ากันทั้ง 2 ขั้นตอนวิธี แต่ในชุดข้อมูล gr17 และ dantzig42 ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าจะให้ความถูกต้องดีกว่าขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด 3.58% และ 0.4% ตามลำดับ และในชุด

ข้อมูล fri26 ขั้นตอนวิธีอาณานิคมให้คำตอบที่ดีกว่าเพียง 0.62%

เนื่องจากขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่าเป็นการค้นหาเส้นทางแบบสุ่ม โดยไม่คำนึงถึงตัวข้อมูล ทำให้มีโอกาสที่จะได้คำตอบที่หลากหลายมากกว่า ซึ่งต่างจากขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด การเลือกเส้นทางจะขึ้นอยู่กับระยะทางและฟีโรโมน ทำให้ขั้นตอนวิธีนี้ง่ายต่อการเกิดปัญหาจุดต่ำสุดเฉพาะที่

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสภาวิจัยแห่งชาติ ปีงบประมาณ 2555

7. เอกสารอ้างอิง

[1] Yasser k. Ali, Hesham N. Elmahdy, Sanaa El Olla Hanfy Ahmed (2007), "Optimizing Mobile Agents Migration Based on Decision Tree Learning", Proceedings of world academy of science, engineering and technology, Volume 22,pp. 563-570.

[2] สมชัย แสงทองสกุลเลิศ, "อัลกอริทึมสำหรับการจัดสรรโมบายล์เอเจนต์ในระบบสืบค้นข้อมูล", ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2554.

[3] Marco Dorigo, Mauro Birattari, and Thomas Stiützle. "Ant Colony Optimization, Artificial Ants as a Computataional Intelligence Technique", IEEE Computational Intelligence Magazine. 2006.

[4] Xin-She Yang and Suash Deb, "Cuckoo Search via Lévy flights", 2009 World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing, 2009

[5] กิตติพงษ์ จรัญศิริไพศาล, "การเพิ่มความถูกต้องของตัวแบบซัพพอร์ตเวกเตอร์แมทชีนแบบค่ากำลังสองน้อยที่สุดด้วยขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบนกดุเหว่า", มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2555

[6] A.V. Chechkin, R. Metzler, J. Klafter and V. Yu. Gonchar, "Introduction to The Theory of LÉVY flights"

[7] Marco Dorigo and Luca Maria Gambardella, "Ant Colonies for the Travelling Salesman Problem", *publication in BioSystems, 1997.*

[8] Jun Ma, Yu Zhang, Jianpei Zhang and Lili Cheng, "Solution to Traveling Agent Problem Based on Improved Ant Colony Algorithm", 2008 ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control and Management, 2008.

[9] Katsuhiro Moizumi and George Cybenko, "The Travelling Agent Problem", Mathematics of Control, Signals and Systems", January 1998

[10] Available at http://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/datasets/tsp/tsp.html