

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยใช้ ANT Algorithm
SHORTEST PATH USING ANT ALGORITHM



T104001



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 104001
วัน,เดือน,ปี 28 ต.ค. 2552

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2551

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

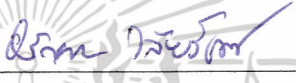
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยใช้ ANT Algorithm

SHORTEST PATH USING ANT ALGORITHM

ผู้จัดทำ

1. นายชนินทร์ พิทยาอัจฉริยกุล รหัสนักศึกษา 48010175
2. นายเทคศักดิ์ อรุณธานี รหัสนักศึกษา 48010329
3. นายวรพงษ์ รัตนประสิทธิ์ รหัสนักศึกษา 48010765


อาจารย์ที่ปรึกษา
(ดร.อรัญญา วลัยรัชต์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดโดยใช้ ANT Algorithm

นายชนินทร์ พิทยาอัจฉริยกุล 48010175
นายเทิดศักดิ์ อรุณธานี 48010329
นายวรพงษ์ รัตน์ประสิทธิ์ 48010765
ดร.อรัญญา วลัยรัชต์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

ปริญญาานิพนธ์นี้ เป็นการพัฒนาโปรแกรมค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางภายในกรุงเทพฯ เขตชั้นใน โดยใช้ ANT Algorithm ซึ่งเป็น Algorithm แบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ที่มีแนวคิดจากพฤติกรรมวิธีการหาอาหารของมด นำมาใช้ในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจากจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางที่ต้องการ ในส่วนของโปรแกรมจะใช้ ANT Algorithm ที่ทำงานแบบ Multithreads ในการคำนวณหาเส้นทาง และนำมาแสดงผลเป็นสีที่แตกต่างบนเส้นทางในหน้าจอของโปรแกรมที่เป็นแผนที่แบบ 2 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SHORTEST PATH USING ANT ALGORITHM

Mr. Chanin	Pithya-achariyakul	48010175
Mr. Therdsak	Aruntanee	48010329
Mr. Worapong	Ratanaprasit	48010765
Dr. Aranya	Walairacht	Advisor

Academic Year 2008

ABSTRACT

In nature, ants always wander randomly, while walking from food sources to the nest or vice versa, ants deposit on the ground a substance called “Pheromone”, forming this way a pheromone trail. Ants can smell pheromone. When choosing their way, they tend to choose, in probability, paths marks by strong pheromone concentrations. Ant algorithm is an artificial intelligent which took inspiration from the observation of ant colonies foraging behavior.

In the first part of the paper introduce principle of Ant algorithm, describe as searching shortest path in the map by multithreads-processing Ant Algorithm, do demonstration with inner-Bangkok’s map.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา คร.อรัญญา วลัยรัชต์ และ ผศ.ดร.สมศักดิ์ วลัยรัชต์ ที่ท่านได้สละเวลาให้คำชี้แนะแก้ปัญหาตลอดจนความรู้ต่างๆแก่ข้าพเจ้า ปริณญานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้เลยหากขาดท่านทั้งสอง

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รวมถึงคณาจารย์ทั้งหลายที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ต่างๆแก่ข้าพเจ้า ความรู้ทั้งหลายที่ข้าพเจ้าได้รับข้าพเจ้าจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างที่ท่านคณาจารย์หวังไว้

ขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของข้าพเจ้าที่เอาใจใส่อบรมเลี้ยงดูให้ข้าพเจ้ามีทุกวันนี้ และให้โอกาสข้าพเจ้าได้เลือกทำในสิ่งที่ตนเองสนใจ อีกทั้งให้คำแนะนำปรึกษาในทุกเรื่อง

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานของข้าพเจ้าที่คอยร่วมทุกข์ร่วมสุขในการจัดทำปริณญานิพนธ์นี้ และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ภายในภาควิชา ที่ให้ความรู้เพิ่มเติมและหัวข้อสนทนาที่เป็นแนวคิดและแรงบันดาลใจให้กับข้าพเจ้า ขอขอบคุณห้องโปรเจก MML ที่เป็นแหล่งความรู้รวมถึงเป็นสถานที่จัดทำปริณญานิพนธ์ฉบับนี้

นายชนินทร์ พิทยาอัจฉริยกุล
นายเทคศักดิ์ อรุณธานี
นายวรพงษ์ รัตนประสิทธิ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
1.4 ขอบเขตของโครงการ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและกรณีศึกษา.....	2
2.1 ทฤษฎีของ ANT Algorithm.....	2
2.1.1 การกำหนดเส้นทางการเดินของมด (Tour Construction).....	3
2.2 กรณีศึกษา.....	4
2.2.1 การกำหนดค่าของตัวแปร.....	4
2.2.2 การคำนวณสมการของ ANT Algorithm.....	6
บทที่ 3 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ.....	8
3.1 Requirement.....	8
3.2 UML.....	8
3.2.1 Use Case Diagram.....	9
3.2.2 Sequence Diagram.....	10
3.2.2.1 Start Program.....	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2.2.2 Select Source and Destination	11
3.2.2.3 Search.....	12
3.2.2.4 Zoom.....	14
3.2.3 Class Diagram	15
3.3 User Interface	17
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	18
4.1 การทดลองหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม.....	18
4.1.1 การทดลองค่า Alpha และ Beta.....	20
4.1.2 การทดลองหาค่า Rho	26
4.1.3 การทดลองหาค่า MAXANT.....	30
4.1.4 การทดลองหาค่า MAXTOUR.....	37
4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	42
4.3 การทดลองค้นหาเส้นทางด้วยค่าตัวแปรที่เหมาะสม	43
บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ	57
5.1 สรุปผลการวิเคราะห์.....	57
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	57
5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ.....	58
บรรณานุกรม	59
ภาคผนวก ก. ข้อมูลแผนที่	60
ภาคผนวก ข. การติดตั้งโปรแกรม.....	78
ภาคผนวก ค. การใช้โปรแกรมและตัวอย่างการค้นหาเส้นทาง	79
ภาคผนวก ง. ข้อมูลจากการทดลอง.....	85
ภาคผนวก จ. คู่มือสำหรับ โปรแกรมเมอร์	111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ค่าของตัวแปรที่เหมาะสมในการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุด.....	5
4.1 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะใกล้.....	20
4.2 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง	22
4.3 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะไกล	24
4.4 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะใกล้.....	26
4.5 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง	27
4.6 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะไกล.....	28
4.7 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะใกล้.....	31
4.8 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง	33
4.9 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะไกล.....	35
4.10 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะใกล้	37
4.11 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง	38
4.12 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะไกล	40
4.13 ค่าตัวแปรแต่ละตัวที่เหมาะสมกับการค้นหาเส้นทางในระยะต่างๆ	42
4.14 แสดงผลลัพธ์เส้นทางของเส้นทางใดๆ โดยการใช้อำตัวแปรที่เหมาะสม	44
ก.1 ชื่อ, ตำแหน่งจุด และชนิดของสถานที่.....	60
ก.2 ชื่อและตำแหน่งจุดของเส้นทาง	67
ง.1 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะใกล้.....	85
ง.2 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง..	88
ง.3 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะไกล.....	91
ง.4 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะใกล้	94
ง.5 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง	95
ง.6 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะไกล	96
ง.7 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะใกล้.....	97
ง.8 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะ ปานกลาง..	100
ง.9 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะไกล	103
ง.10 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะใกล้.....	106
ง.11 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะ ปานกลาง	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ง.12 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะไกล.....	109
ง.13 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดของเส้นทางใดๆ โดยการใช้ค่าตัวแปรที่เหมาะสม	110



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การเลือกเส้นทางที่สั้นกว่าของมด.....	3
2.2 เส้นทางเดินของมด A->B->C และ A->D->C	6
3.1 Use Case Diagram	9
3.2 Sequence Diagram (Start Program).....	10
3.3 Sequence Diagram (Select Source and Destination).....	11
3.4 Sequence Diagram (Search)	12
3.5 Sequence Diagram (Zoom)	14
3.6 Class Diagram	15
3.7 หน้าจอ Application ของโปรแกรมค้นหาเส้นทาง.....	17
4.1 แผนที่แสดงจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของทั้ง 3	19
4.2 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการค้นหาเส้นทาง ระยะใกล้.....	21
4.3 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการค้นหาเส้นทาง ระยะปานกลาง.....	23
4.4 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง	23
4.5 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการค้นหาเส้นทาง ระยะไกล.....	25
4.6 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล.....	25
4.7 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า Rho ของการค้นหาเส้นทางระยะ ปานกลาง	27
4.8 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า Rho ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง.....	28
4.9 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า Rho ของการค้นหาเส้นทางระยะ ไกล	29
4.10 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า Rho ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล	29
4.11 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทาง ระยะใกล้.....	32
4.12 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทางระยะใกล้.....	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.13 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทาง ระยะปานกลาง.....	34
4.14 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง..	34
4.15 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทาง ระยะไกล.....	36
4.16 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล	36
4.17 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า MAXTOUR ของการค้นหาเส้นทาง ระยะปานกลาง.....	39
4.18 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า MAXTOUR ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง	39
4.19 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า MAXTOUR ของการค้นหาเส้นทาง ระยะไกล.....	41
4.20 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า MAXTOUR ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล.....	41
4.21 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 1.....	45
4.22 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 2.....	46
4.23 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 3.....	47
4.24 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 4.....	48
4.25 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 5.....	49
4.26 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 6.....	50
4.27 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 7.....	51
4.28 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 8.....	52
4.29 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 9.....	54
4.30 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 10.....	55
ค.1 หน้าจอ User Interface	80
ค.2 การเลือกจุดเริ่มต้นจากแผนที่.....	81
ค.3 การเลือกจุดปลายทางจากแผนที่	82
ค.4 การเลือกจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางจาก Combo Box.....	83
ค.5 ผลลัพธ์ชื่อสถานที่และเส้นทางที่ผ่านบนแผนที่.....	84
จ.1 Class Diagram	112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
จ.2 Flow Chart ของ Method selectCity.....	115
จ.3 Flow Chart ของ Method run	116
จ.4 Flow Chart ของ Method search.....	120



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

การค้นหาเส้นทางที่สุกภายในแผนที่ขนาดใหญ่ นั้น การใช้ Algorithm อื่นในการค้นหาเส้นทางจะใช้เวลาในการคำนวณมาก เพื่อสำรวจแผนที่ทั้งหมดโดยไม่จำเป็น ANT Algorithm จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสมกว่า เนื่องจากใช้ Agent จำนวนจำกัดและเลือกเส้นทางที่เหมาะสมจากความน่าจะเป็นที่คำนวณได้ด้วยตัวเอง โดยมาจากการเลียนแบบแนวความคิดของมด โครงการนี้จึงใช้วิธีการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วย ANT Algorithm ซึ่งต้องทำการค้นหาและทดลองเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องอย่างมีประสิทธิภาพก่อนใช้งานจริง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อศึกษาการทำงานของ ANT Algorithm
- เพื่อค้นหาว่าทดลองให้ ANT Algorithm มีประสิทธิภาพเข้ากับแผนที่ที่นำมาใช้งาน
- เพื่อนำ ANT Algorithm ไปประยุกต์ใช้งานจริงกับการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดภายในแผนที่ของจริง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้รับความรู้และแนวคิดในกลไกการทำงานของ ANT Algorithm
- ได้ค้นหาว่าทดลองการทำงานของ ANT Algorithm เพื่อใช้แก้ปัญหาการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้อย่างเหมาะสม
- ได้เรียนรู้แนวคิดการทำงานส่วนหนึ่งของปัญญาประดิษฐ์ (AI)

1.4 ขอบเขตของโครงการ

ศึกษาการทำงานของ Ant Algorithm และค้นหาว่าทดลองหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม เพื่อประยุกต์ใช้งานการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดกับแผนที่จริง โดยไม่คำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น ความเร็ว ความหนาแน่นของการจราจร ซึ่งเป็นปัจจัยต่อความรวดเร็วในการเดินทางมากกว่าการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและกรณีศึกษา

2.1 ทฤษฎีของ ANT Algorithm

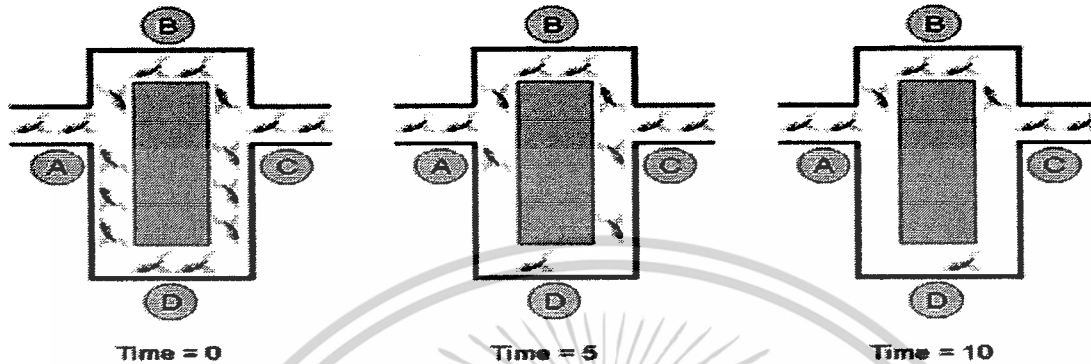
ANT Algorithm หรือ ANT Colony Optimization Algorithm (ACO) ถูกนำเสนอโดย Macro Dorigo ในปี 1992 ซึ่งเป็นหนึ่งเทคนิคในกลุ่มปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence :AI) เพื่อแก้ปัญหาการเลือกเส้นทางของ Traveling Salesman Problem (TSP) โดยอาศัยหลักการและความฉลาดทางธรรมชาติในการเลือกเส้นทางเพื่อหาอาหารของมด ดังต่อไปนี้

ในธรรมชาติการหาอาหารของมดจะต้องออกจากรังและเข้าไปในเส้นทางที่ซับซ้อน มดจะใช้การติดต่อดึงสารระหว่างกันด้วยสารเคมีชนิดหนึ่งที่ชื่อว่า สารฟีโรโมน (Pheromone) สารฟีโรโมนนี้จะเป็นสารเคมีที่มดจะฝากไว้บนเส้นทางเดินขณะที่มดเดินทาง และเมื่อมดตัวอื่นได้กลิ่นสารเคมีนี้จะเพิ่มความน่าจะเป็นไปได้ที่มดตัวนั้นจะเลือกเดินตามทางเดียวกับมดตัวแรก พร้อมกับปล่อยสารฟีโรโมนไว้บนเส้นทางนั้นเพิ่มขึ้นไปอีกทำให้เส้นทางดังกล่าวมีปริมาณฟีโรโมนที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ธรรมชาติของสารฟีโรโมนจะมีการระเหยอยู่ตลอดเวลา เส้นทางใดๆก็ตามที่มีปริมาณฟีโรโมนน้อยกว่า ความน่าจะเป็นไปได้ที่มดจะเลือกเส้นทางดังกล่าวจึงมีน้อยลง ท้ายที่สุดปริมาณสารฟีโรโมนบนเส้นทางนั้นก็จะมีจนหมด จากแนวคิดนี้จึงได้เกิดแนวคิดของ ANT Algorithm ขึ้นมาเพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้มากมาย เช่น Traveling Salesman Problem เพื่อที่จะหาเส้นทางสั้นที่สุดได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ

จากการวิจัยธรรมชาติของมด มดจะมีเครื่องช่วยในการตัดสินใจเลือกเส้นทางอยู่ 2 ชนิด คือ ข้อมูลของการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic information) และปริมาณร่องรอยของฟีโรโมนที่เหลืออยู่ (Pheromone trail) เพื่อช่วยในการหาค่าความน่าจะเป็นไปได้ที่จะพบเส้นทางที่สั้นที่สุด ยกตัวอย่างดังภาพที่ 2.1 ซึ่งเป็นตัวอย่างของการหาเส้นทางเดินของมด สามารถอธิบายได้ว่าที่เวลา $T=0$ มดจะเดินทางจากจุด A ไปยังจุด C โดยใช้หลักการสุ่มอย่างมีเหตุผลหรือการสุ่ม (Random) ช่วยในการตัดสินใจเลือกเส้นทางเพียงอย่างเดียวเพราะว่าขณะนั้นยังไม่มีสารฟีโรโมนอยู่บนเส้นทางเลย จะสังเกตเห็นว่าจำนวนของมดที่เส้นทาง A-B-C และเส้นทาง A-D-C นั้นมีมดเดินอยู่ทั้ง 2 เส้นทาง เมื่อเวลาผ่านไปที่ $T=5$ จะสังเกตเห็นว่าปริมาณของมดที่เส้นทาง A-B-C นั้นมีมากกว่าเส้นทางของ A-D-C ที่เป็นเช่นนั้นก็เพราะว่ามดแต่ละตัวมีอัตราการเดินที่ความเร็วเท่ากัน และที่เวลาเดียวกันเส้นทาง A-B-C ที่สั้นกว่าก็จะมีจำนวนมดที่เดินผ่านเส้นทางนั้นมากกว่าเส้นทาง A-D-C ที่ยาวกว่า จึงทำให้ปริมาณของสารฟีโรโมนบนเส้นทางที่สั้น A-B-C นั้นมีมากกว่าเส้นทาง A-D-C ที่ยาวกว่าตามไปด้วย ยิ่งไปกว่านั้นมดยังใช้หลักการสุ่มอย่างมีเหตุผลและปริมาณร่องรอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของฟีโรโมนที่เหลืออยู่ ช่วยในการตัดสินใจเลือกเส้นทาง จึงเป็นเหตุผลว่าที่ $T=10$ นั้น มดจึงสามารถหาและเลือกเส้นทาง A-B-C ที่เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดได้



รูปที่ 2.1 การเลือกเส้นทางที่สั้นกว่าของมด

2.1.1 การกำหนดเส้นทางการเดินทางของมด (Tour Construction)

ใน ANT Algorithm จะประกอบไปด้วยมดจำนวนมาก เพื่อที่จะสร้างคำตอบ โดยเริ่มแรก จะทำการสุ่มเลือกเมืองเริ่มต้นขึ้นมาก่อน ซึ่งการเลือกเมืองที่จะเดินต่อไปแต่ละครั้งจะใช้กฎความเป็นไปได้ที่จะเลือกเมืองต่อไปเรียกว่ากฎการสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็น (Random proportional rule) ซึ่งมดแต่ละตัวจะมี Tabu list เพื่อตรวจสอบว่าคนั้นไม่ได้เดินวนซ้ำทางเดิม โดยจำนวนมดที่ปล่อยออกไปแรกเริ่มจะมีค่าเท่ากับจำนวนเส้นทางของจุดเริ่มต้น เนื่องจากเราต้องการให้แต่ละเส้นทางมีโอกาสเท่ากันการคำนวณจะสิ้นสุดเมื่อมดทุกตัวถึงเมืองหรือหยุดการทำงาน เมื่อมดทุกตัวสิ้นสุดการเดินทางแล้ว จึงเริ่มการคำนวณของ ANT Algorithm ต่อไป ทำให้ในระหว่างที่มดเดินทางยังไม่เสร็จสิ้นจะไม่มีการอัปเดตข้อมูลใดๆเมื่อมดทุกตัวสิ้นสุดการเดินทางแล้ว ANT Algorithm จะทำการคำนวณดังนี้

- คำนวณค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic information : η) โดยคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$\eta = \frac{1}{d} \quad (2.1)$$

โดย d คือ ระยะทางระหว่างเมืองหรือโหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนหาระดับของฟีโรโมน(Pheromone Level) ในแต่ละเส้นทางของมดแต่ละตัวตามสมการที่ 2.2

$$PL = \text{InitP} + (\eta * \rho) \quad (2.2)$$

โดย ρ เป็นค่าคงที่มีระหว่าง 0 และ 1
 InitP เป็นค่าเริ่มต้นของฟีโรโมน PL

- จำนวนค่าพารามิเตอร์ปริมาณฟีโรโมน (Pheromone: τ) ในแต่ละเส้นทางตามสมการที่ 2.3

$$\tau = PL * (1 - \rho) \quad (2.3)$$

- จำนวนค่าความเป็นไปได้ในแต่ละเส้นทางจะได้รับเลือกเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดตามสมการที่ 2.4

$$\text{Probability} = \frac{\tau^{\alpha} * \eta^{\beta}}{\sum_k \tau^{\alpha} * \eta^{\beta}} \quad (2.4)$$

โดยทั่วไปแล้วกฎการสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกเมืองถัดไปนั้นจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่าถ่วงน้ำหนักของปริมาณฟีโรโมน (α) และค่าถ่วงน้ำหนักของการสุ่มอย่างมีเหตุผล (β) ถ้าค่า $\alpha = 0$ แล้วเมืองที่มีความเป็นไปได้ที่อยู่ใกล้ที่สุดจะมีโอกาสในการถูกเลือกมากกว่า แต่ถ้า $\alpha > 1$ จะทำให้ได้ผลเฉลยหรือคำตอบแบบทั่วๆ ไป (Local) ซึ่งไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด ในขณะที่ถ้าค่า $\beta = 0$ แล้วมดก็จะใช้ค่าของร่องรอยฟีโรโมน (τ_{ij}) เท่านั้นที่นำมาใช้ในการตัดสินใจเลือกเส้นทางก็จะทำให้ได้คำตอบที่ไม่ดีเท่าที่ควร

2.2 กรณีศึกษา

2.2.1 การกำหนดค่าของตัวแปร

ภายใน ANT Algorithm จะประกอบด้วยตัวแปรส่วนหนึ่งซึ่งเป็นค่าที่ให้ผู้ใช้งานเป็นคนกำหนดขึ้นเอง โดยจะมีผลต่อผลลัพธ์เส้นทางที่สั้นที่สุดที่ได้หลังการทำงาน ตัวแปรดังกล่าว มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

a) Alpha (α) และ Beta (β)

ค่าของ Alpha (α) มีความสัมพันธ์กับปริมาณฟีโรโมน และ Beta (β) มีความสัมพันธ์กับค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล ซึ่งทั้งสองค่านี้เป็นสัดส่วนที่กำหนดว่าจะให้ค่าใดมีความสำคัญมากกว่ากัน

b) Rho (ρ)

ค่า Rho (ρ) เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับค่าระดับของฟีโรโมนและค่าปริมาณของฟีโรโมนของ ANT ที่ปล่อยทิ้งไว้เมื่อเดินผ่าน ซึ่งเป็นค่าที่ให้ความสำคัญกับค่าของฟีโรโมนที่ ANT ได้พบ

c) InitP

ค่า InitP เป็นค่าฟีโรโมนเริ่มต้นของในทุกเส้นทาง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าระดับฟีโรโมนที่มดจะนำไปใช้ในการกำหนดเส้นทางในช่วงแรก รวมถึงค่านี้จะเพิ่มขึ้นตามจำนวนมดที่เดินผ่านในเส้นทางนั้น

d) จำนวน ANT

จำนวน ANT เป็นค่าที่กำหนดในขั้นตอนค้นหาเส้นทาง ซึ่งเป็นจำนวนของการสุ่มตัวอย่างหาเส้นทางที่สั้นที่สุด จำนวนครั้งของการสุ่มตัวอย่างที่มากก็จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความถูกต้องและแม่นยำมากกว่าจำนวนการสุ่มตัวอย่างที่น้อย

จากการค้นคว้าหาข้อมูลของการทดลองหาค่าที่เหมาะสมกับตัวแปรดังกล่าวเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดและมีประสิทธิภาพ แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ค่าของตัวแปรที่เหมาะสมในการคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุด

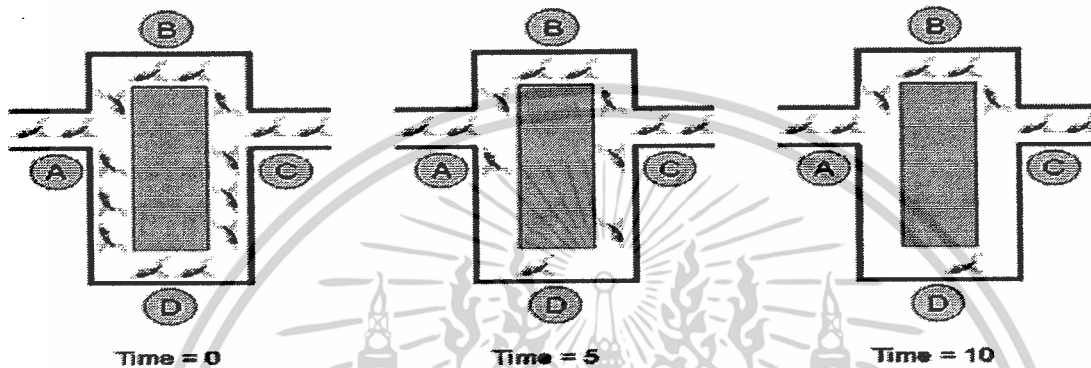
ตัวแปร	ค่าที่เหมาะสม
α	1.5 - 3
β	1 - 5
ρ	0.6
InitP	0.1
จำนวน ANT	มากกว่า 200 ขึ้นไป

อย่างไรก็ตาม ค่าเหล่านี้อาจจะไม่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเสมอไป ขึ้นอยู่กับขนาดของแผนที่ที่ต้องการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ซึ่งต้องผ่านการทดลองหลายๆครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่เหมาะสมกับแผนที่นั้นอย่างแท้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 การคำนวณสมการของ ANT Algorithm

จากรูปที่ 2.2 ถ้ากำหนดให้ ANT 2 ตัว คือ A0 และ A1 โดยที่ A0 เดินทางผ่านเส้นทาง A->B->C A1 เดินทางผ่านเส้นทาง A->D->C ค่าความเป็นไปได้ของแต่ละเส้นทางเท่ากับ 0.5 เส้นทาง A->B->C มีระยะทาง 10 หน่วย เส้นทาง A->D->C มีระยะทาง 20 หน่วย และกำหนดค่าดังต่อไปนี้ $\rho=0.6$, $\alpha=3$, $\beta=1$, $InitP=0.1$



รูปที่ 2.2 เส้นทางการเดินทางของมด A->B->C และ A->D->C

วิธีทำ คำนวณค่าถ่วงน้ำหนักของข้อมูลที่ใช้สุ่มอย่างมีเหตุผล โดยใช้สมการที่ 2.1

$$\eta_{A0} = \frac{1}{10} = 0.1$$

$$\eta_{A1} = \frac{1}{20} = 0.05$$

คำนวณหาระดับของฟีโรโมนในแต่ละเส้นทางโดยใช้สมการที่ 2.2

$$PL_{A0} = 0.1 + (0.1 * 0.6) = 0.16$$

$$PL_{A1} = 0.1 + (0.05 * 0.6) = 0.13$$

คำนวณค่าพารามิเตอร์ปริมาณฟีโรโมน (Pheromone: τ) ในแต่ละเส้นทางโดยใช้สมการที่ 2.3

$$\tau_{A0} = 0.16 * (1 - 0.6) = 0.064$$

$$\tau_{A1} = 0.13 * (1 - 0.6) = 0.052$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณหาค่าความเป็นไปได้โดยใช้สมการที่ 2.4

$$\text{Probability}_{A0} = \frac{(0.064)^3 * (0.1)^1}{((0.064)^3 * (0.1)^1) + ((0.052)^3 * (0.05)^1)} = \frac{0.0000262144}{0.0000332448} = 0.7885$$

$$\text{Probability}_{A1} = \frac{(0.052)^3 * (0.05)^1}{((0.064)^3 * (0.1)^1) + ((0.052)^3 * (0.05)^1)} = \frac{0.0000070304}{0.0000332448} = 0.2115$$

เนื่องจาก $\text{Probability}_{A0} > \text{Probability}_{A1}$ ดังนั้นเส้นทาง A0 เป็นเส้นทางที่คาดว่าเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ความสามารถและการทำงานของระบบจะวิเคราะห์จาก Requirement และออกแบบระบบด้วย UML ซึ่งแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 Requirement

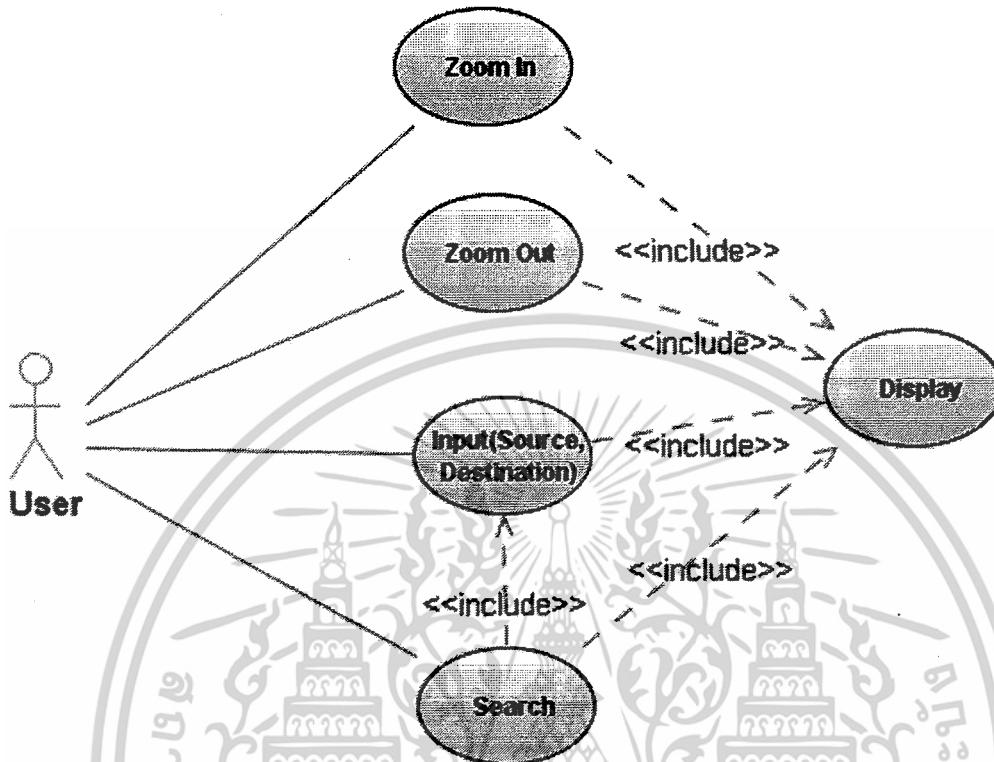
- ผู้ใช้สามารถหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทางที่กำหนดได้
- แผนที่อ้างอิงจากถนนที่มีอยู่จริงของกรุงเทพฯ ชั้นใน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการขับรถยนต์ได้
- โปรแกรมจะแสดงผลเส้นทางที่สั้นที่สุด ด้วยการเน้นสีบนแผนที่ และข้อมูลรายชื่อสถานที่, ถนนที่ผ่าน
- โปรแกรมมี GUI ที่ให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สะดวก

3.2 UML

การออกแบบระบบประกอบด้วย Use Case Diagram, Sequence Diagram, Class Diagram ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 Use Case Diagram



รูปที่ 3.1 Use Case Diagram

จากรูปที่ 3.1 Use Case Diagram แสดงถึงส่วนของระบบที่ให้ผู้ใช้งานใช้ได้ รวมถึงส่วนของระบบที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานนั้น มีรายละเอียดดังนี้

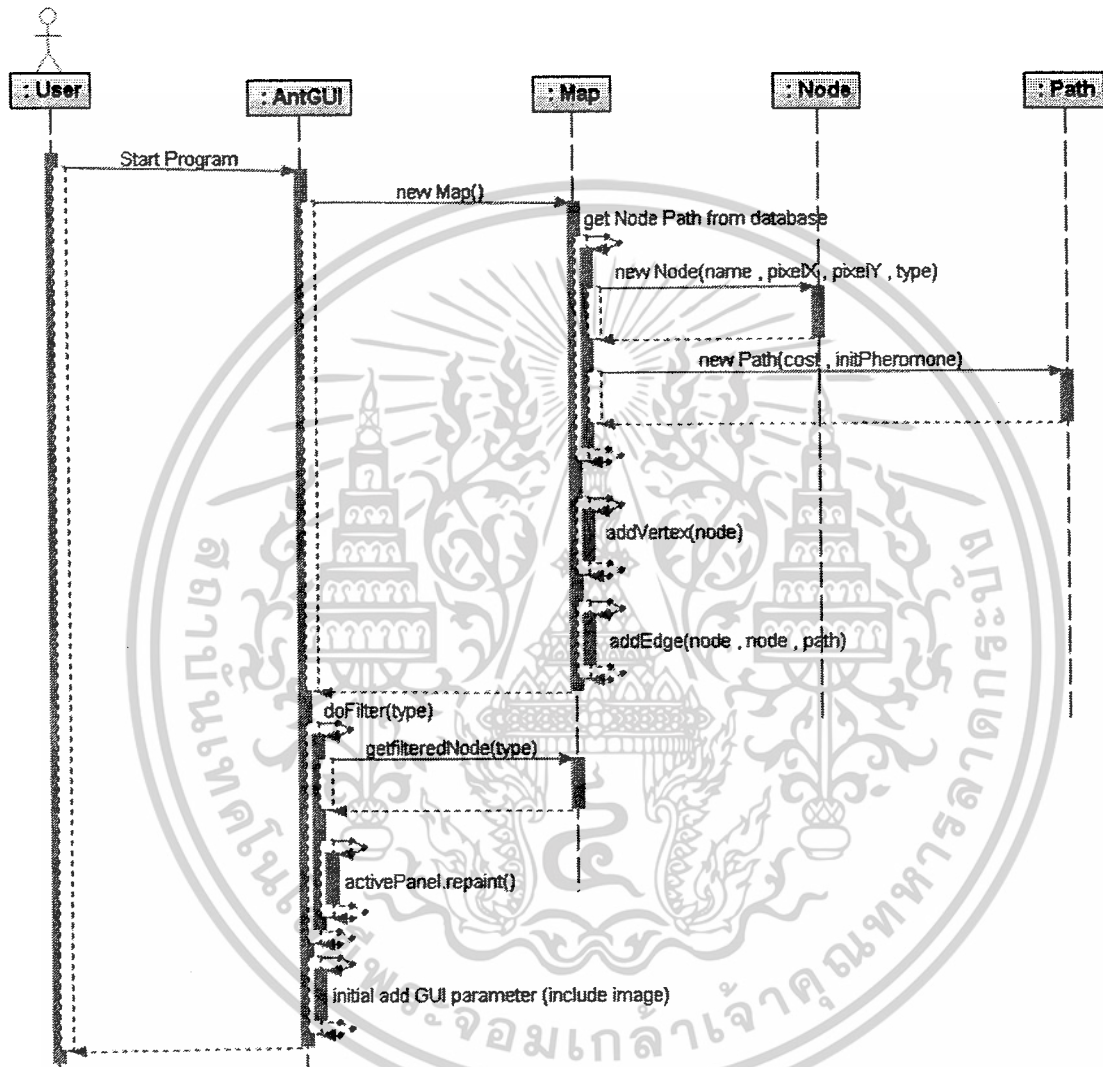
- Input(Source, Destination) ให้ผู้ใช้ป้อนข้อมูลจุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง
- Search ให้ผู้ใช้สั่งทำการค้นหาเส้นทางโดยใช้ข้อมูลจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางที่ป้อนเข้าไปก่อนหน้าในการค้นหา
- Zoom in, Zoom out ให้ผู้ใช้สามารถย่อขยายขนาดแผนที่ที่แสดงผลได้
- Display แสดงแผนที่ตามคำสั่งที่ผู้ใช้ป้อนเข้ามา รวมถึงแสดงเส้นทางที่สั้นที่สุดด้วย ถ้าผู้ใช้สั่งทำการค้นหาเส้นทางแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 Sequence Diagram

แยกเป็นการทำงาน 4 ส่วนหลักๆ ดังนี้

3.2.2.1 Start Program

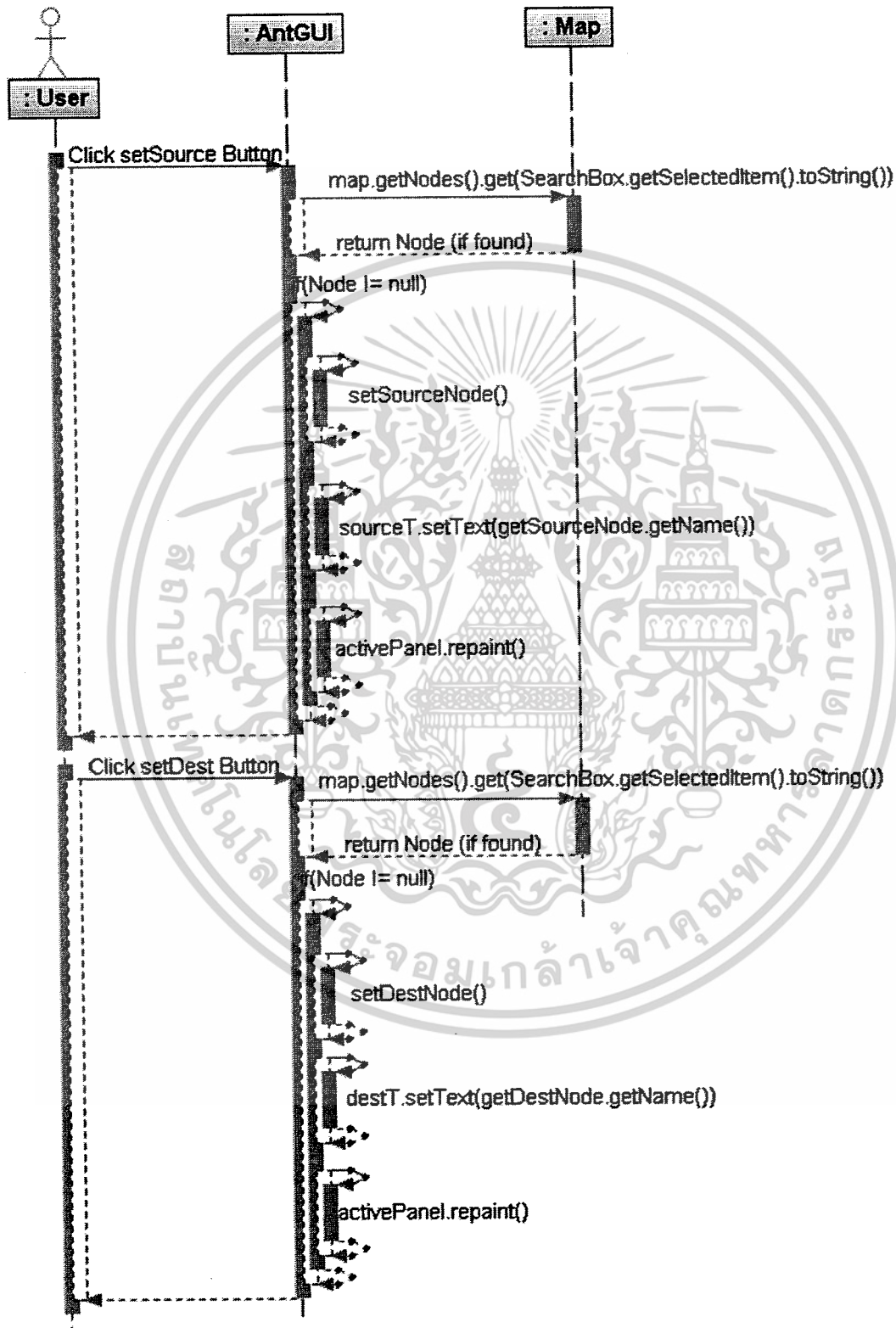


รูปที่ 3.2 Sequence Diagram (Start Program)

จากรูปที่ 3.2 แสดง Sequence Diagram ขั้นตอนเมื่อผู้ใช้เปิดโปรแกรม ระบบจะสร้าง Map ที่เป็นตัวแทนของแผนที่ โดยเป็น โครงสร้างของ Node และ path ทั้งหมดภายในแผนที่ และสร้าง ข้อมูลแบบ map ด้วยการกำหนด Vertex และ Edge ภายในข้อมูลแบบ map จากนั้นทำการกรอง ข้อมูลสถานที่เริ่มต้นและแสดงบน activePanel ที่เป็นส่วนแสดงภาพแผนที่ ท้ายสุดจึงทำการ กำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ของหน้าจอ AntGUI ก่อนแสดงผลให้กับผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.2 Select Source and Destination

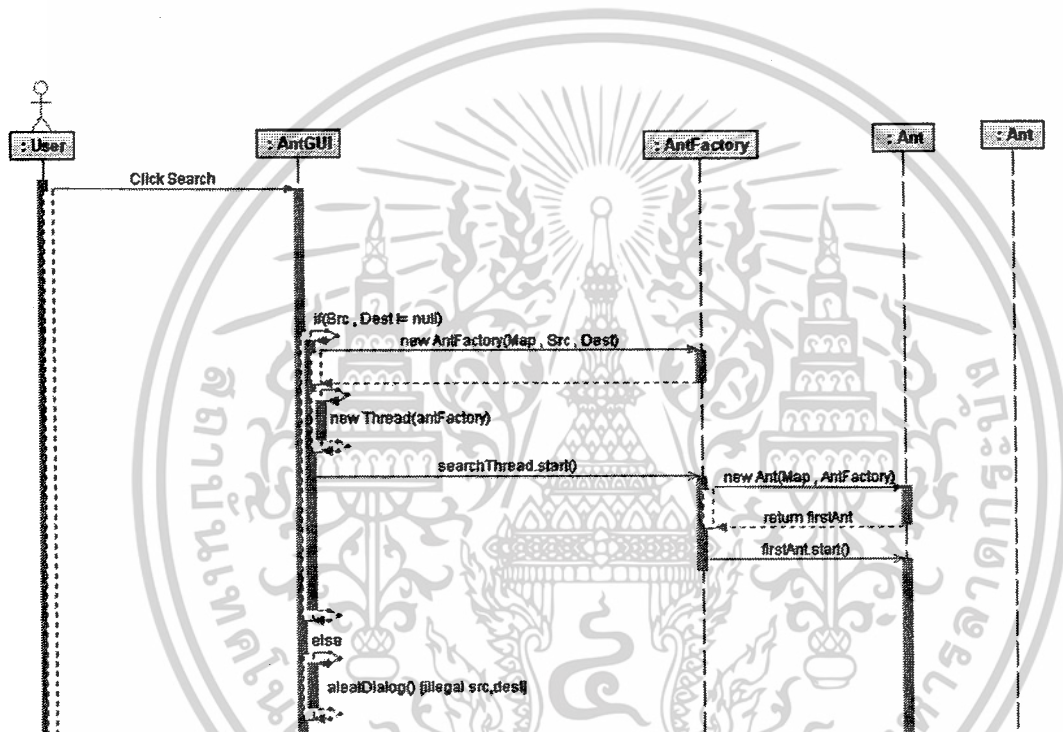


รูปที่ 3.3 Sequence Diagram (Select Source and Destination)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

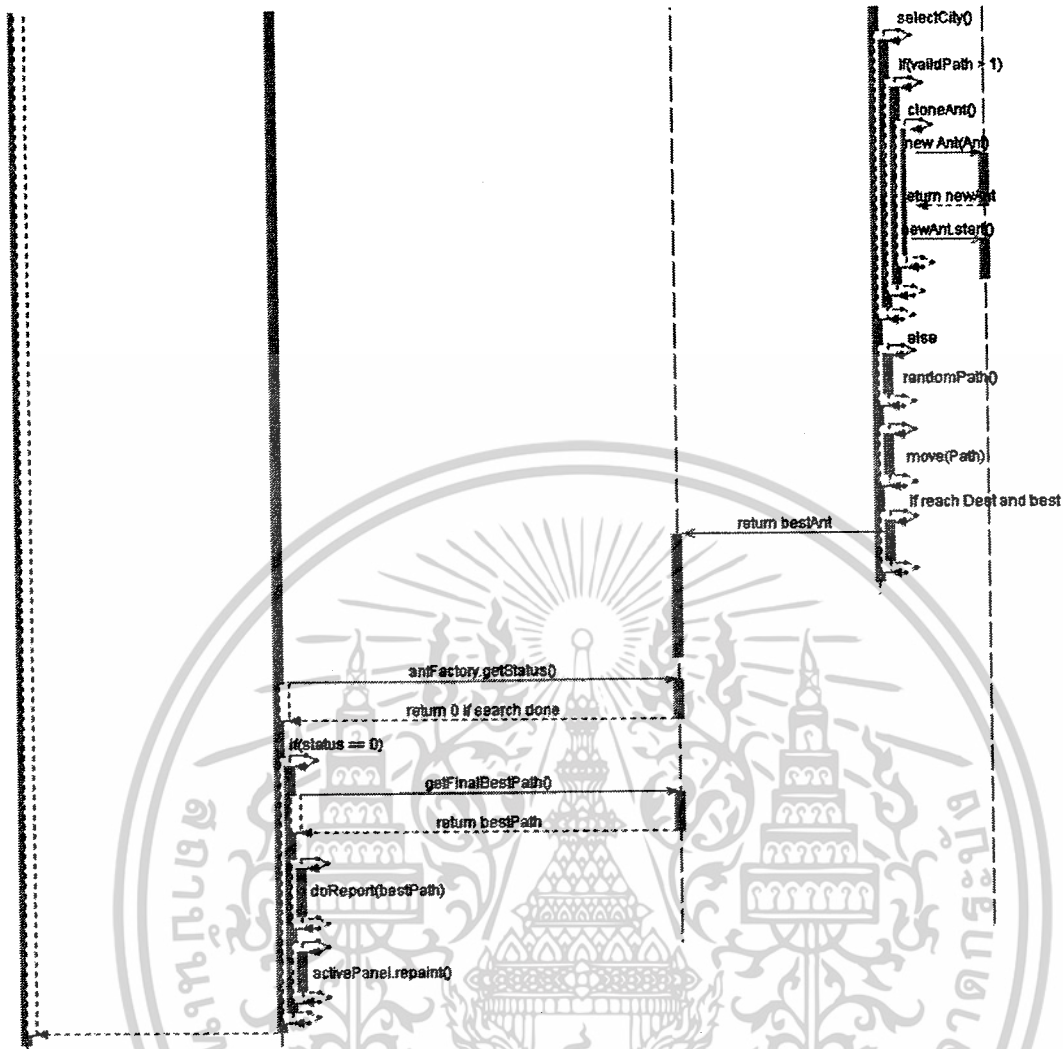
จากรูปที่ 3.3 แสดง Sequence Diagram ขั้นตอนการกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง โดยเมื่อผู้ใช้คลิกปุ่ม SetSource ที่ใช้ในการกำหนดจุดเริ่มต้น ระบบก็จะเข้าไปค้นหา Node ที่มีชื่อตรงกับชื่อภายใน SearchBox ที่เป็น ComboBox ว่ามีหรือไม่ เมื่อค้นหาเจอก็จะกำหนด Node ที่เลือกนั้นให้เป็นจุดเริ่มต้นพร้อมกับแสดงผลชื่อ Node ที่ผู้ใช้เลือกใน sourceT ที่เป็น TextBox รวมถึงทำการ repaint รูปส่วน activePanel เพื่อเน้นสียัง Node ที่ผู้ใช้เลือก ซึ่งสำหรับการกำหนดจุดปลายทางก็มีกระบวนการในทำนองเดียวกัน

3.2.2.3 Search



รูปที่ 3.4 Sequence Diagram (Search)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

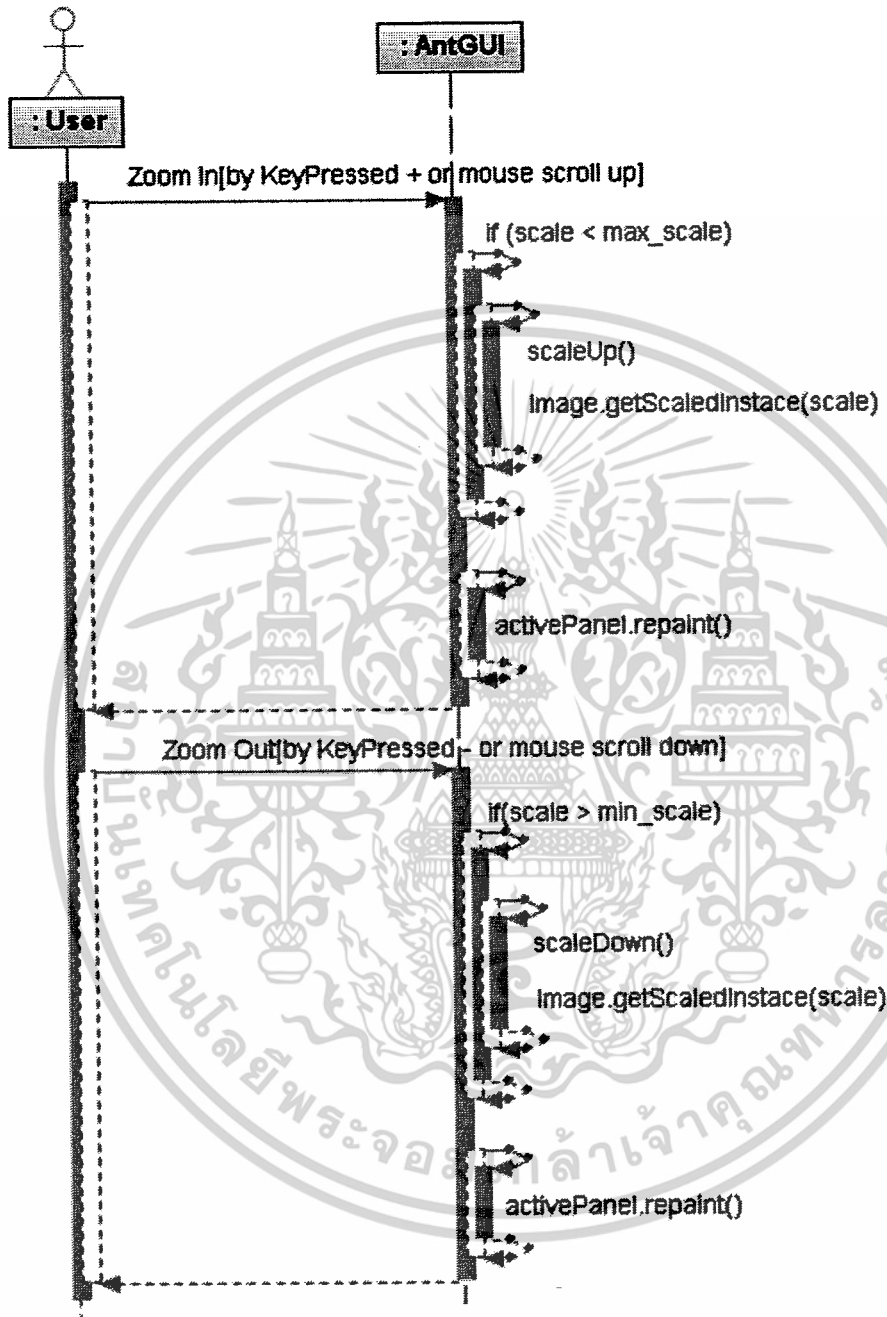


รูปที่ 3.4 Sequence Diagram (Search)(ต่อ)

จากรูปที่ 3.4 Sequence Diagram ของการค้นหาเส้นทาง ผู้ใช้ทำการกดปุ่มค้นหา ระบบจะตรวจสอบความถูกต้องของจุดเริ่มต้นและจุดปลายทาง ถ้าผิดพลาดก็จะมีแจ้งเตือนด้วย Dialog Box ถ้าถูกต้องระบบก็จะส่งคำสั่งค้นหาจาก Map ไปยัง AntFactory ที่เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้าง Ant ให้เริ่มทำการเดินค้นหาเส้นทางก่อนตัวแรก หลังจากนั้น Ant จะเป็นผู้สร้างตัวเองเพิ่มเอง และทำกระบวนการเดินทางเพื่อคำนวณหาเส้นทางที่สั้นที่สุด เมื่อการค้นหาเสร็จสิ้น AntGUI จะเป็นผู้เรียกเอาข้อมูลเส้นทางที่หาได้มาแสดงผลเป็นรายการลำดับการเดินทางและแสดงเส้นทางภายในแผนที่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2.4 Zoom

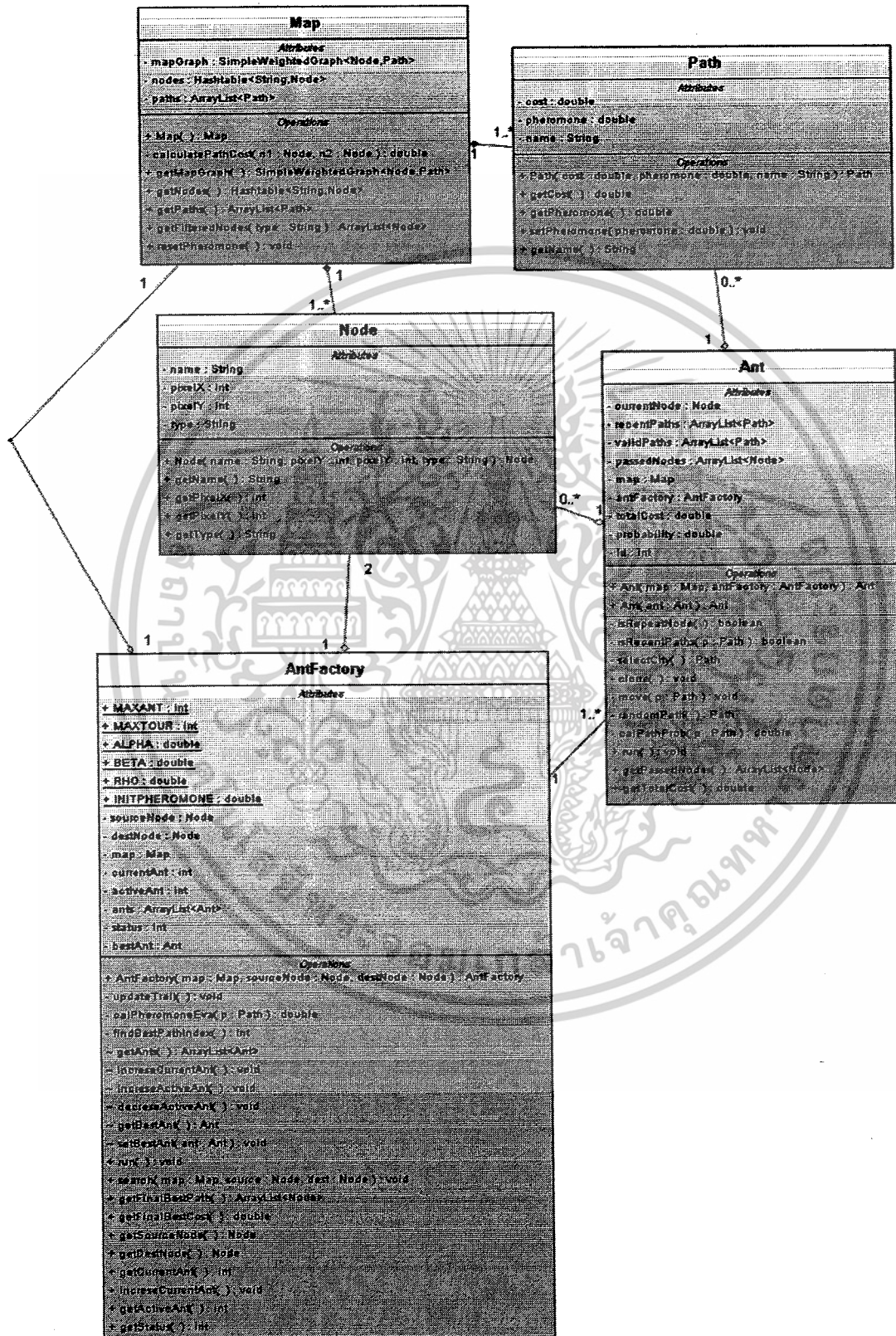


รูปที่ 3.5 Sequence Diagram (Zoom)

จากรูปที่ 3.5 Sequence Diagram ของการย่อขยายขนาดแผนที่ เมื่อผู้ใช้อยู่หรือขยายขนาดแผนที่ ระบบจะตรวจเช็คไม่ให้ขนาดของภาพไม่เกิดสเกลค่าน้อยที่สุดหรือค่ามากที่สุด ถ้าค่ายังอยู่ช่วงที่กำหนด ก็จะมีการกำหนดสเกลใหม่และสร้างรูปภาพที่มีสเกลใหม่ ส่งให้ AntGUI แสดงแผนที่ให้กับผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 Class Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3.6 Class Diagram นั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

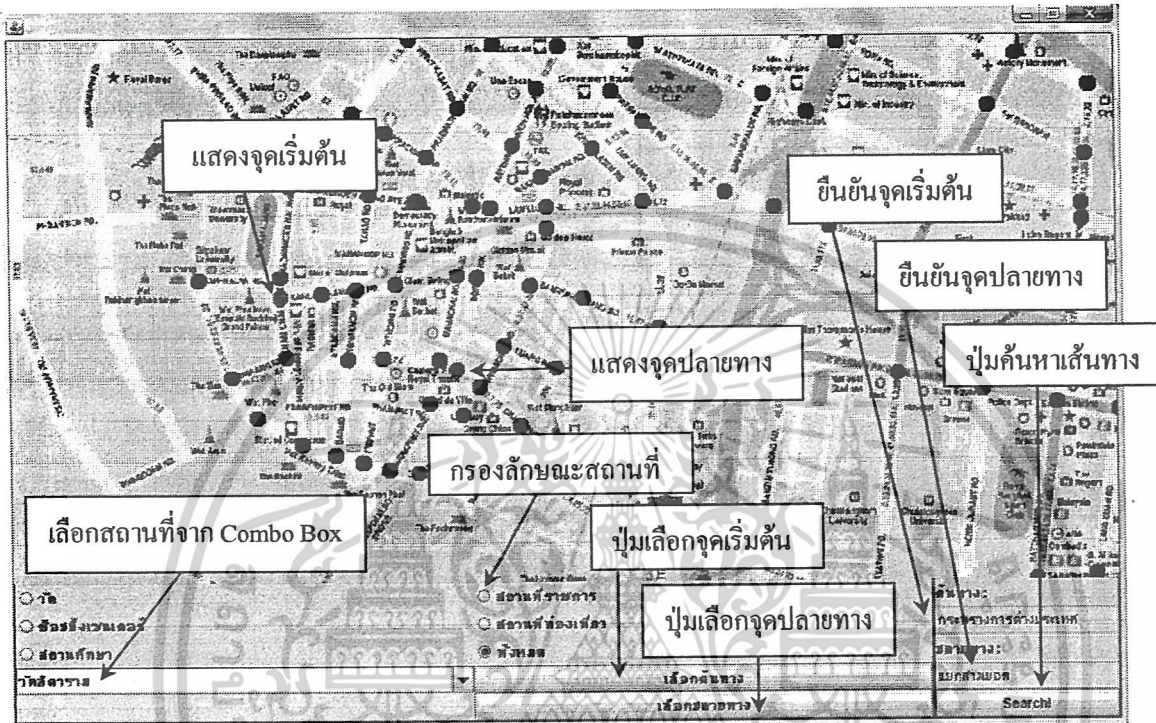
จากรูปที่ 3.6 Class Diagram ประกอบด้วย class ที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางด้วย ANT Algorithm 5 Class คือ AntFactory, Ant, Map, Node และ Path มีรายละเอียดดังนี้

- AntFactory เป็น Class ที่ทำงานเป็นส่วนศูนย์กลางในการควบคุม Ant คำนวณระดับฟีโรโมนลงเส้นทาง และเก็บเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ได้จาก Ant ทุกตัว
- Ant เป็น Class ที่ทำงานแบบ Thread โดยทำการเดินใน Map เพื่อค้นหาเส้นทาง สามารถสร้างตัวเองขึ้นมาใหม่ในการเดินไปทุกเส้นทาง หรือคำนวณความน่าจะเป็น และเลือกเส้นทาง ณ ทางแยกได้ รวบรวมข้อมูลเส้นทางส่งให้กับ AntFactory เมื่อสามารถไปถึงปลายทางได้
- Map เป็น Class แทนถึงจุดต่างๆและเส้นทางของแผนที่โดยรวมในโครงสร้างแบบ Graph โดยมี Node แทนจุดต่างๆ และ Path แทนเส้นทางระหว่าง Node ที่เชื่อมต่อกัน Node จะมีชื่อและพิกัดของตัวเองเก็บไว้ และ Path ก็จะมีเก็บค่าระยะทางและค่าฟีโรโมนที่เพิ่มขึ้นจากการที่ Ant เดินผ่าน
- Node เป็น Class แทนถึงจุดสถานที่ต่างๆ ภายในแผนที่ โดยเก็บข้อมูลชื่อสถานที่ ตำแหน่งพิกัด X,Y ในหน่วย pixel และประเภทของสถานที่
- Path เป็น Class แทนถึงเส้นทางต่างๆภายในแผนที่ โดยเก็บข้อมูลระยะทางในหน่วย pixel ค่าปริมาณฟีโรโมน และชื่อของเส้นทางนั้น

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.3 User Interface

หน้าจอแอปพลิเคชันที่ให้ผู้ใช้งานทำการค้นหาเส้นทาง มีส่วนประกอบ ดังรูปที่ 3.7 (รายละเอียดวิธีใช้งานโดยละเอียด แสดงไว้ที่ภาคผนวก ค.)



รูปที่ 3.7 หน้าจอ Application ของโปรแกรมค้นหาเส้นทาง

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม

สิ่งสำคัญที่ทำให้ Ant Algorithm สามารถค้นหาเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับ การกำหนดค่าตัวแปรต่างๆ อย่างเหมาะสม ได้แก่ ค่า α , β , ρ , MAXANT และ MAXTOUR โดยในการทดลองมีข้อกำหนดดังนี้

- กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางในแผนที่ ซึ่งทำการทดลองทั้งหมด 3 ครั้งใหญ่ๆ คือ ระยะทางใกล้ (ผ่าน Node จำนวนน้อย), ระยะทางปานกลาง (ผ่าน Node จำนวนปานกลาง) และระยะทางไกล (ผ่าน Node จำนวนมาก) โดยทั้ง 3 ครั้งมีจุดเริ่มต้นเป็นจุดเดียวกัน
- ค่าตัวแปรอื่นที่ไม่ใช่ตัวแปรที่ทดลอง จะถูกกำหนดให้เป็นตัวแปรควบคุม
- ในการทดลอง 1 ครั้งของค่าตัวแปรที่พิจารณาจะทำการรันโปรแกรมค้นหาเส้นทางทั้งหมด 30 รอบ และบันทึกผลลัพธ์เส้นทางสุดท้ายที่ได้ในแต่ละรอบในค่าระยะทางเป็น pixel เพื่อนำมาพิจารณาในรูปแบบค่ามากที่สุด(max), ค่าน้อยที่สุด(min), ค่าเฉลี่ย (average) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(SD) โดยค่าตัวแปรที่เหมาะสมนั้น ควรที่จะมีค่าดังกล่าวทั้งหมดนี้ (max, min, average, SD) น้อยที่สุด (ข้อมูลจากการทดลองจะแสดงไว้ที่ ภาคผนวก ง. ซึ่งข้อมูลในบทนี้ผ่านการพิจารณาจากผล 30 รอบแล้ว)
- เมื่อทำการทดลองครบทั้งหมดจึงสรุปผลเพื่อหาค่าตัวแปรที่เหมาะสมกับแผนที่นี้ พร้อมกับทดสอบกับเส้นทางใดๆ ในแผนที่ด้วยการใช้ค่าตัวแปรที่เหมาะสม จุดเริ่มต้นและจุดปลายทางทั้งหมด 3 จุดนั้น ประกอบด้วยจุดดังนี้

1. ระยะทางใกล้

จุดเริ่มต้น : แยกสุโขทัย (ตำแหน่ง pixel X : 1026, ตำแหน่ง pixel Y : 210)

จุดปลายทาง : แยกจักรพรรดิพงษ์ (ตำแหน่ง pixel X : 813, ตำแหน่ง pixel Y : 579)

การกระจัด(displacement) : 418.293 pixels

2. ระยะทางปานกลาง

จุดเริ่มต้น : แยกสุโขทัย (ตำแหน่ง pixel X : 1026, ตำแหน่ง pixel Y : 210)

จุดปลายทาง : ถนนจักรวรรดิ (ตำแหน่ง pixel X : 670, ตำแหน่ง pixel Y : 926)

การกระจัด(displacement) : 791.571 pixels

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

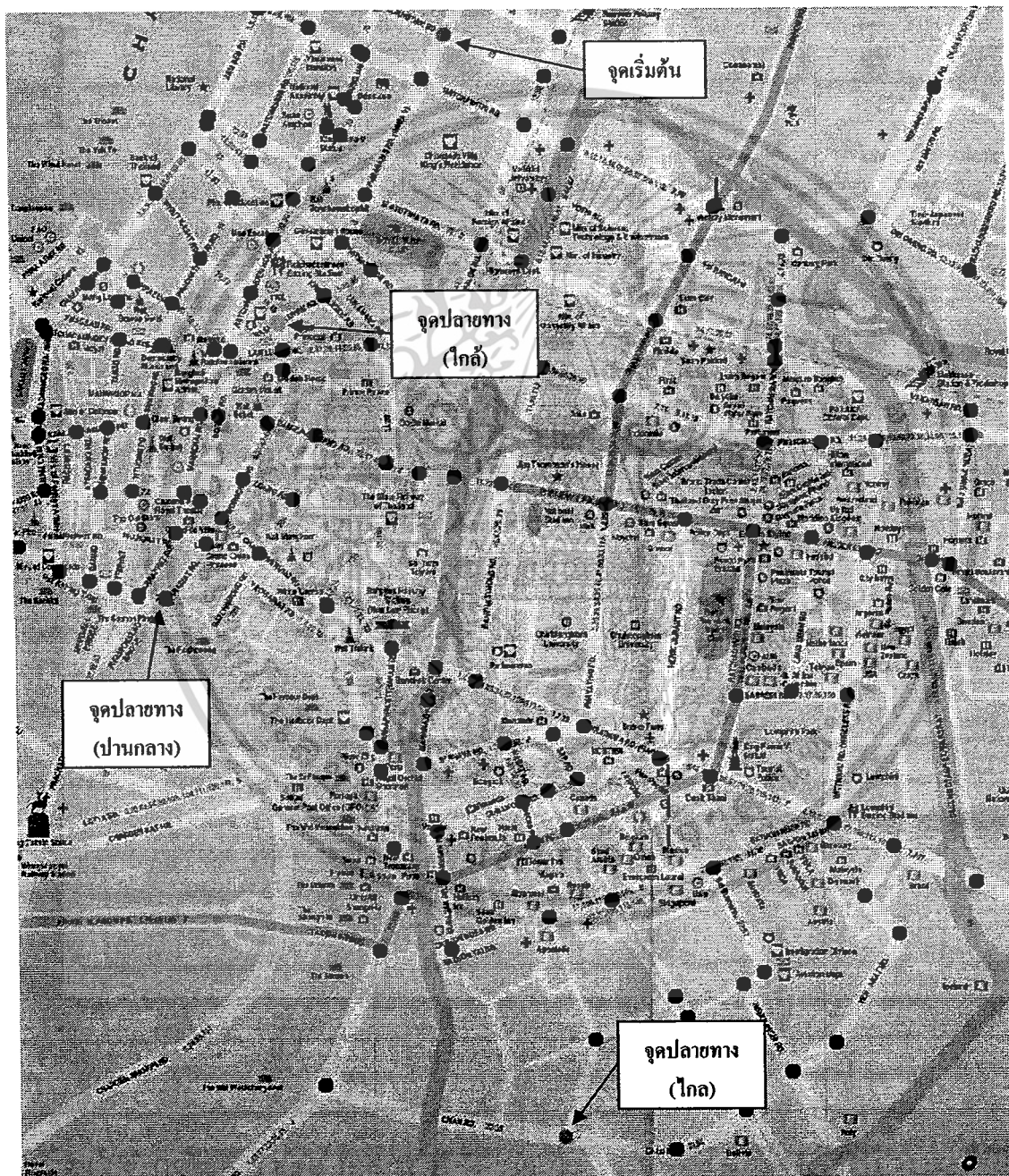
3. ระยะทางไกล

จุดเริ่มต้น : แยกสุโขทัย (ตำแหน่ง pixel X : 1026, ตำแหน่ง pixel Y : 210)

จุดปลายทาง : สะพาน3 (ตำแหน่ง pixel X : 1161, ตำแหน่ง pixel Y : 1606)

การกระจัด(displacement) : 1393.554 pixels

จุดเริ่มต้นและจุดปลายทางทั้งหมดแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางของทั้ง 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 การทดลองค่า Alpha และ Beta

ค่า Alpha และ Beta เป็นค่าที่ใช้คำนวณความน่าจะเป็นของการเลือกเส้นทางของมดตามที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 โดยจะทำการทดลองภายใต้ช่วงที่กำหนดไว้ในบทที่ 2 (Alpha = 1.5-3, Beta = 1-5) และทำทุกๆ combination ของค่า Alpha และ Beta ทั้งหมด ซึ่งค่า Alpha จะเพิ่มขึ้นทีละ 0.5 ส่วนค่า Beta จะเพิ่มขึ้นทีละ 1 จึงเป็นการทดลองค่า Alpha, Beta ทั้งหมด 20 combinations ส่วนค่าของตัวแปรที่กำหนดเป็นตัวแปรควบคุม มีค่าดังนี้

$$\text{MAXANT} = 1000, \text{MAXTOUR} = 10, \text{Rho} = 0.6$$

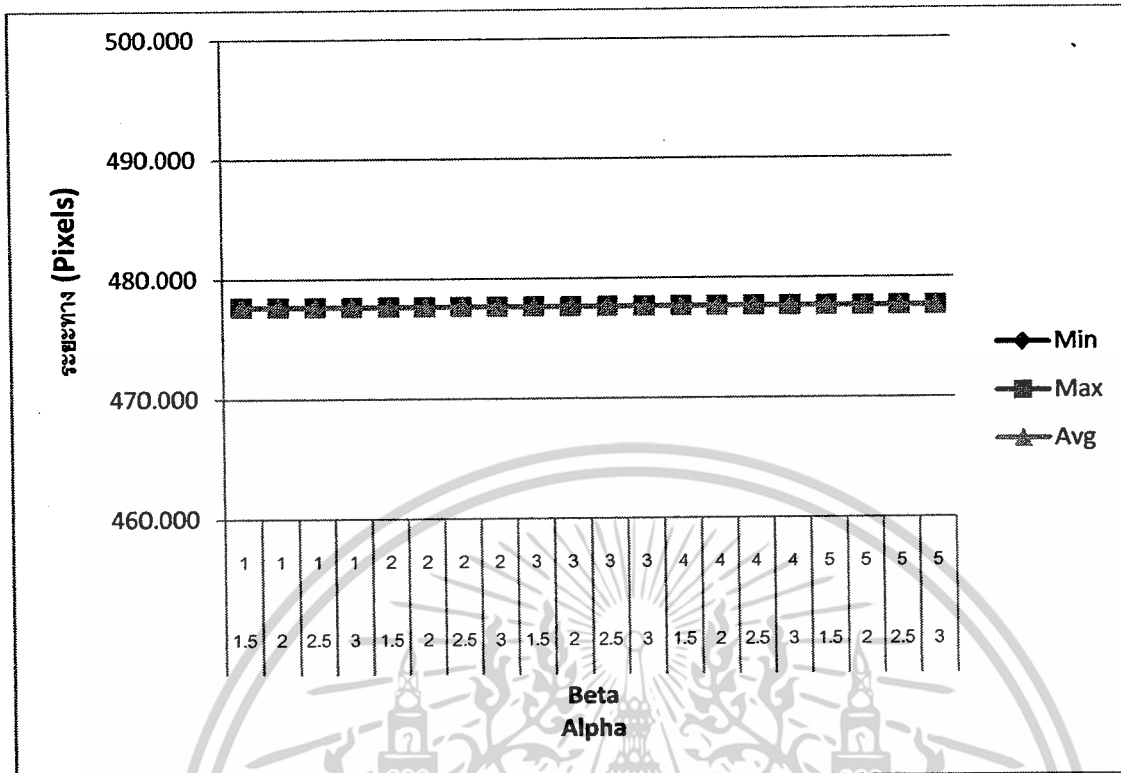
ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะใกล้ ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะใกล้

Alpha	Beta	Min	Max	Avg	SD
1.5	1	477.667	477.667	477.667	0.000
2	1	477.667	477.667	477.667	0.000
2.5	1	477.667	477.667	477.667	0.000
3	1	477.667	477.667	477.667	0.000
1.5	2	477.667	477.667	477.667	0.000
2	2	477.667	477.667	477.667	0.000
2.5	2	477.667	477.667	477.667	0.000
3	2	477.667	477.667	477.667	0.000
1.5	3	477.667	477.667	477.667	0.000
2	3	477.667	477.667	477.667	0.000
2.5	3	477.667	477.667	477.667	0.000
3	3	477.667	477.667	477.667	0.000
1.5	4	477.667	477.667	477.667	0.000
2	4	477.667	477.667	477.667	0.000
2.5	4	477.667	477.667	477.667	0.000
3	4	477.667	477.667	477.667	0.000
1.5	5	477.667	477.667	477.667	0.000
2	5	477.667	477.667	477.667	0.000
2.5	5	477.667	477.667	477.667	0.000
3	5	477.667	477.667	477.667	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการค้นหาเส้นทางระยะใกล้

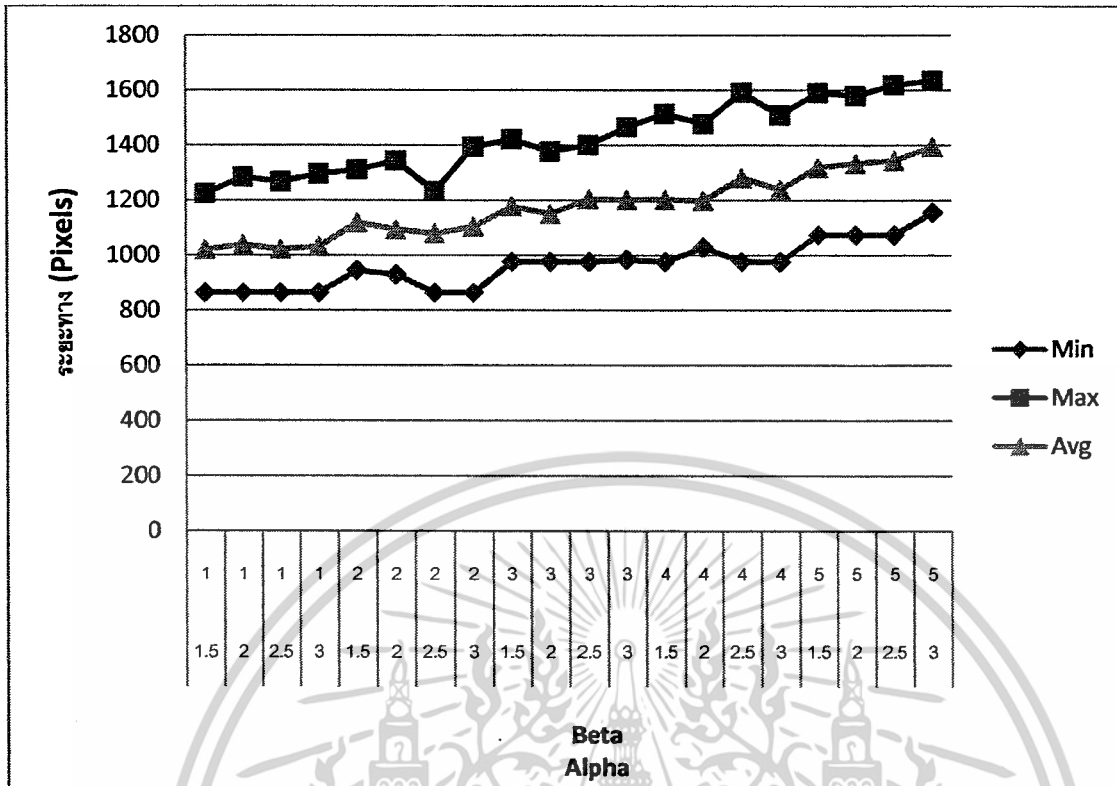
จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 พบว่า ไม่สามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเส้นทางระยะใกล้ ค่า Alpha, Beta ควรจะมีค่าเช่นใด เพราะให้ผลลัพธ์เส้นทางที่มีระยะเท่ากันหมด (ซึ่งเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดจริง) เนื่องจากค่า min, max, average คงที่ทั้งหมดทุกค่า Alpha, Beta ค่า SD จึงมีค่าเป็น 0 เสมอ จึงไม่ขอแสดงผลกราฟของ SD ไว้

ต่อไป ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

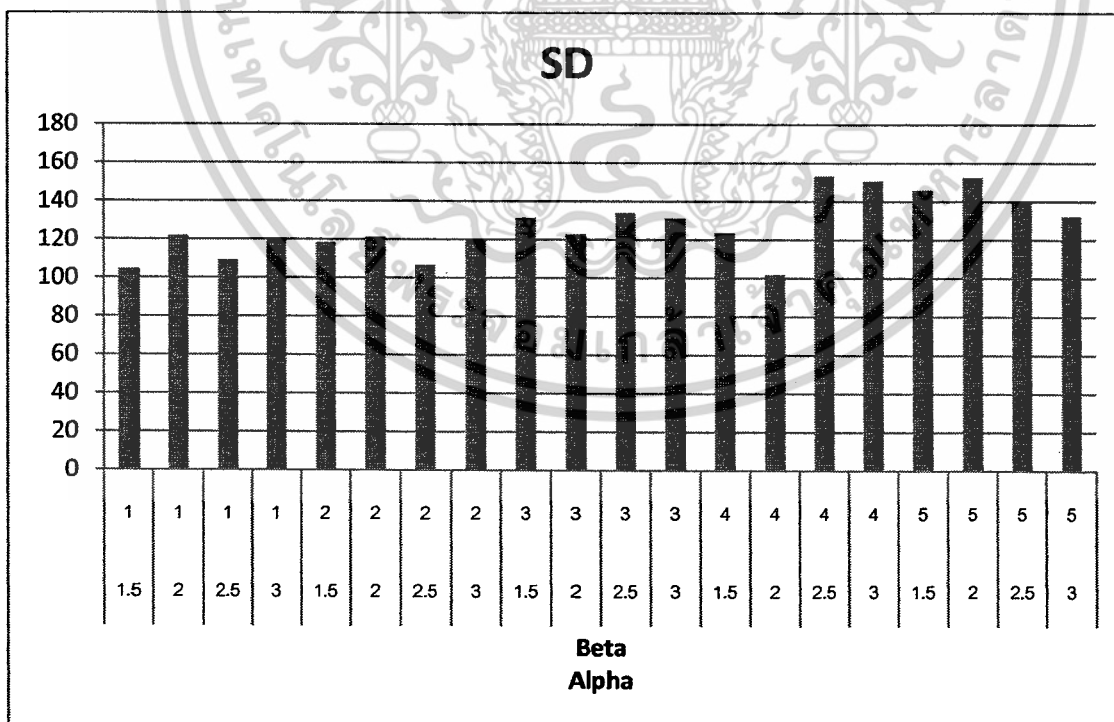
ตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง

Alpha	Beta	Min	Max	Avg	SD
1.5	1	864.324	1224.945	1021.928	104.501
2	1	864.324	1284.126	1039.813	122.080
2.5	1	864.324	1267.456	1023.127	109.083
3	1	864.324	1296.309	1032.817	120.779
1.5	2	945.122	1310.656	1119.532	118.341
2	2	931.123	1343.237	1094.931	121.441
2.5	2	864.324	1233.074	1079.887	106.780
3	2	864.324	1394.770	1104.288	119.778
1.5	3	975.959	1421.738	1177.383	131.313
2	3	976.156	1377.339	1150.389	122.892
2.5	3	976.156	1400.450	1204.451	134.082
3	3	984.572	1465.556	1201.927	131.036
1.5	4	976.156	1514.758	1202.587	123.631
2	4	1028.588	1477.966	1198.833	101.894
2.5	4	976.156	1591.390	1280.407	153.396
3	4	975.959	1509.548	1238.878	150.708
1.5	5	1074.033	1590.801	1318.678	145.964
2	5	1073.836	1580.345	1334.000	152.578
2.5	5	1074.033	1619.442	1344.420	139.892
3	5	1156.211	1634.678	1394.720	132.196

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

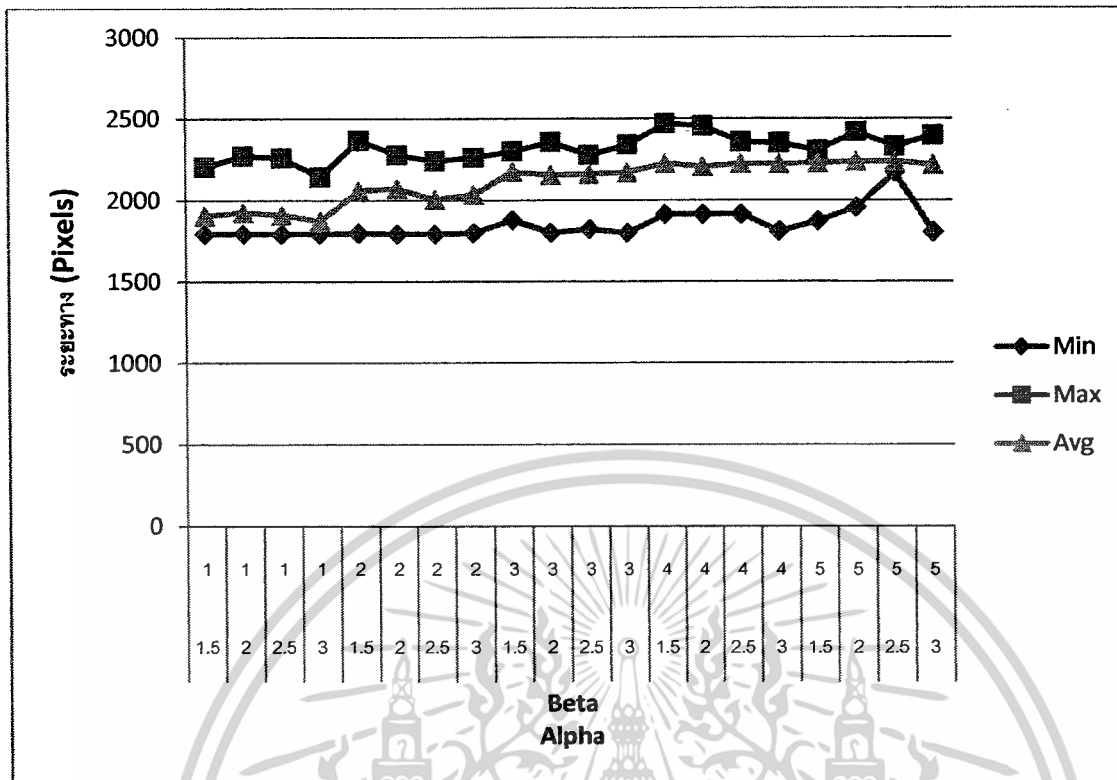
จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.2, รูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 พบว่า ยิ่งค่า Alpha หรือ Beta มีค่าเพิ่มขึ้น ผลลัพธ์เส้นทางจะยิ่งเบี่ยงเบนมากขึ้นหรือทำให้เส้นทางที่หาได้มีระยะทางเพิ่มขึ้น โดยค่าที่เหมาะสมนั้นคือ $\text{Alpha} = 1.5$ และ $\text{Beta} = 1$ เพราะสามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ และค่า max , average มีค่าน้อยใกล้เคียงกับค่า min มากที่สุด รวมถึงค่า SD มีค่าน้อยด้วยเช่นกัน

ต่อไป ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะไกล ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

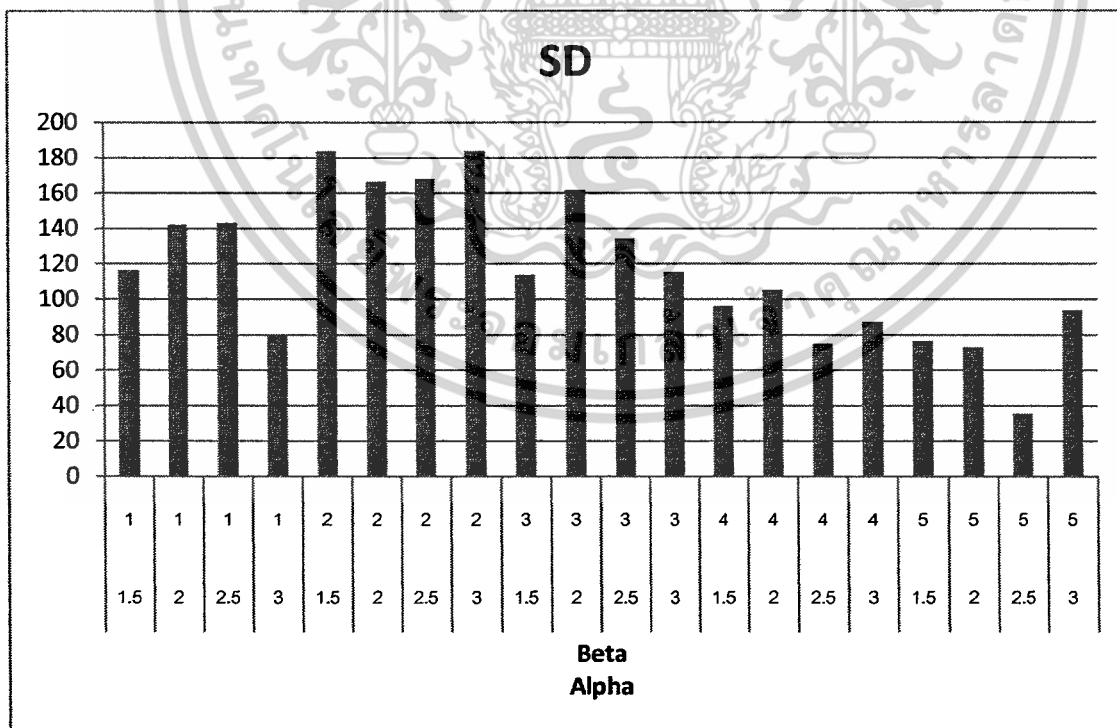
ตารางที่ 4.3 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะไกล

Alpha	Beta	Min	Max	Avg	SD
1.5	1	1792.897	2204.129	1905.240	116.369
2	1	1792.897	2271.867	1924.008	142.159
2.5	1	1792.897	2260.286	1910.129	143.099
3	1	1792.897	2142.392	1871.692	79.479
1.5	2	1799.266	2366.785	2059.257	183.894
2	2	1792.897	2277.926	2071.926	166.461
2.5	2	1792.897	2240.925	2005.148	168.165
3	2	1799.266	2262.169	2033.870	183.975
1.5	3	1878.040	2300.854	2173.766	113.941
2	3	1799.934	2355.632	2153.184	161.774
2.5	3	1821.600	2277.037	2158.832	134.335
3	3	1799.266	2339.697	2171.003	115.524
1.5	4	1913.236	2469.298	2225.144	96.251
2	4	1913.903	2455.032	2204.892	105.368
2.5	4	1913.903	2356.864	2222.416	75.098
3	4	1809.419	2350.986	2221.625	87.296
1.5	5	1872.090	2305.359	2226.747	76.426
2	5	1955.865	2418.767	2236.745	72.849
2.5	5	2168.319	2331.241	2238.159	35.584
3	5	1803.542	2396.884	2214.718	94.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.3, รูปที่ 4.5 และรูปที่ 4.6 พบว่า กราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น คล้ายคลึงกับการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง โดยในค่า Alpha = 1.5 และ Beta = 1 อาจจะไม่ใช่ค่าที่เหมาะสมกับการค้นหาเส้นทางระยะไกลเหมือนกับการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง กลับกลายเป็นค่า Alpha = 3 และ Beta = 1 ที่เหมาะสมกับการค้นหาเส้นทางแบบนี้

4.1.2 การทดลองหาค่า Rho

ค่า Rho เป็นค่าที่กำหนดความสำคัญของปริมาณพีโรโมนที่เพิ่มขึ้นในเส้นทาง โดยในการทดลองจะทดลองค่า Rho ในช่วง 0.1-0.9 ซึ่งจะเพิ่มค่าขึ้นทีละ 0.1 ส่วนค่าของตัวแปรที่กำหนดเป็นตัวแปรควบคุม มีค่าดังนี้

MAXANT = 1000, Alpha = 1.5, Beta = 1

ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะไกล ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Rho ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล

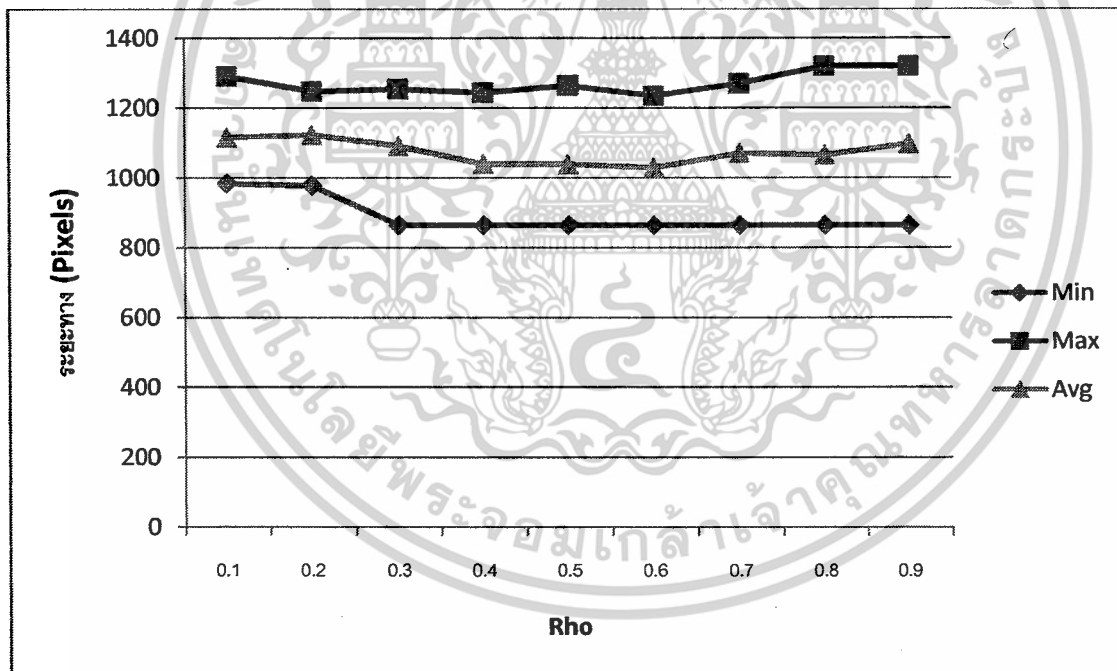
RHO	Min	Max	Avg	SD
0.1	477.667	477.667	477.667	0.000
0.2	477.667	477.667	477.667	0.000
0.3	477.667	477.667	477.667	0.000
0.4	477.667	477.667	477.667	0.000
0.5	477.667	477.667	477.667	0.000
0.6	477.667	477.667	477.667	0.000
0.7	477.667	477.667	477.667	0.000
0.8	477.667	477.667	477.667	0.000
0.9	477.667	477.667	477.667	0.000

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.4 พบว่า เนื่องจากค่า min, max ,average มีค่าคงที่ทั้งหมด ในทุกค่า Rho รวมถึงค่า SD ก็มีค่าเป็น 0 จึงขอไม่ทำการแสดงผลกราฟทั้งสอง การทดลองค่า Rho ของการค้นหาเส้นทางระยะไกลก็ไม่สามารถสรุปได้เช่นกันว่าค่า Rho เท่าใดที่เหมาะสมที่สุดต่อไป ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

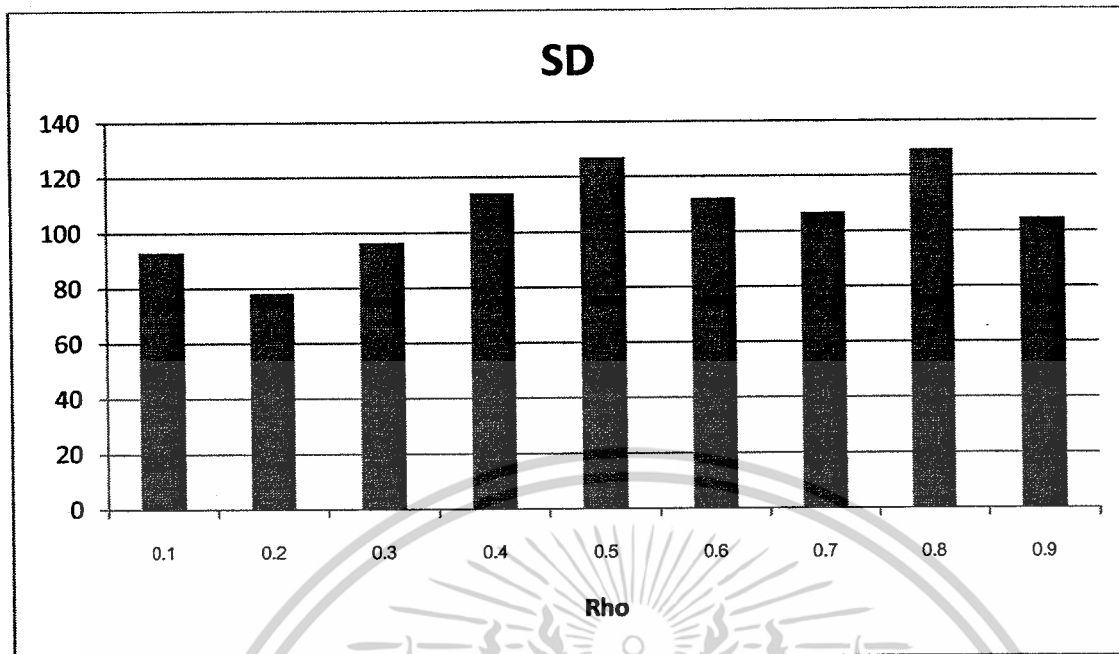
ตารางที่ 4.5 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง

RHO	Min	Max	Avg	SD
0.1	983.564	1290.238	1115.890	93.114
0.2	978.013	1247.834	1123.409	78.321
0.3	864.324	1254.332	1091.593	96.516
0.4	864.324	1243.683	1040.087	114.267
0.5	864.324	1264.423	1038.937	127.037
0.6	864.324	1234.883	1029.192	112.146
0.7	864.324	1270.031	1071.574	106.876
0.8	864.324	1319.653	1065.812	129.600
0.9	864.324	1319.653	1097.600	104.759



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า Rho ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า Rho ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.5, รูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8 พบว่า ค่า Rho = 0.6 เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยมีค่า min, max, average น้อยที่สุดพร้อมกันทั้งหมด โดยถึงแม้ว่าค่า SD จะมีค่าไม่น้อยที่สุด แต่ก็มีแนวโน้มที่จะได้รับผลลัพธ์เส้นทางที่สั้นที่สุดบ่อยขึ้น ซึ่งค่า Rho = 0.6 นั้นก็ตรงกับทฤษฎีที่เคยกล่าวไว้ในบทที่ 2

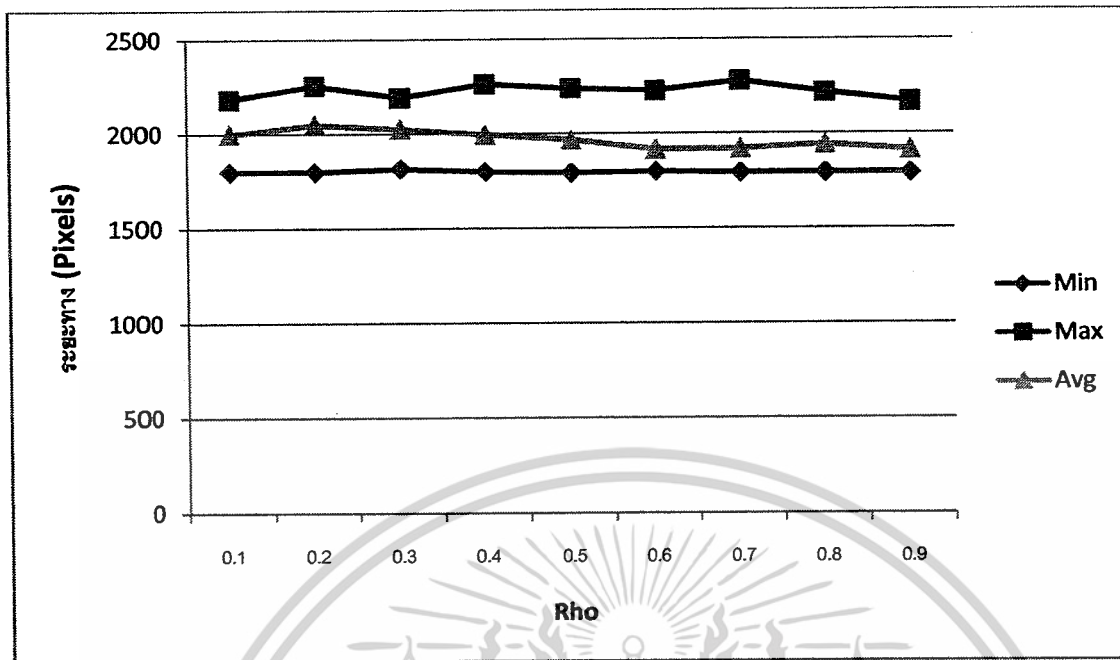
ต่อไป ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะไกล ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.6 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า Rho ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล

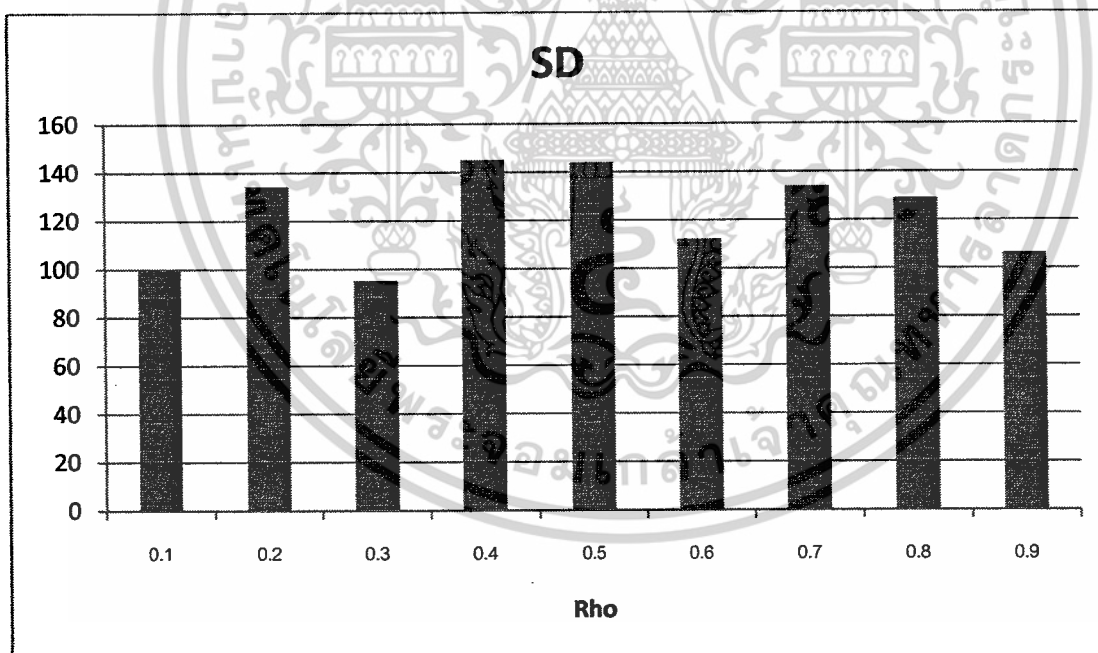
RHO	Min	Max	Avg	SD
0.1	1799.934	2183.639	1999.723	99.599
0.2	1799.266	2255.617	2050.108	134.257
0.3	1816.053	2192.887	2026.247	95.253
0.4	1799.934	2263.603	1995.303	145.183
0.5	1792.897	2239.193	1965.853	143.919
0.6	1799.266	2226.372	1915.559	112.206
0.7	1792.897	2279.133	1919.522	134.006
0.8	1792.897	2217.271	1942.870	129.045
0.9	1792.897	2167.072	1912.209	106.247

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า Rho ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า Rho ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.6, รูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10 พบว่า มีน้อยค่าที่สามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ แต่ก็สามารถสรุปได้ว่าค่า $Rho = 0.9$ เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งมีผลลัพธ์ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองในทำนองเดียวกันกับการค้นหาเส้นทางในระยะปานกลาง ที่ค่าที่เหมาะสมอาจจะไม่ได้มี SD น้อยที่สุดเสมอไป

4.1.3 การทดลองหาค่า MAXANT

ค่า MAXANT เป็นค่าที่กำหนดจำนวนมดสูงสุดที่จะใช้ในการค้นหาเส้นทางในแผนที่ โดยแนวคิดแล้ว จำนวนมดที่มากก็จะยิ่งเพิ่มโอกาสในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ในการทดลองจะกำหนดจำนวน MAXANT ในช่วง 50-5000 โดยในช่วง 50-500 จะเพิ่มจำนวนทีละ 50 ในช่วง 500-1000 จะเพิ่มจำนวนทีละ 100 และช่วง 1000-5000 จะเพิ่มขึ้นทีละ 1000 เนื่องจากแผนที่ที่มี Node เป็นจำนวนมาก การค่อยๆเพิ่มจำนวนมดทีละน้อยนั้น อาจเห็นความแตกต่างของข้อมูลน้อยเกินไป (รวมถึงมีโอกาสที่มดรอบที่ไม่สามารถค้นหาเส้นทางได้) ส่วนค่าของตัวแปรที่กำหนดเป็นตัวแปรควบคุม มีค่าดังนี้

MAXTOUR = 10, Alpha = 1.5, Beta = 1, Rho = 0.6

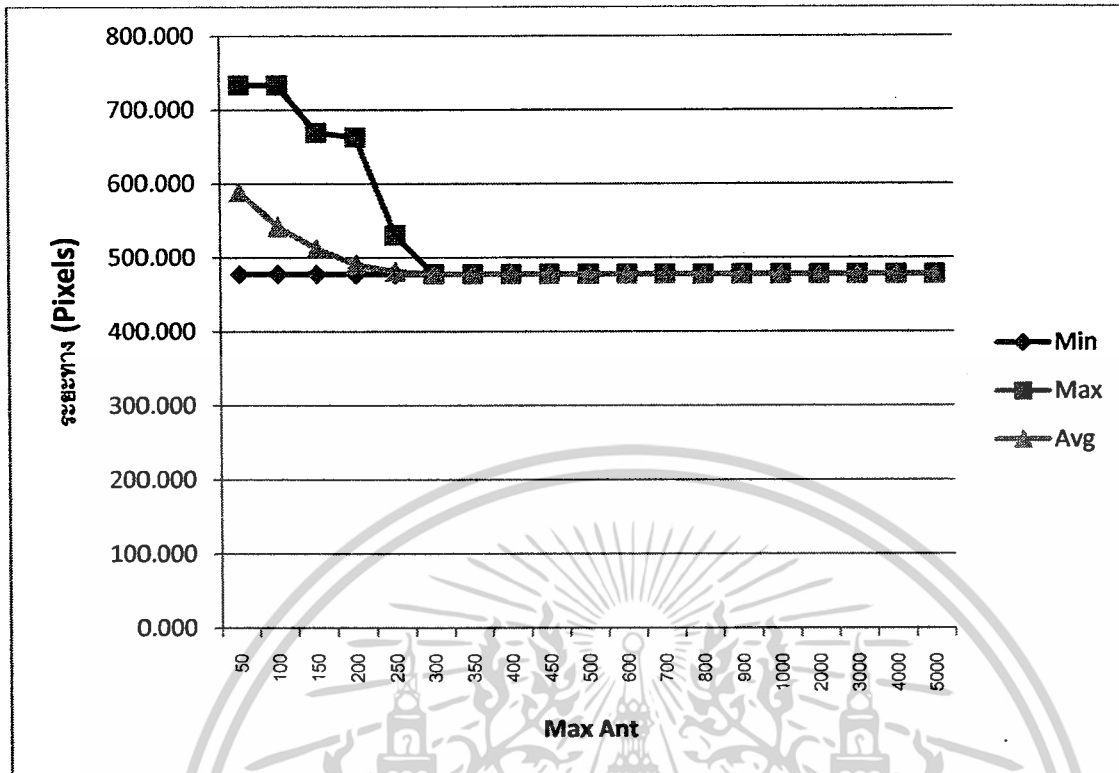
ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะใกล้ ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

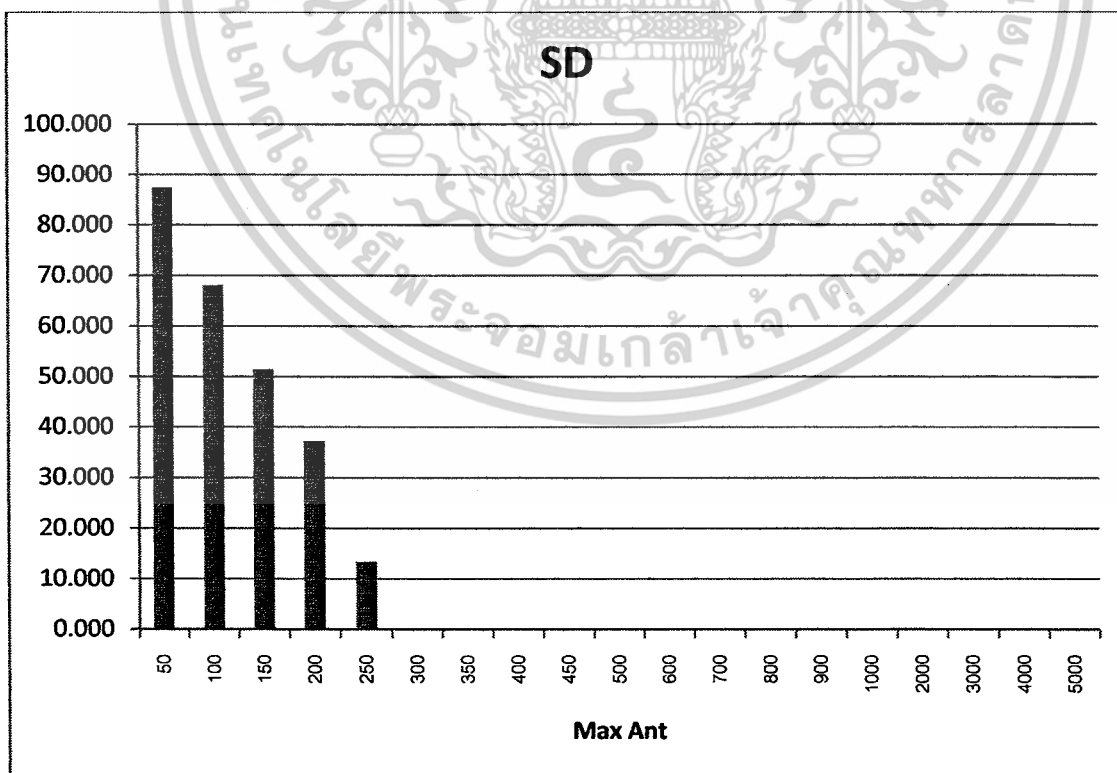
ตารางที่ 4.7 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะใกล้

MAX Ant	Min	Max	Avg	SD
50	477.667	733.679	588.865	87.466
100	477.667	733.679	541.488	68.126
150	477.667	669.243	512.116	51.518
200	477.667	663.019	490.862	37.237
250	477.667	530.295	481.175	13.352
300	477.667	477.667	477.667	0.000
350	477.667	477.667	477.667	0.000
400	477.667	477.667	477.667	0.000
450	477.667	477.667	477.667	0.000
500	477.667	477.667	477.667	0.000
600	477.667	477.667	477.667	0.000
700	477.667	477.667	477.667	0.000
800	477.667	477.667	477.667	0.000
900	477.667	477.667	477.667	0.000
1000	477.667	477.667	477.667	0.000
2000	477.667	477.667	477.667	0.000
3000	477.667	477.667	477.667	0.000
4000	477.667	477.667	477.667	0.000
5000	477.667	477.667	477.667	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทางระยะใกล้



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทางระยะใกล้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

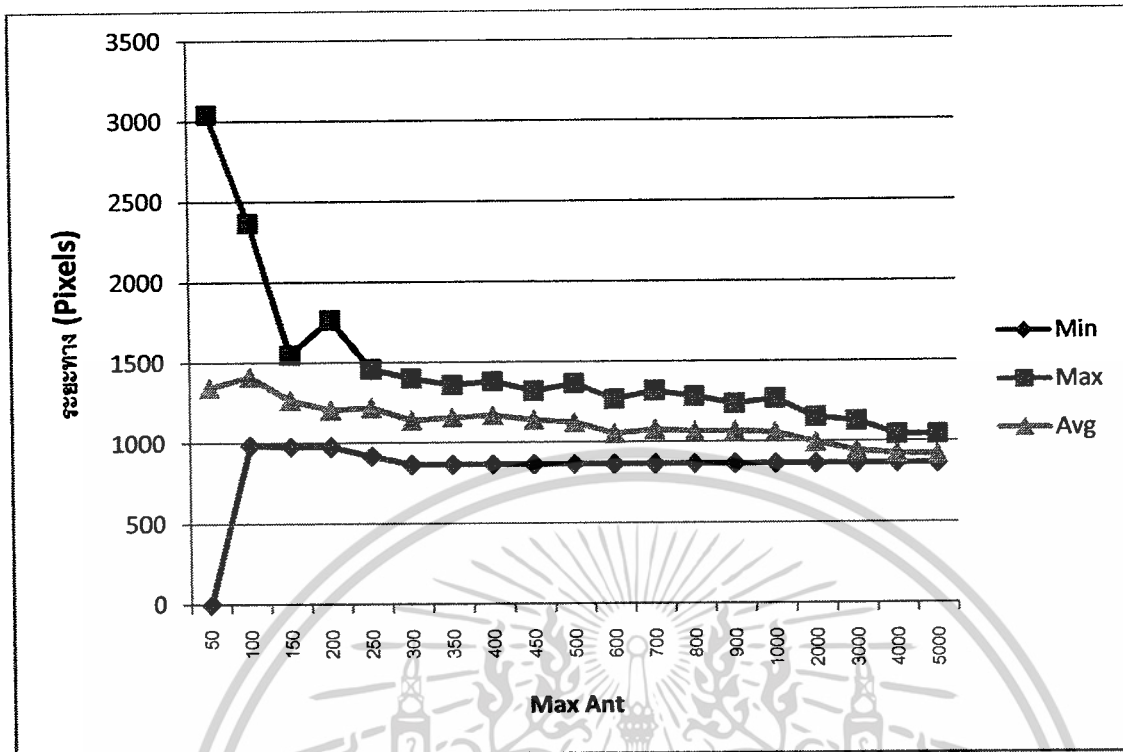
จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.7, รูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 พบว่า จำนวน MAXANT = 300 เป็นจำนวนที่เหมาะสมแล้ว เพราะสามารถหาข้อมูลเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ตลอดแล้ว ทำให้ไม่ใช้ทรัพยากรของเครื่องที่ทำการรันโปรแกรมโดยไม่จำเป็น (จำนวน MAXANT ที่เหมาะสมคือ ค่าที่สามารถค้นหาข้อมูลเส้นทางที่สั้นที่สุดได้อย่างคงที่โดยใช้จำนวนน้อยที่สุด)

ต่อไป ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

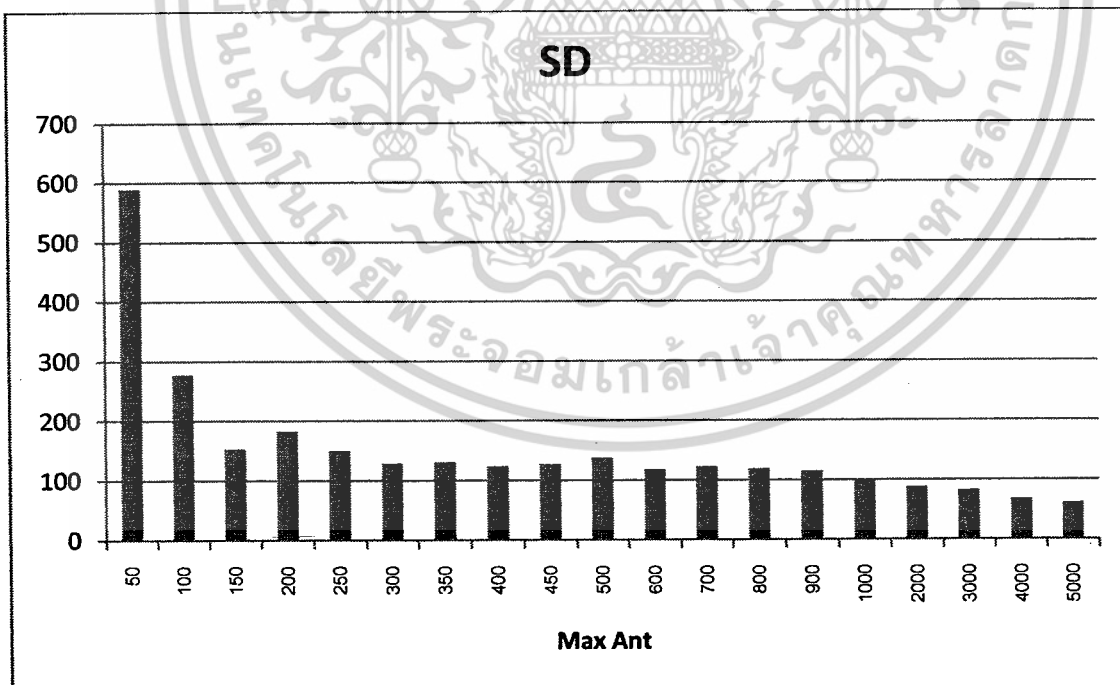
ตารางที่ 4.8 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง

MAX Ant	Min	Max	Avg	SD
50	0.000	3041.877	1345.228	589.660
100	984.376	2368.040	1412.596	278.162
150	976.156	1547.915	1266.157	153.271
200	975.959	1765.705	1205.706	182.722
250	916.953	1458.612	1220.459	150.105
300	864.324	1399.598	1139.999	128.357
350	864.324	1358.155	1158.738	130.898
400	864.324	1380.779	1170.219	123.463
450	864.324	1319.653	1140.754	127.660
500	864.324	1365.314	1123.659	138.043
600	864.324	1266.613	1054.808	118.055
700	864.324	1317.318	1077.015	122.322
800	864.324	1283.928	1066.362	119.264
900	864.324	1237.008	1069.844	115.287
1000	864.324	1267.845	1058.030	100.257
2000	864.324	1152.159	997.610	88.547
3000	864.324	1127.938	946.145	82.782
4000	864.324	1042.241	925.066	67.547
5000	864.324	1042.241	919.987	61.065

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

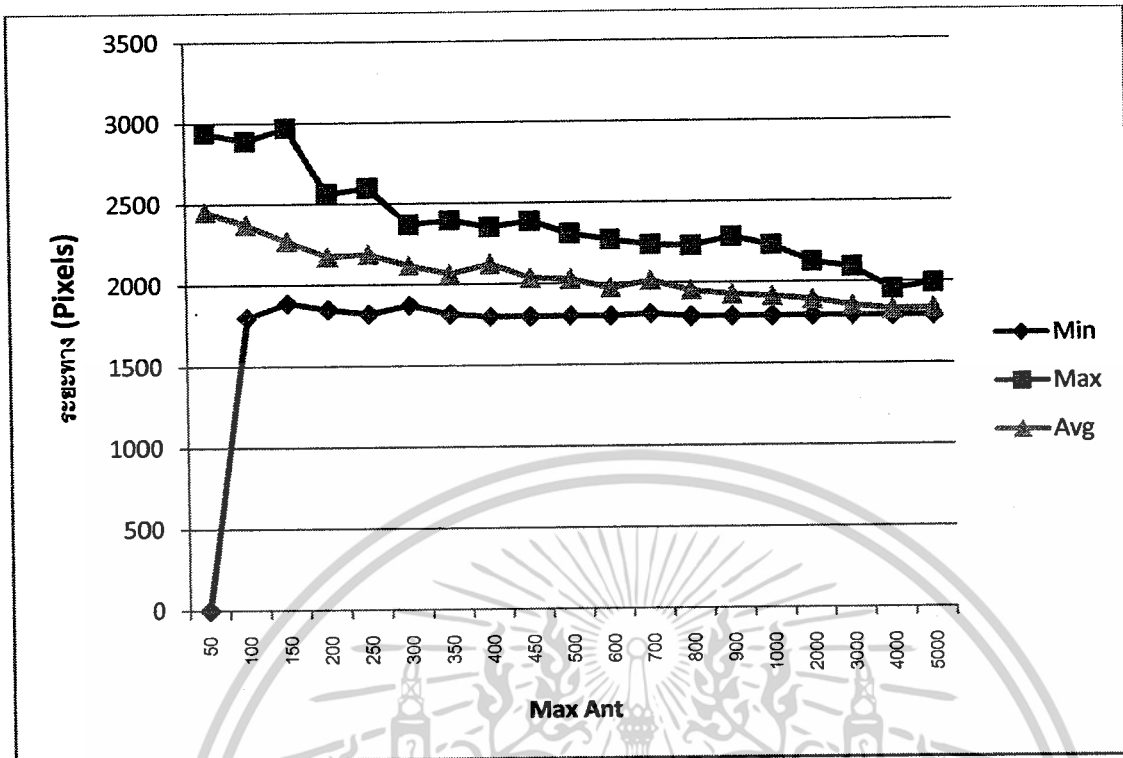
จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.8, รูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 พบว่า การใช้จำนวนน้อยมีโอกาที่จะไม่สามารถค้นหาเส้นทางได้(ผลลัพธ์ระยะทางเป็น 0) ซึ่งควรหลีกเลี่ยงเหตุการณ์นี้เป็นอย่างยิ่ง ค่าที่เหมาะสมกับการค้นหาคือ MAXANT = 4000 เพราะหลังจากค่านี้พบว่ามี การเปลี่ยนแปลงน้อยมากซึ่งไม่คุ้มค่ากับการเพิ่มจำนวน MAXANT ให้มากขึ้น

ต่อไป ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะไกล ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

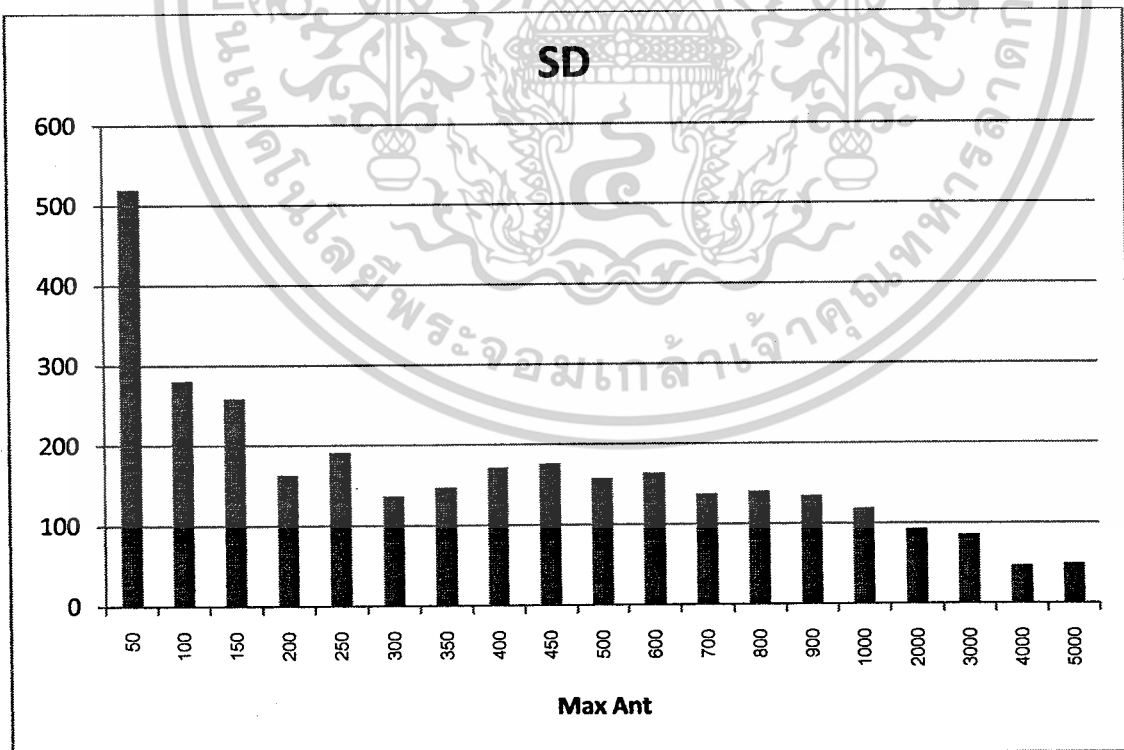
ตารางที่ 4.9 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะไกล

MAX Ant	Min	Max	Avg	SD
50	0.000	2939.711	2453.326	519.932
100	1799.266	2889.499	2372.238	280.899
150	1888.193	2968.902	2272.373	259.038
200	1849.254	2561.828	2175.656	163.095
250	1821.361	2597.254	2187.956	191.296
300	1872.910	2370.535	2117.874	136.683
350	1816.721	2395.817	2066.368	146.856
400	1799.934	2351.889	2123.522	171.412
450	1799.934	2387.443	2036.044	176.154
500	1801.443	2309.554	2028.251	157.592
600	1799.266	2270.017	1971.950	164.125
700	1811.777	2237.304	2015.141	137.452
800	1792.897	2228.347	1952.757	140.608
900	1792.897	2283.380	1927.093	134.744
1000	1792.897	2229.623	1913.102	118.822
2000	1792.897	2126.020	1893.847	93.177
3000	1792.897	2092.285	1855.828	85.787
4000	1792.897	1955.865	1830.649	47.257
5000	1792.897	1991.929	1836.415	49.632

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า MAXANT ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.9, รูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16 พบว่า ที่จำนวน MAXANT น้อยก็เกิดโอกาสที่ไม่สามารถค้นหาเส้นทางได้เช่นกัน ซึ่งค่าที่เหมาะสมจากการทดลองนี้ก็คือ $MAXANT = 4000$ เนื่องจากที่จำนวน MAXANT มากกว่านี้ก็ไม่ส่งผลให้ผลลัพธ์ดีขึ้นมากนัก

4.1.4 การทดลองหาค่า MAXTOUR

ค่า MAXTOUR เป็นค่าที่กำหนดจำนวนรอบของการทำงานของมดทั้งหมดจนครบ MAXANT และทำการเพิ่มค่าฟีโรโมนบนเส้นทางที่มดเดินผ่าน (โดยต้องเป็นมดที่สามารถเดินทางไปถึงจุดปลายทางเท่านั้น) ซึ่งจะมีผลต่อความน่าจะเป็นที่มดจะเลือกเส้นทางเดินในรอบ Tour ต่อไป ในการทดลองจะทดลองค่า MAXTOUR ในช่วง 5-50 โดยเพิ่มค่าขึ้นทีละ 5 ส่วนค่าของตัวแปรที่กำหนดเป็นตัวแปรควบคุม มีค่าดังนี้

$$MAXANT = 1000, \text{Alpha} = 1.5, \text{Beta} = 1, \text{Rho} = 0.6$$

ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะใกล้ ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.10 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะใกล้

Max Tour	Min	Max	Avg	SD
5	477.667	477.667	477.667	0.000
10	477.667	477.667	477.667	0.000
15	477.667	477.667	477.667	0.000
20	477.667	477.667	477.667	0.000
25	477.667	477.667	477.667	0.000
30	477.667	477.667	477.667	0.000
35	477.667	477.667	477.667	0.000
40	477.667	477.667	477.667	0.000
45	477.667	477.667	477.667	0.000
50	477.667	477.667	477.667	0.000

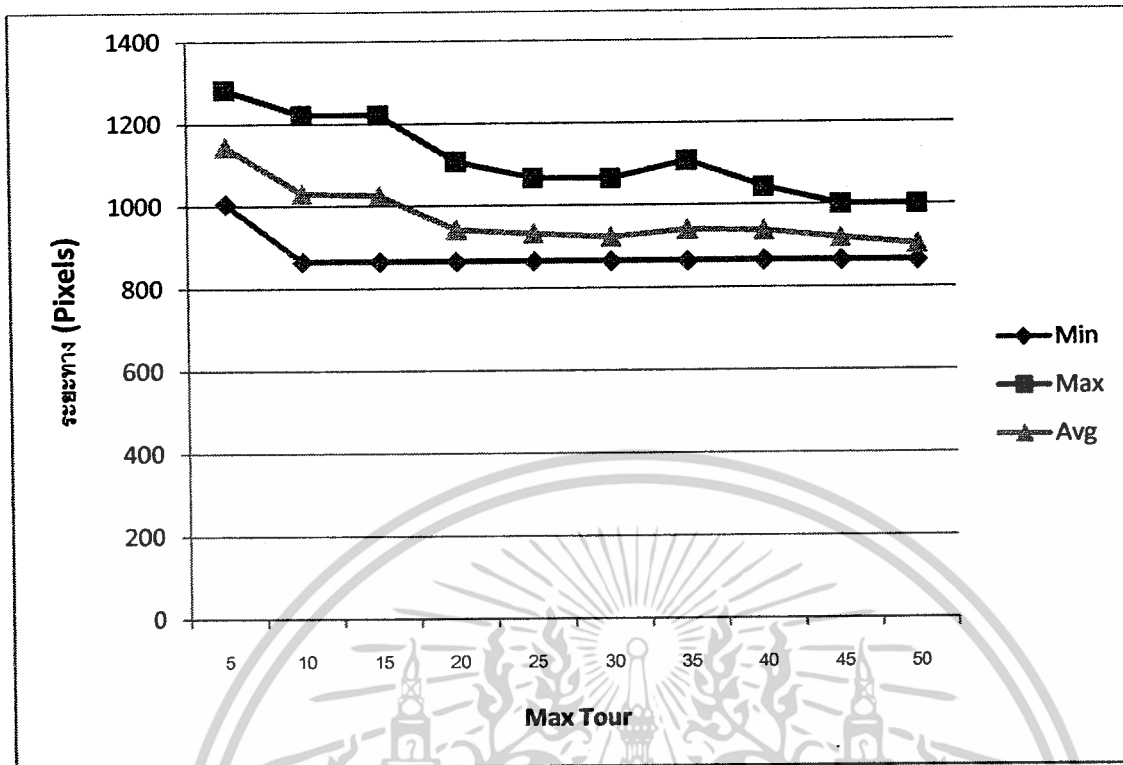
จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.10 พบว่า เนื่องจากค่า min, max ,average มีค่าคงที่ทั้งหมดในทุกๆค่า MAXTOUR รวมถึงค่า SD ก็มีค่าเป็น 0 จึงขอไม่ทำการแสดงผลกราฟทั้งสอง การทดลองค่า MAXTOUR ของการค้นหาเส้นทางระยะใกล้ก็ไม่สามารถสรุปได้เช่นกันว่าค่า Rho เท่าใดที่เหมาะสมที่สุด

ต่อไป ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้
เอกสารนี้เป็นเอกสารสิทธิ์สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

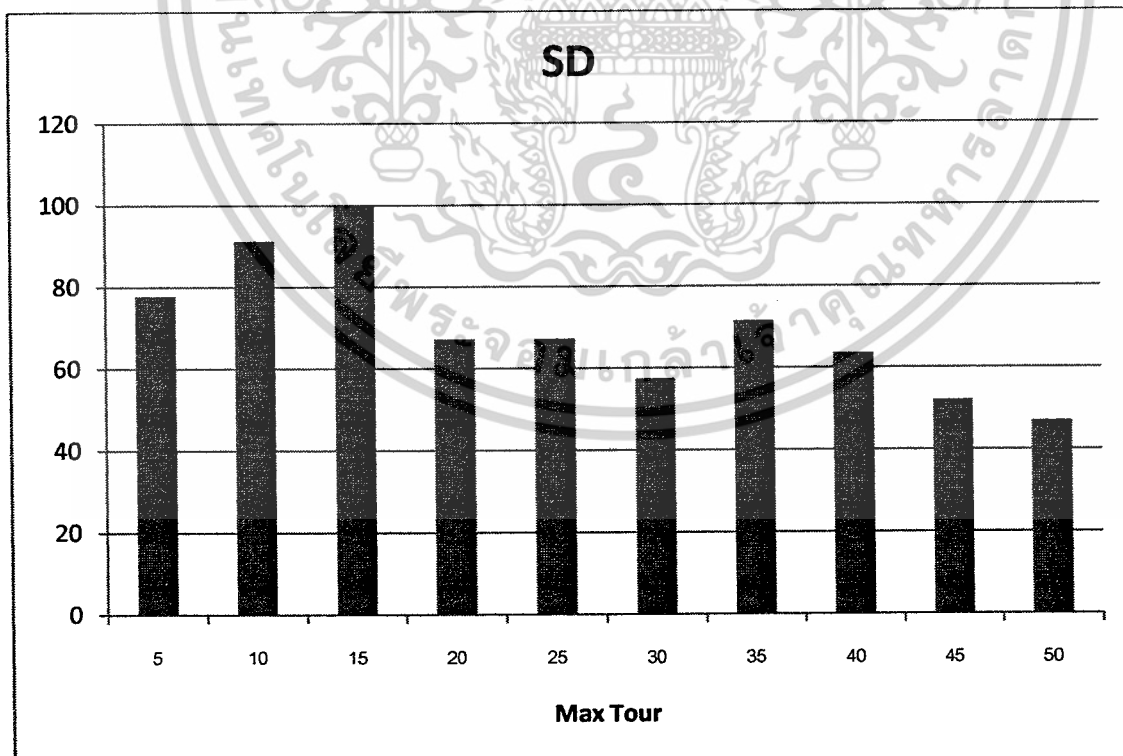
ตารางที่ 4.11 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง

Max Tour	Min	Max	Avg	SD
5	1004.709	1282.630	1143.869	77.830
10	864.324	1221.198	1029.928	91.236
15	864.324	1221.198	1025.409	100.003
20	864.324	1106.779	941.992	67.157
25	864.324	1066.500	931.666	67.237
30	864.324	1065.029	923.238	57.437
35	864.324	1107.229	940.288	71.574
40	864.324	1042.241	937.306	63.540
45	864.324	1000.222	919.322	52.097
50	864.324	1000.222	903.732	46.947

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า MAXTOUR ของการค้นหาเส้นทางระยะปานกลาง



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า MAXTOUR ของการค้นหาเส้นทางระยะ

ปานกลาง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

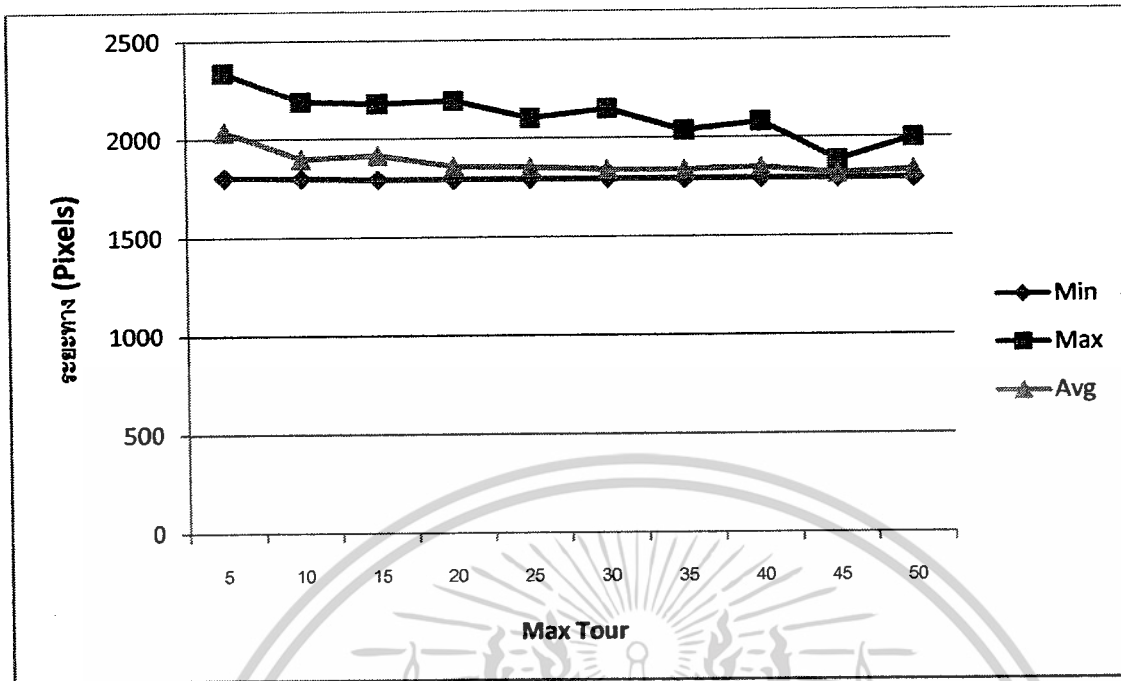
จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.11, รูปที่ 4.17 และรูปที่ 4.18 พบว่า การเพิ่ม MAXTOUR สามารถให้ผลลัพธ์มีแนวโน้มที่จะได้เส้นทางที่สั้นที่สุดมากขึ้น แต่ที่จำนวนมากๆ จะเริ่มมีความแตกต่างน้อยลง และด้วยการเพิ่ม MAXTOUR มีผลต่อทรัพยากรในการประมวลผลเป็นอย่างมากยิ่งกว่า MAXANT (ใช้เวลาในการคำนวณเพิ่มเป็นจำนวนเท่าของ MAXANT) ดังนั้น ค่าที่เหมาะสมควรที่จะเป็น MAXTOUR = 30 ที่ให้ผลลัพธ์ใกล้เคียงกับค่า MAXTOUR อื่นที่มากกว่า

ต่อไป ในการทดลองค้นหาเส้นทางระยะไกล ได้ผลลัพธ์ดังต่อไปนี้

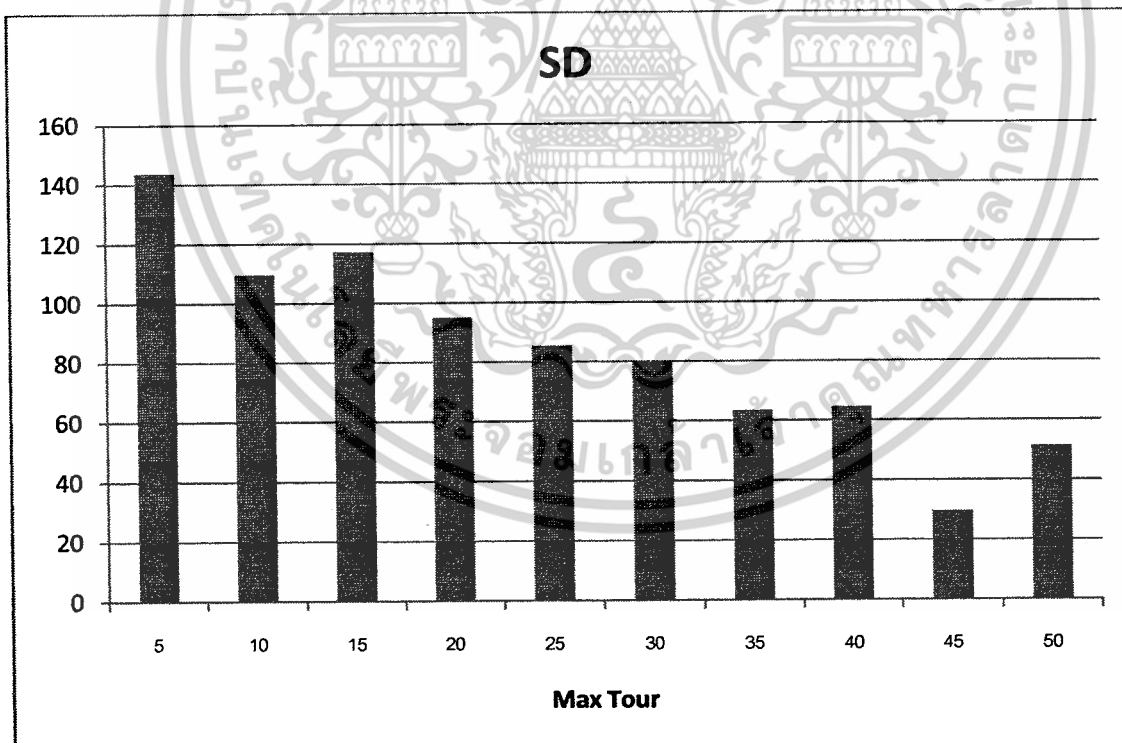
ตารางที่ 4.12 ผลลัพธ์เส้นทางในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะไกล

Max Tour	Min	Max	Avg	SD
5	1804.209	2339.029	2037.909	143.768
10	1799.266	2191.497	1900.268	109.724
15	1792.897	2179.634	1916.849	117.333
20	1792.897	2192.887	1858.494	95.156
25	1792.897	2103.307	1853.339	85.438
30	1792.897	2148.507	1841.442	79.807
35	1792.897	2037.974	1839.046	63.605
40	1792.897	2081.641	1849.324	64.669
45	1792.897	1884.492	1818.032	29.693
50	1792.897	1997.956	1834.938	51.406

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลค่า min, max, average ในการทดลองค่า MAXTOUR ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงผลค่า SD ในการทดลองค่า MAXTOUR ของการค้นหาเส้นทางระยะไกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองดังตารางที่ 4.12, รูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20 พบว่าค่า MAXTOUR มีแนวโน้มผลลัพธ์ใกล้เคียงกับของระยะทางปานกลาง แต่พบว่ามีค่า MAXTOUR ที่ให้ผลลัพธ์เส้นทางที่ใกล้เคียงกันแทบทุกครั้ง คือ $MAXTOUR = 45$ จึงมีความเป็นไปได้ว่าค่านี้เป็นค่าที่เหมาะสมกับการค้นหาในระยะทางไกล

4.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองทั้งหมด สามารถนำมาสรุปเป็นตารางอีกครั้ง ได้ผลดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าตัวแปรแต่ละตัวที่เหมาะสมกับการค้นหาเส้นทางในระยะต่างๆ

ตัวแปร \ ระยะทาง	ใกล้	ปานกลาง	ไกล
Alpha, Beta	(สรุปไม่ได้)	1.5, 1	3, 1
Rho	(สรุปไม่ได้)	0.6	0.9
MAXANT	300	4000	4000
MAXTOUR	(สรุปไม่ได้)	30	45

จากตารางที่ 4.13 แสดงผลว่า ในบางค่าไม่ได้ใช้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมเพียงตัวเดียวรองรับกับทุกสถานการณ์ แต่เนื่องจาก โปรแกรมจำเป็นต้องระบุค่าตัวแปรให้กับแต่ละค่าได้เพียงค่าเดียว ดังนั้นจึงต้องนำตัวแปรที่ได้ในระยะหนึ่งไปเทียบกับผลในอีกระยะหนึ่ง เพื่อดูผลเปรียบเทียบกับค่าที่เหมาะสมกับระยะนั้น และเลือกค่าที่ให้ผลใกล้เคียงกับค่าที่เหมาะสมออกมาเพียงค่าเดียว ตัวอย่างเช่น นำค่า $Alpha = 1.5$, $Beta = 1$ ไปดูผลลัพธ์ที่ได้ของในระยะทางไกล เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของค่า $Alpha = 3$, $Beta = 1$ ของในระยะทางไกล และกระทำการเปรียบเทียบกันในทางตรงกันข้ามด้วย

เมื่อทำการเปรียบเทียบกันอีกครั้งในค่าที่เหมาะสม จึงสามารถสรุปค่าตัวแปรที่ใช้กับโปรแกรมการค้นหาเส้นทางนี้ ได้ดังนี้

$$Alpha = 3, Beta = 1, Rho = 0.6, MAXANT = 4000, MAXTOUR = 30$$

4.3 การทดลองค้นหาเส้นทางด้วยค่าตัวแปรที่เหมาะสม

เมื่อได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมครบทุกตัวแล้ว จึงทำการทดลองอีกครั้งเพื่อทดสอบว่าค่าที่ได้มาสามารถค้นหาเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยกำหนดดังนี้

เส้นทางที่ 1 (แสดงผลตัวอย่างเส้นทางดังรูปที่ 4.21)

จุดเริ่มต้น : แยกศรีขันธ์ (ตำแหน่ง pixel X : 852, ตำแหน่ง pixel Y : 50)

จุดปลายทาง : ดิโกลด์สยาม (ตำแหน่ง pixel X : 630, ตำแหน่ง pixel Y : 791)

การกระจัด(displacement) : 773.541 pixels

เส้นทางที่ 2 (แสดงผลตัวอย่างเส้นทางดังรูปที่ 4.22)

จุดเริ่มต้น : มหาวิทยาลัยศิลปากร (ตำแหน่ง pixel X : 419, ตำแหน่ง pixel Y : 699)

จุดปลายทาง : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ตำแหน่ง pixel X : 1848, ตำแหน่ง pixel Y :

773)

การกระจัด(displacement) : 1429.505 pixels

เส้นทางที่ 3 (แสดงผลตัวอย่างเส้นทางดังรูปที่ 4.23)

จุดเริ่มต้น : มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย (ตำแหน่ง pixel X : 1705, ตำแหน่ง pixel Y : 163)

จุดปลายทาง : ศูนย์การค้าวรรัตน์ (ตำแหน่ง pixel X : 1298, ตำแหน่ง pixel Y : 1622)

การกระจัด(displacement) : 1514.705 pixels

เส้นทางที่ 4 (แสดงผลตัวอย่างเส้นทางดังรูปที่ 4.24)

จุดเริ่มต้น : แยกสามเสน (ตำแหน่ง pixel X : 1171, ตำแหน่ง pixel Y : 223)

จุดปลายทาง : ท่าเตียน (ตำแหน่ง pixel X : 457, ตำแหน่ง pixel Y : 813)

การกระจัด(displacement) : 926.227 pixels

เส้นทางที่ 5 (แสดงผลตัวอย่างเส้นทางดังรูปที่ 4.25)

จุดเริ่มต้น : อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ (ตำแหน่ง pixel X : 1360, ตำแหน่ง pixel Y : 437)

จุดปลายทาง : โรงเรียนวัดสุทธิวราราม (ตำแหน่ง pixel X : 861, ตำแหน่ง pixel Y : 1540)

การกระจัด(displacement) : 1210.624 pixels

เส้นทางที่ 6 (แสดงผลตัวอย่างเส้นทางดังรูปที่ 4.26)

จุดเริ่มต้น : สนามหลวง (ตำแหน่ง pixel X : 519, ตำแหน่ง pixel Y : 581)

จุดปลายทาง : สวนลุมพินี (ตำแหน่ง pixel X : 1346, ตำแหน่ง pixel Y : 1153)

การกระจัด(displacement) : 1005.541 pixels

เส้นทางที่ 7 (แสดงผลตัวอย่างเส้นทางดังรูปที่ 4.27)

จุดเริ่มต้น : แยกสุรวงศ์-นราธิวาสฯ (ตำแหน่ง pixel X : 1143, ตำแหน่ง pixel Y : 1171)

จุดปลายทาง : แยกดินแดง (ตำแหน่ง pixel X : 1553, ตำแหน่ง pixel Y : 452)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกระจัด(displacement) : 827.684 pixels

เส้นทางที่ 8 (แสดงผลตัวอย่างเส้นทางดังรูปที่ 4.28)

จุดเริ่มต้น : แยกช้างฮี (ตำแหน่ง pixel X : 795, ตำแหน่ง pixel Y : 183)

จุดปลายทาง : ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ (ตำแหน่ง pixel X : 1798, ตำแหน่ง pixel Y :

1239)

การกระจัด(displacement) : 1456.415 pixels

เส้นทางที่ 9 (แสดงผลตัวอย่างเส้นทางดังรูปที่ 4.29)

จุดเริ่มต้น : ฟอรั่มทาวเวอร์ (ตำแหน่ง pixel X : 1881, ตำแหน่ง pixel Y : 564)

จุดปลายทาง : วัดเชตุพนวิมลมังคลาราม (ตำแหน่ง pixel X : 486, ตำแหน่ง pixel Y : 861)

การกระจัด(displacement) : 1426.266 pixels

เส้นทางที่ 10 (แสดงผลตัวอย่างเส้นทางดังรูปที่ 4.30)

จุดเริ่มต้น : โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน (ตำแหน่ง pixel X : 1021, ตำแหน่ง pixel Y : 1370)

จุดปลายทาง : แยกห้วยขวาง (ตำแหน่ง pixel X : 2043, ตำแหน่ง pixel Y : 167)

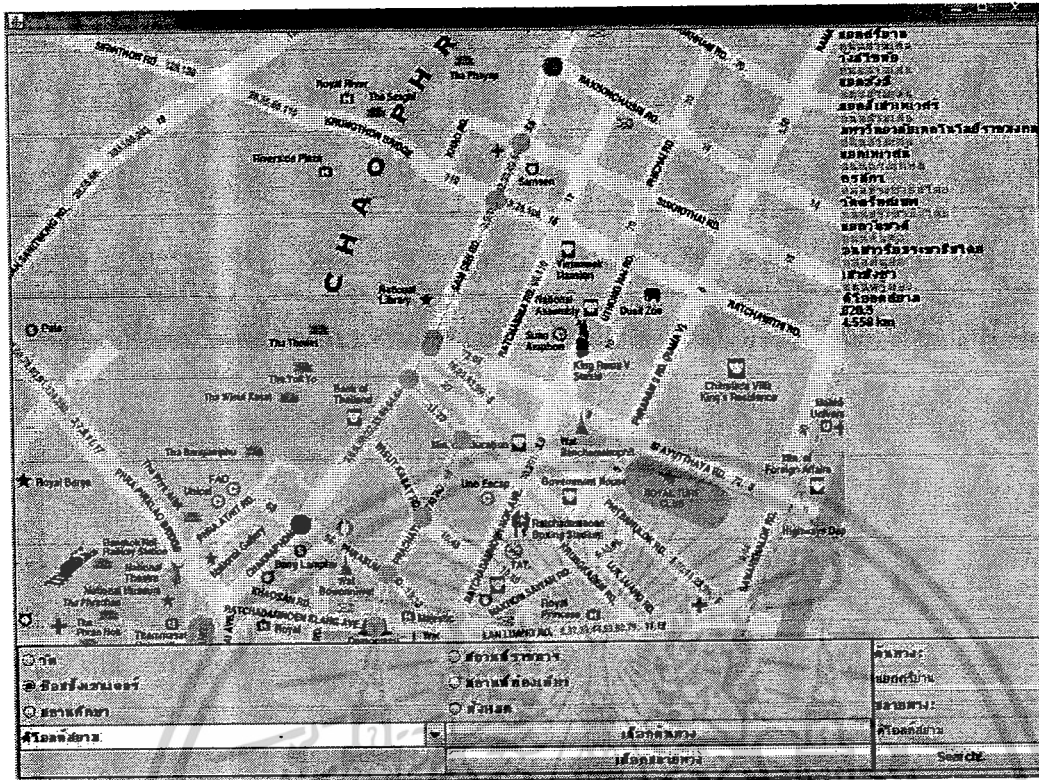
การกระจัด(displacement) : 1578.510 pixels

จากเส้นทางดังกล่าว ทำการทดลองเส้นทางละ 10 รอบ ได้ผลลัพธ์ดังตารางที่ 4.14 (ผลลัพธ์ทั้งหมดแสดงไว้ที่ภาคผนวก ง.)

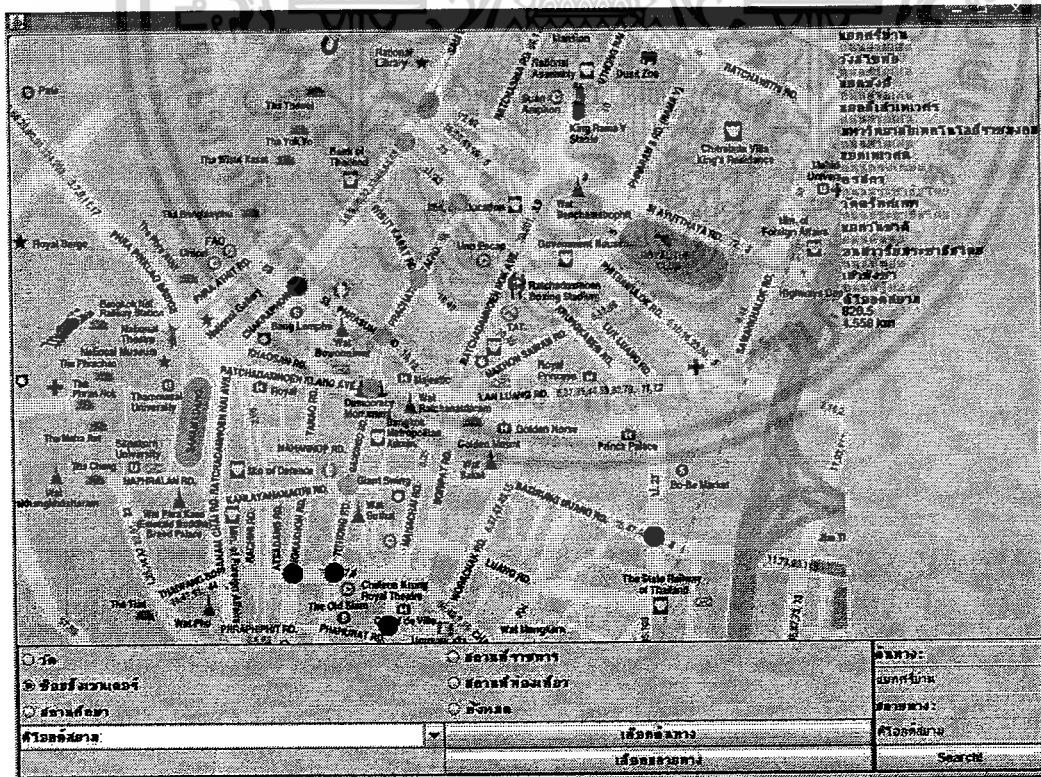
ตารางที่ 4.14 แสดงผลลัพธ์เส้นทางของเส้นทางใดๆ โดยการใช้ค่าตัวแปรที่เหมาะสม

เส้นทางที่	Min	Max	Avg	SD
1	820.587	820.587	820.587	0.000
2	1544.835	1902.665	1614.284	125.816
3	1908.451	1908.451	1908.451	0.000
4	1113.427	1113.427	1113.427	0.000
5	1348.269	1462.685	1367.748	36.624
6	1120.638	1299.585	1194.376	70.533
7	1011.252	1011.252	1011.252	0.000
8	1762.740	1778.728	1765.938	6.741
9	1789.220	1905.976	1809.149	36.240
10	1898.938	1898.938	1898.938	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

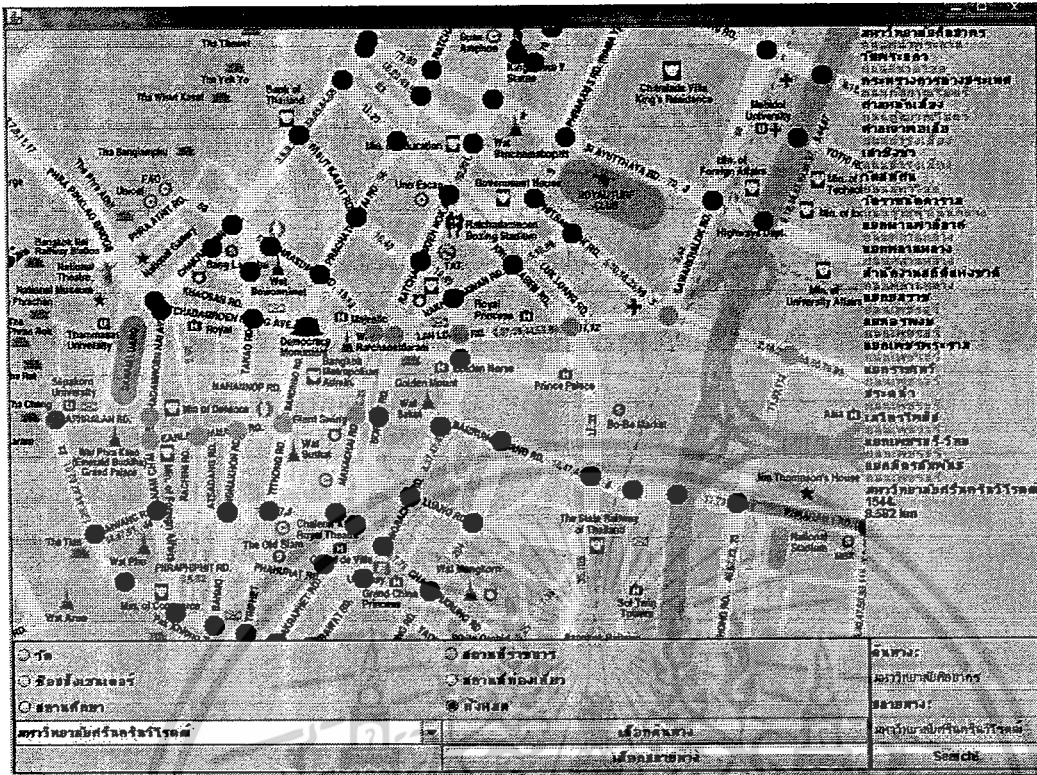


รูปที่ 4.21 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 1

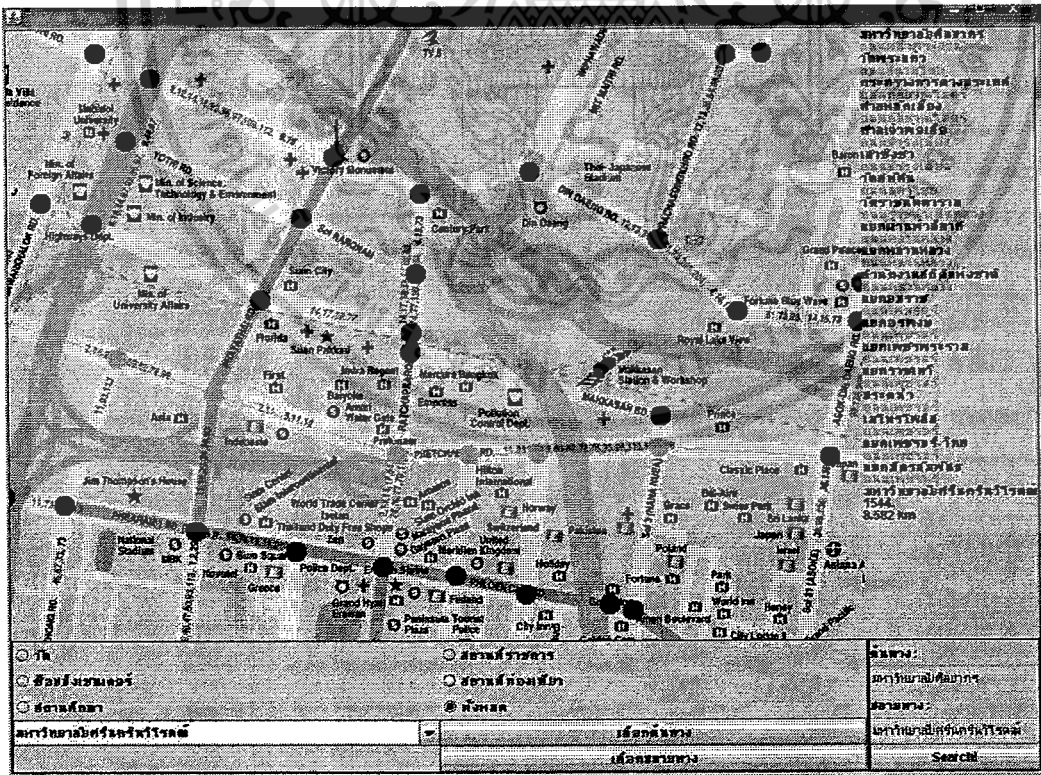


รูปที่ 4.21 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 1(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

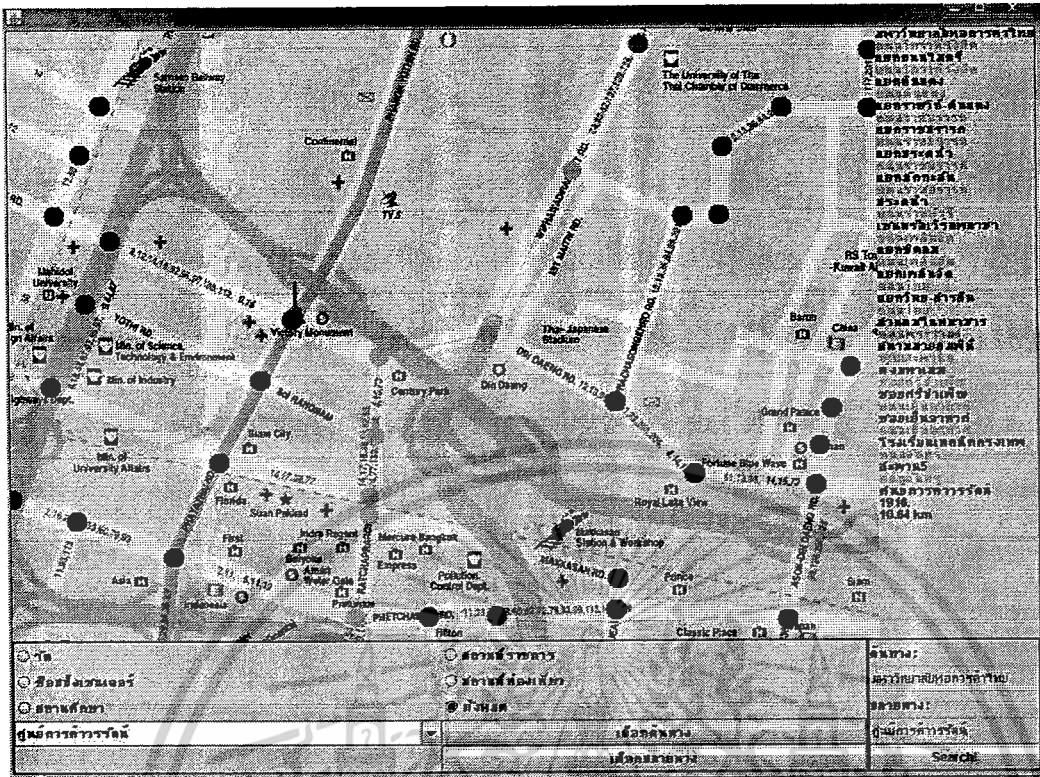


รูปที่ 4.22 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 2

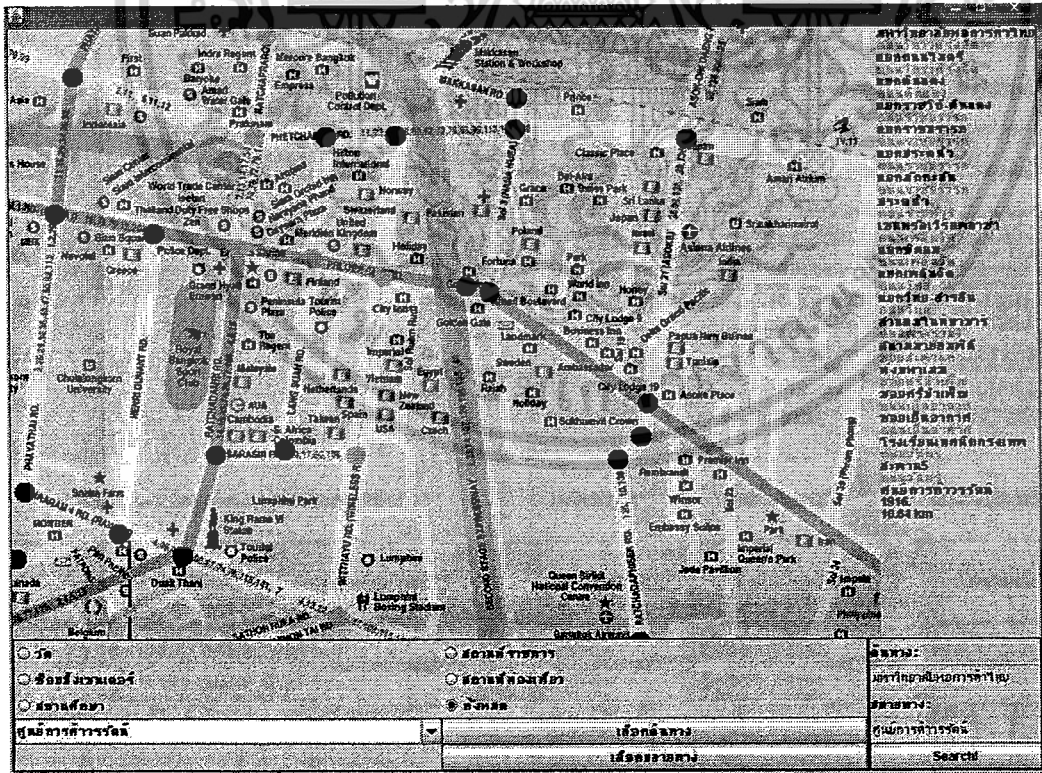


รูปที่ 4.22 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

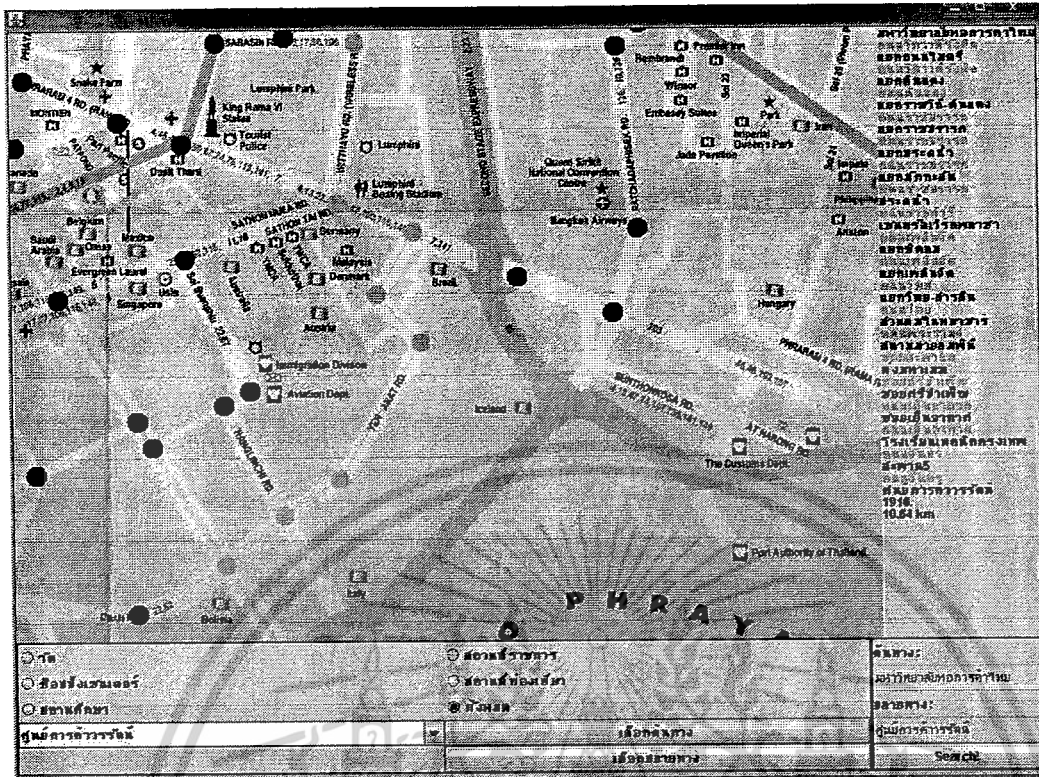


รูปที่ 4.23 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 3

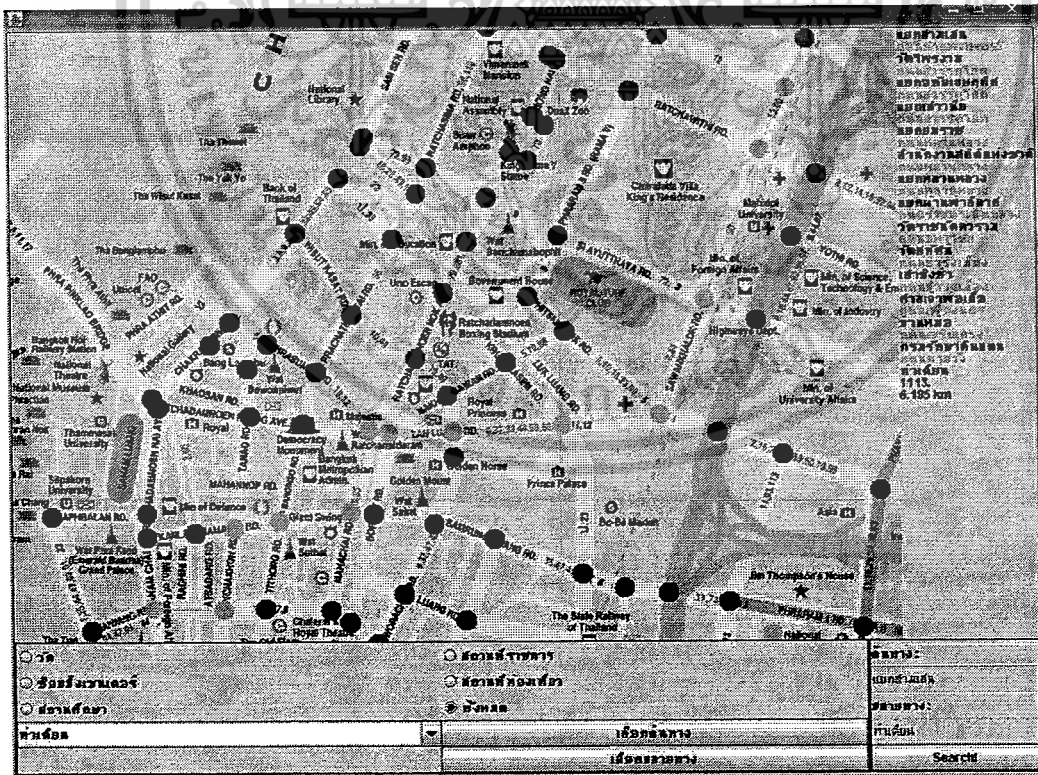


รูปที่ 4.23 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 3(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

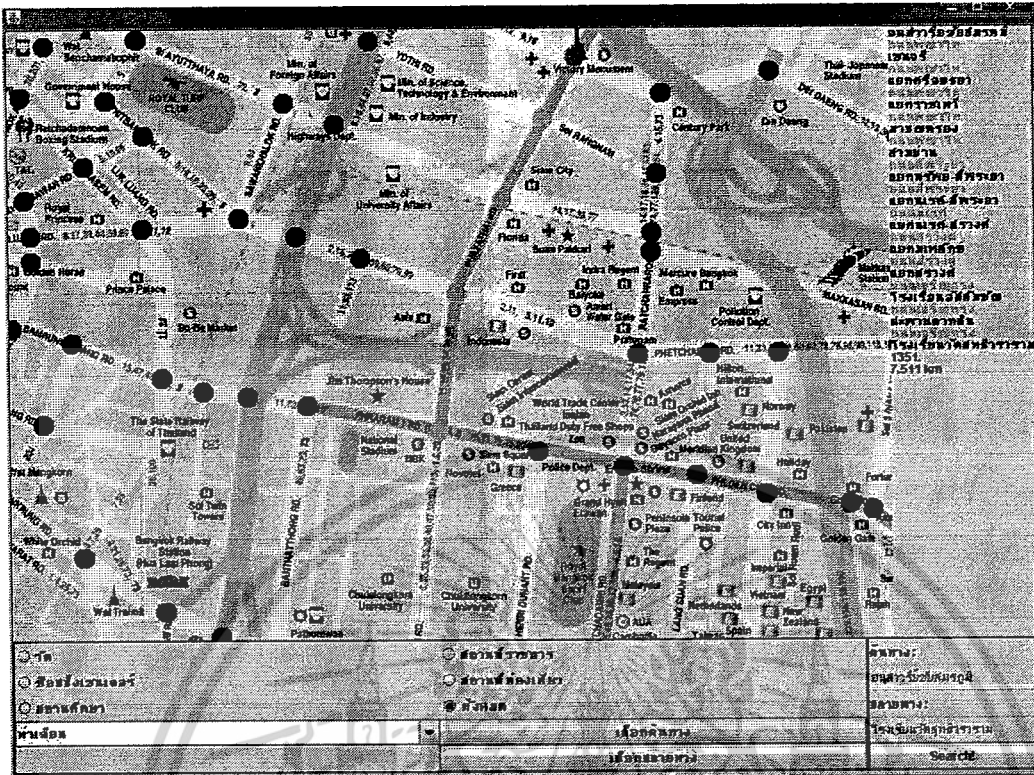


รูปที่ 4.23 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 3(ต่อ)

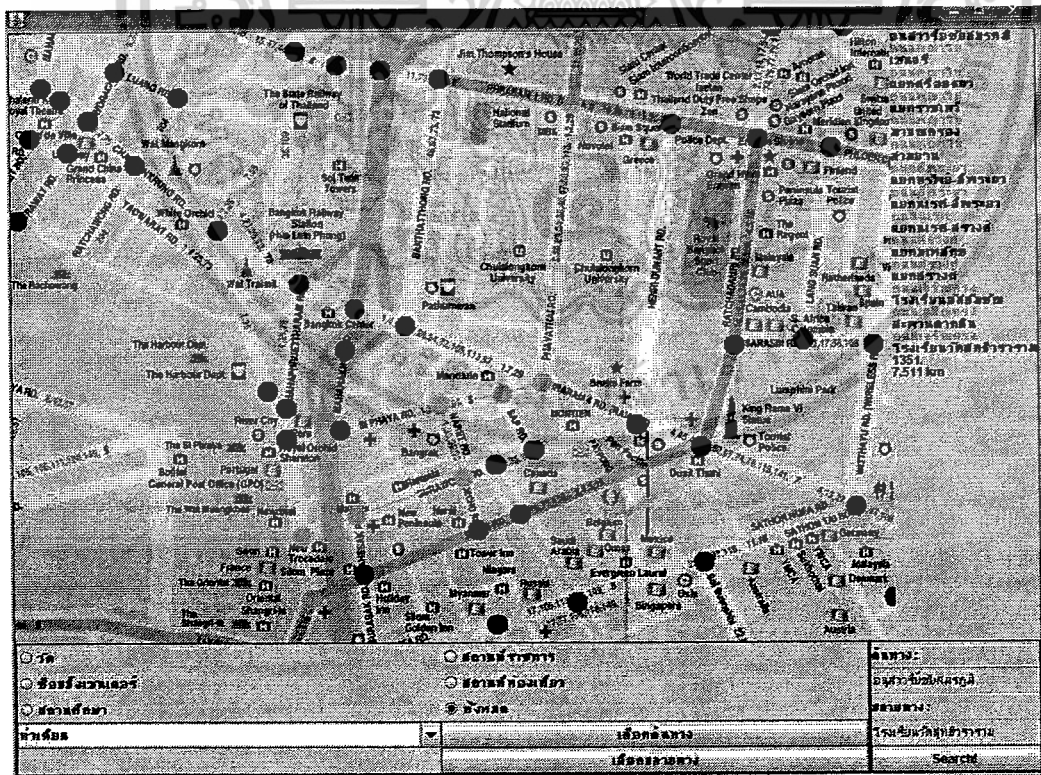


รูปที่ 4.24 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

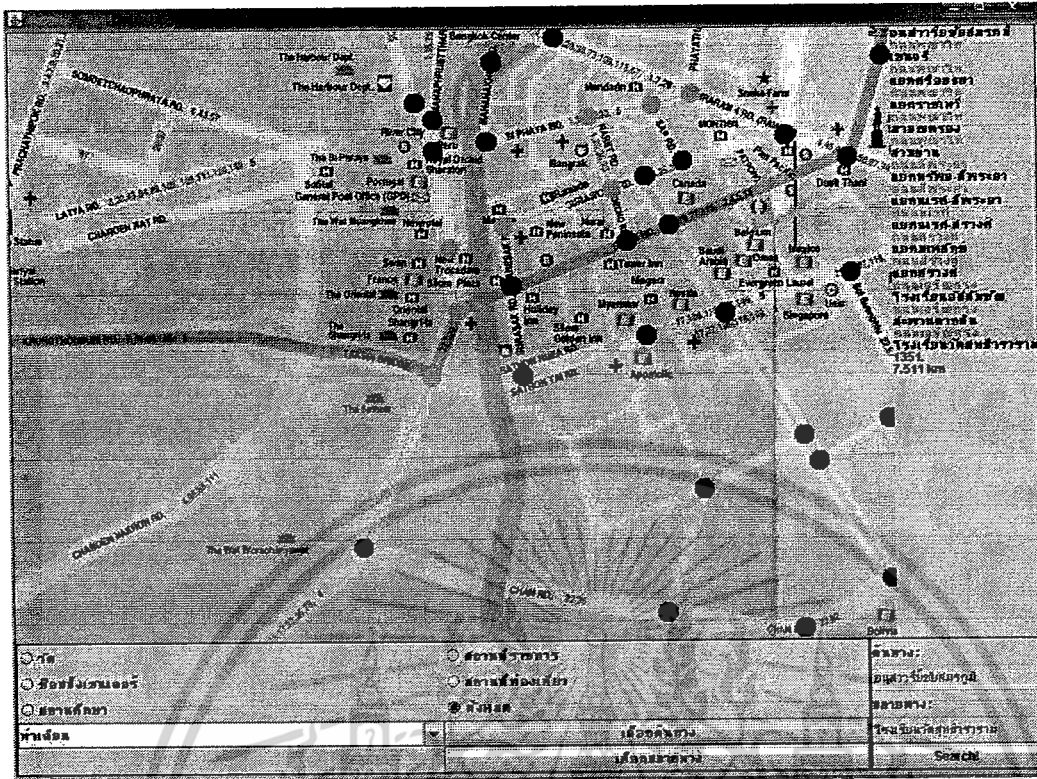


รูปที่ 4.25 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 5

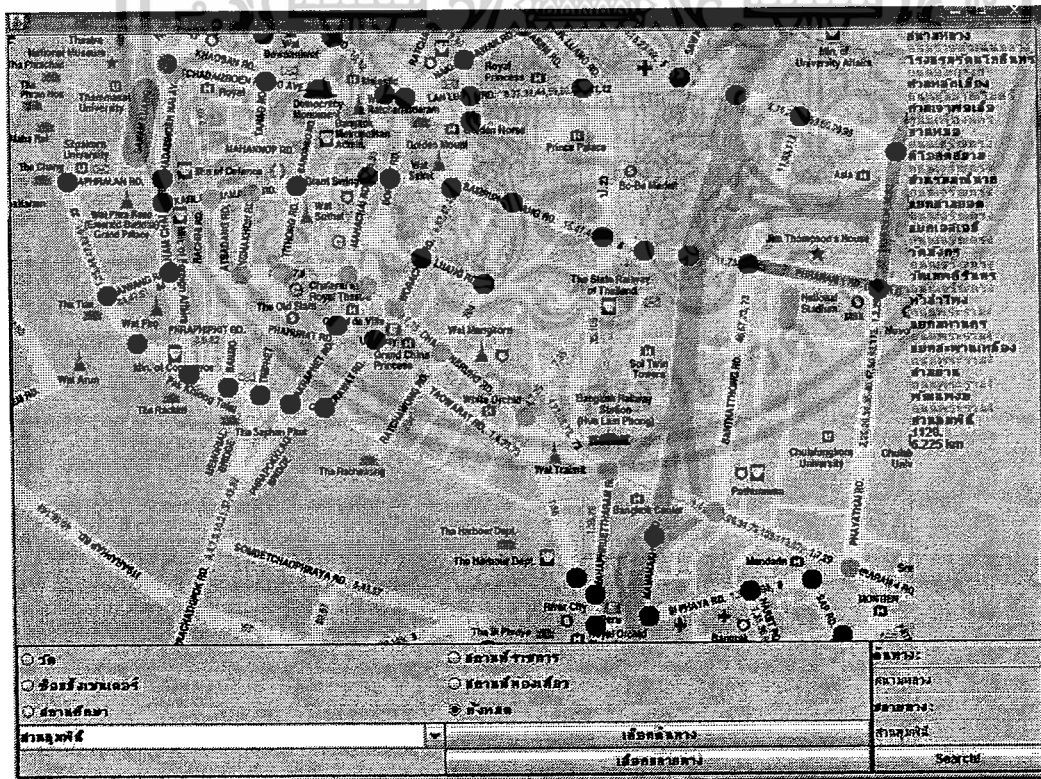


รูปที่ 4.25 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 5(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

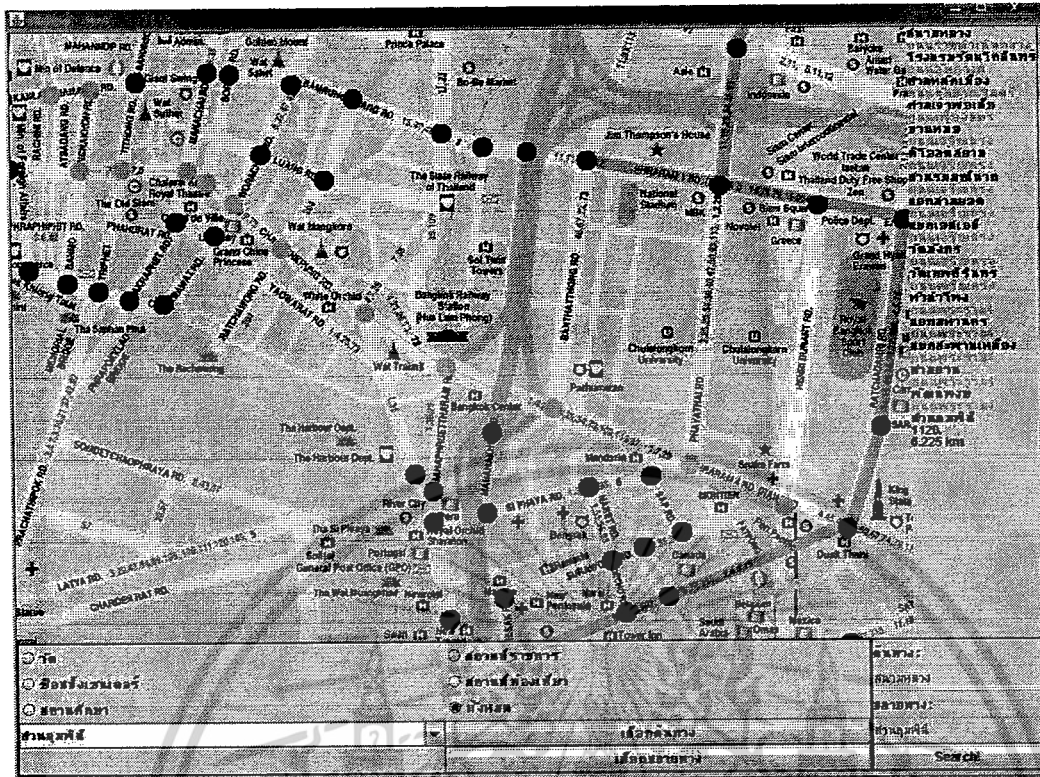


รูปที่ 4.25 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 5 (ต่อ)

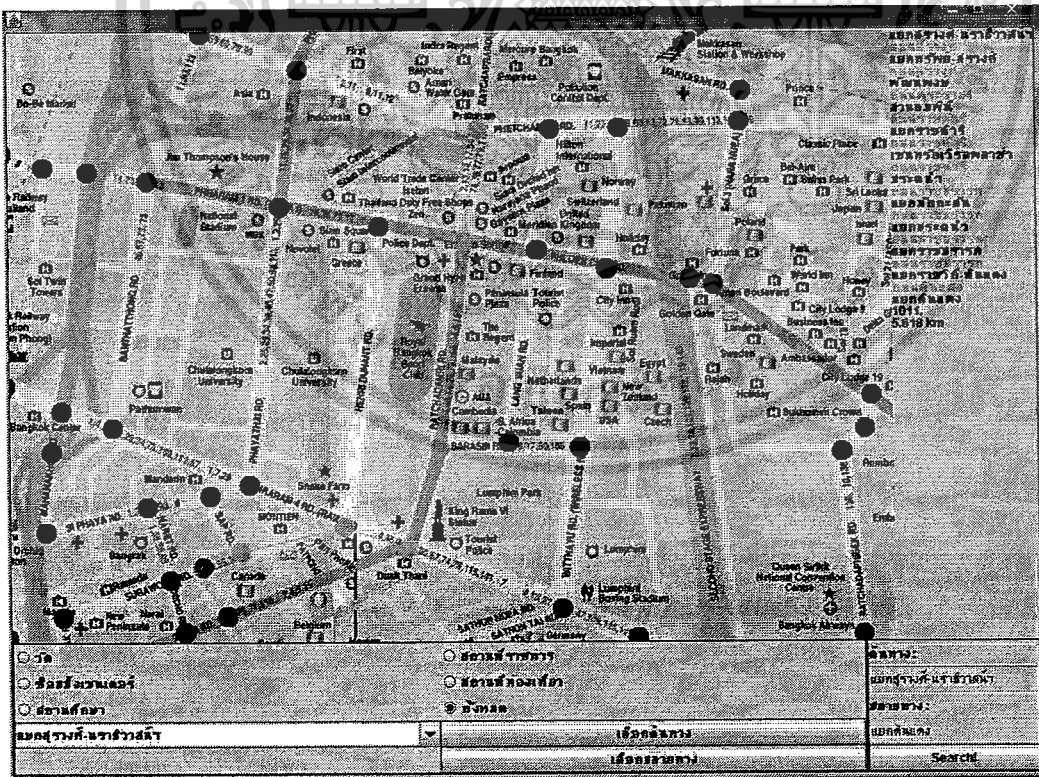


รูปที่ 4.26 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

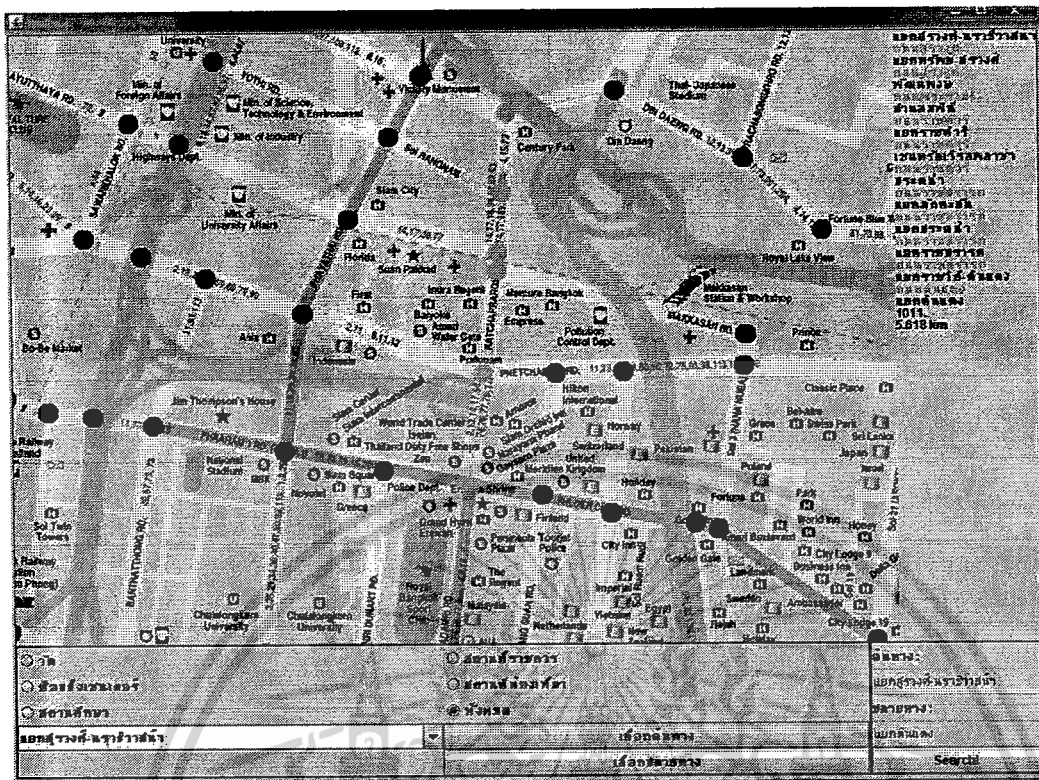


รูปที่ 4.26 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 6(ต่อ)

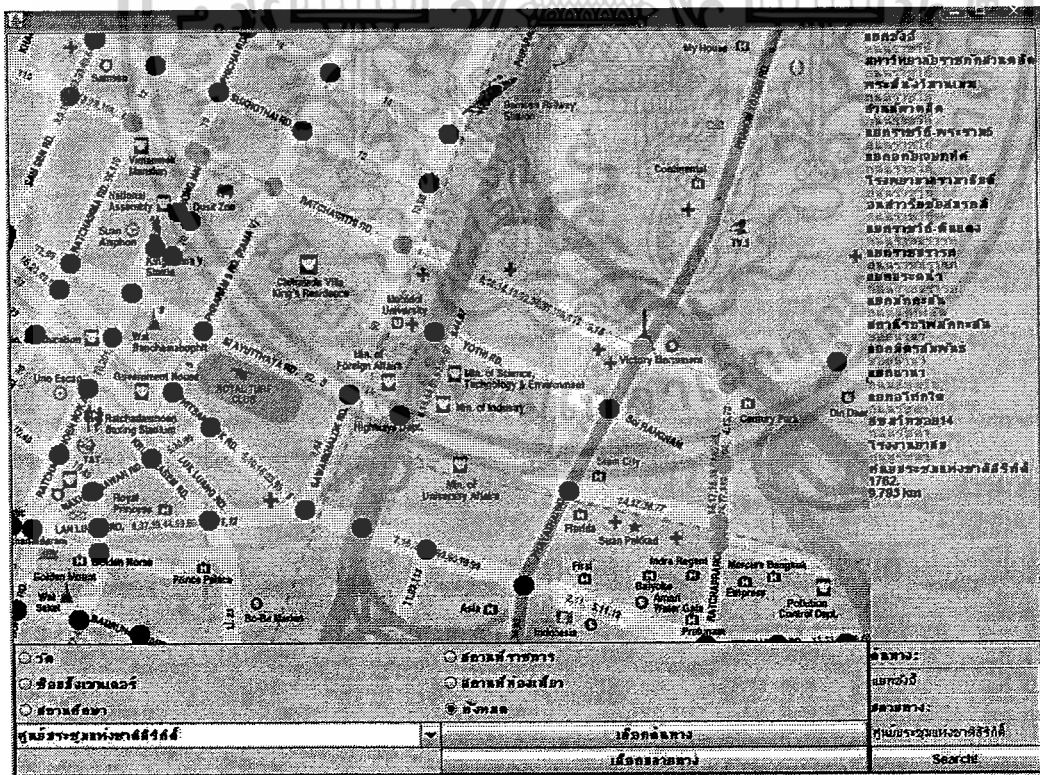


รูปที่ 4.27 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

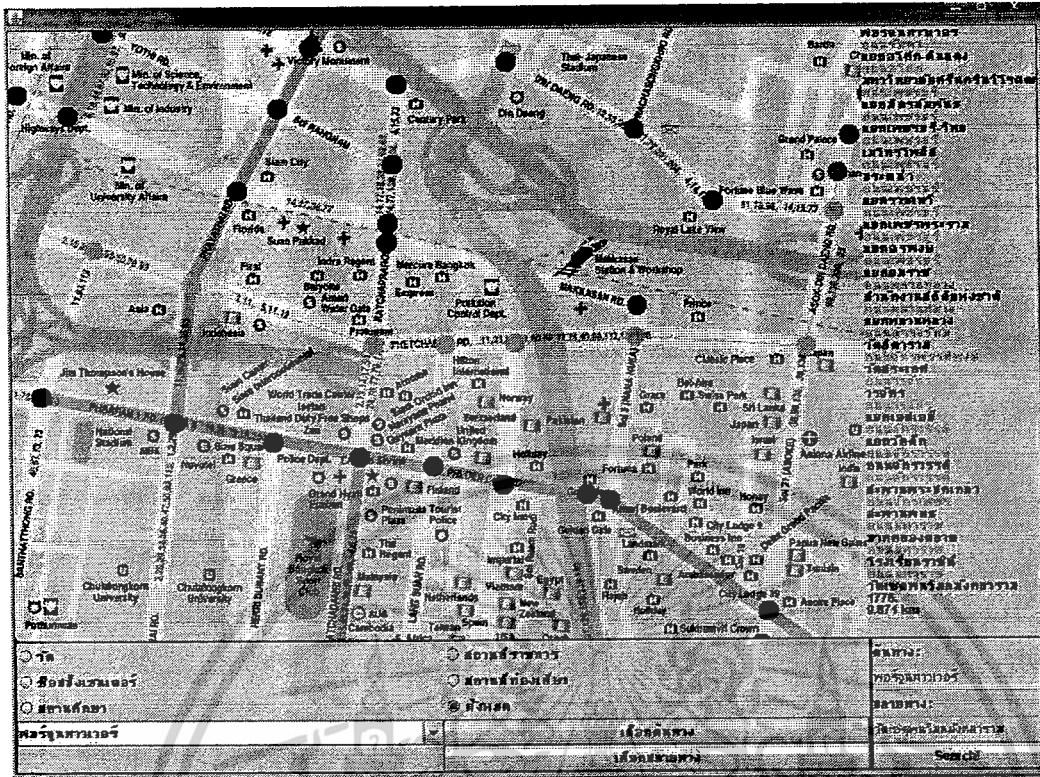


รูปที่ 4.27 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 7(ต่อ)

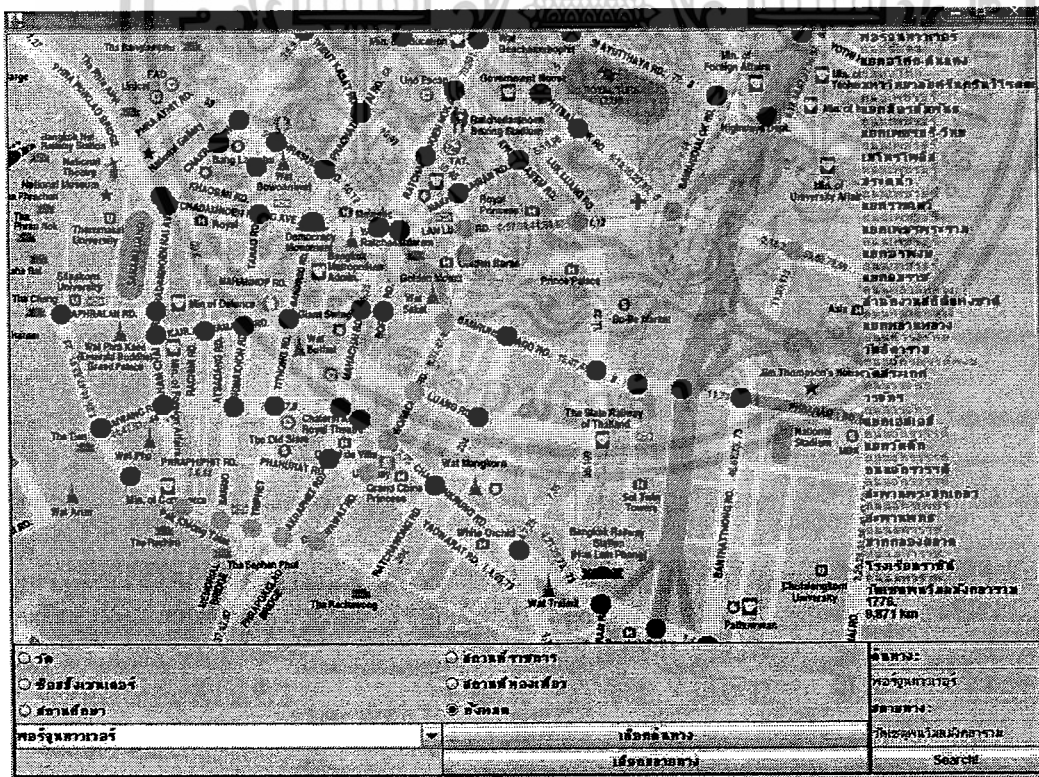


รูปที่ 4.28 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

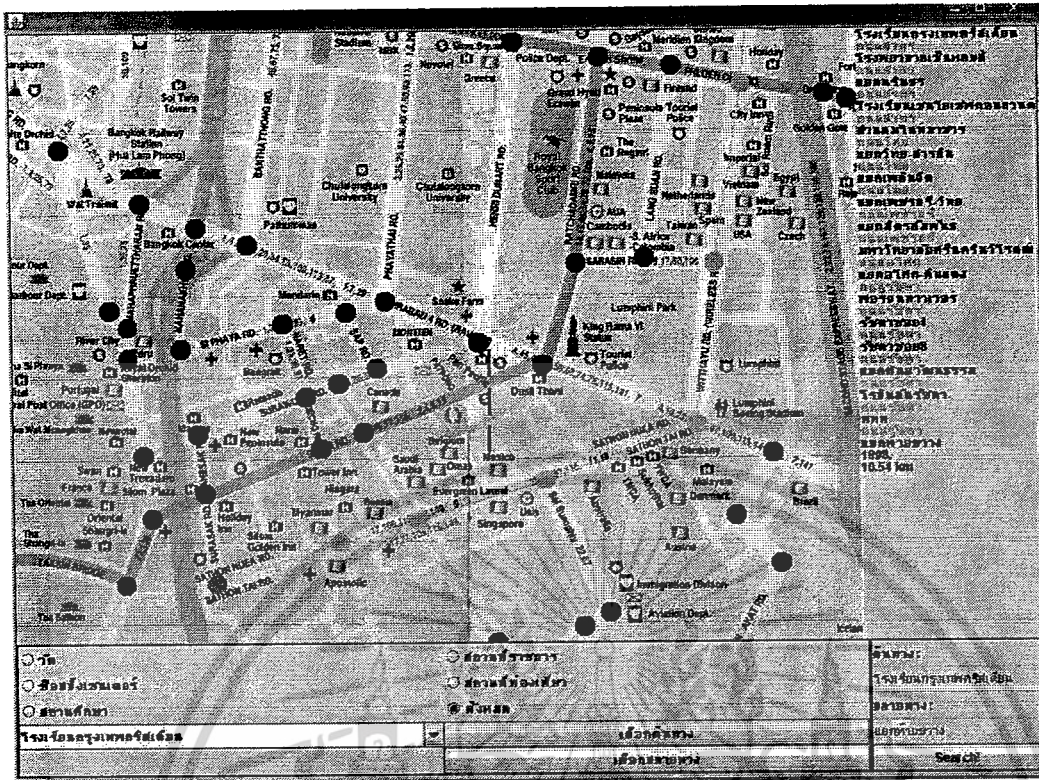


รูปที่ 4.29 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 9

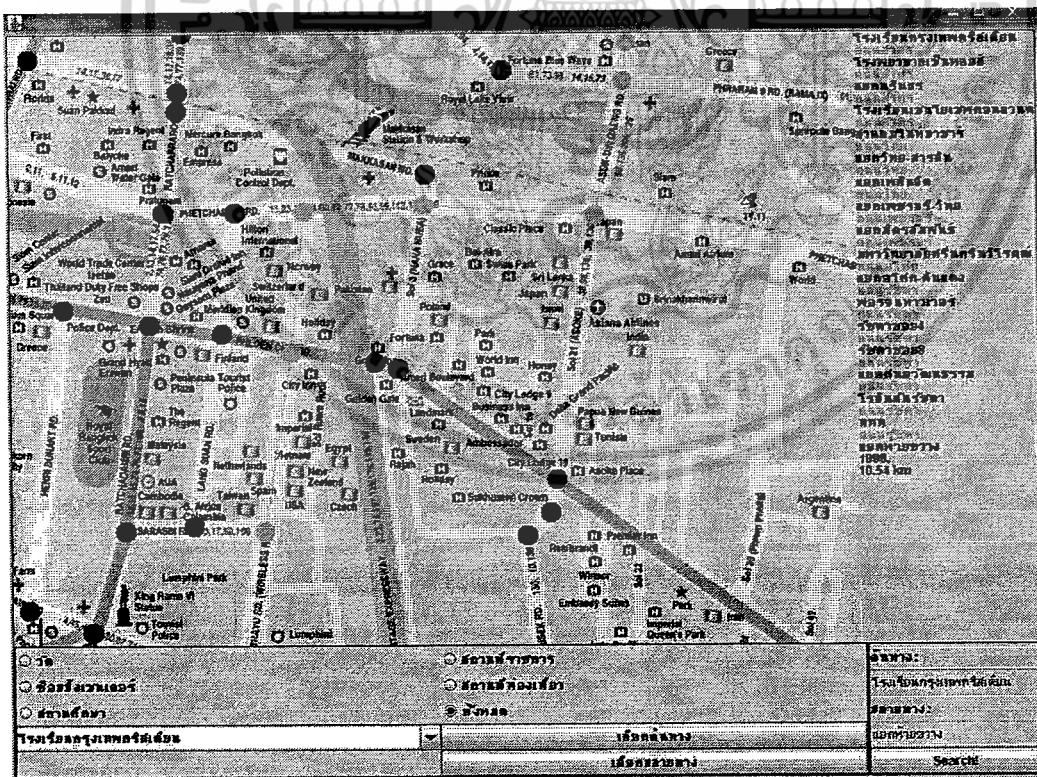


รูปที่ 4.29 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 9(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

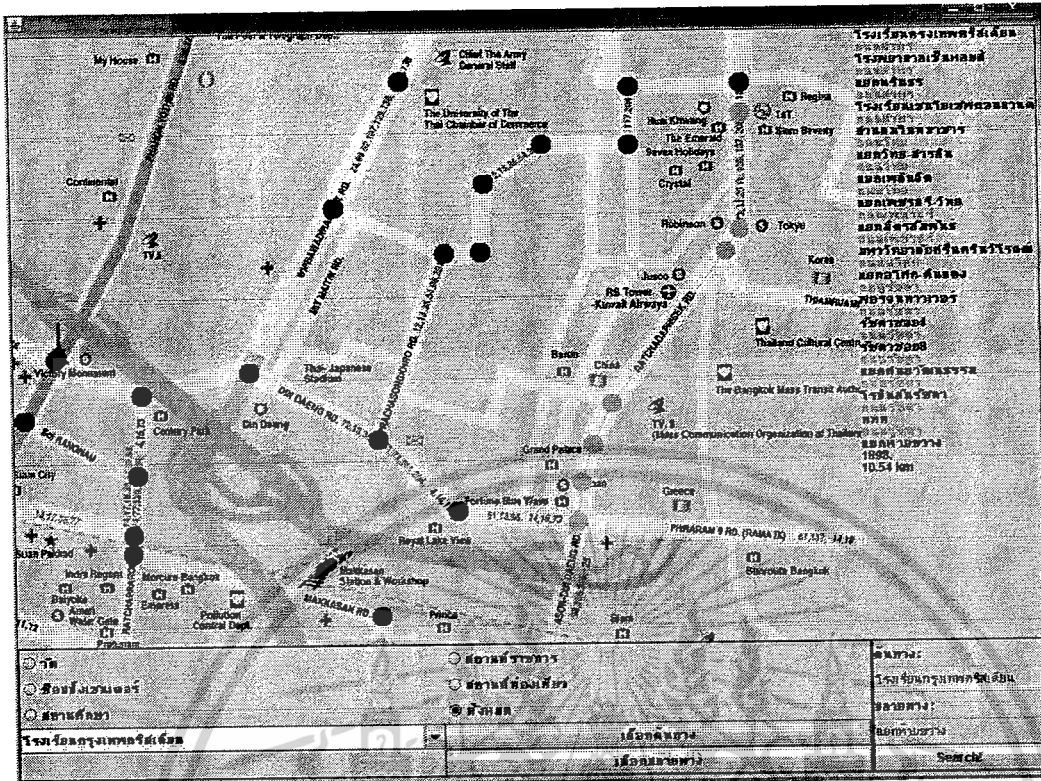


รูปที่ 4.30 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 10



รูปที่ 4.30 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 10(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 ตัวอย่างผลการค้นหาเส้นทางของเส้นทางที่ 10(ต่อ)

จากผลการทดลองเส้นทางใดๆ ด้วยค่าตัวแปรที่เหมาะสมพบว่าส่วนใหญ่สามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้อย่างแน่นอน (ผลลัพธ์เท่ากันตลอด 10 รอบ) แต่ก็ยังมีบางกรณีที่ยังมีผลลัพธ์ที่ไม่แน่นอน โดยรวมแล้วโปรแกรมก็สามารถหาเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าในกรณีที่ยังไม่สามารถหาค่าตัวแปรได้อย่างเหมาะสม แสดงให้เห็นว่าค่าตัวแปรต่างๆ มีผลกับผลลัพธ์เส้นทางที่โปรแกรมค้นหาได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิเคราะห์

จากการศึกษาทดลองทำให้เห็นว่า การใช้ Ant Algorithm ในการค้นหาเส้นทางบนแผนที่ สามารถค้นหาเส้นทางในการเดินทางที่สั้นที่สุดหรือใกล้เคียงได้ ในการใช้งาน Ant Algorithm มีส่วนที่สำคัญคือการทดสอบค่าตัวแปรที่เหมาะสมกับแอปพลิเคชัน ซึ่งถือได้ว่าเป็นส่วนที่ยากที่สุดในการใช้งาน ค่าตัวแปรมีผลอย่างมากต่อผลลัพธ์หากค่าตัวแปรที่ใช้ไม่เหมาะสมแล้วผลลัพธ์จะไม่สมบูรณ์ ขาดความเสถียร ซึ่งค่าตัวแปรที่มีผลต่อผลลัพธ์มากที่สุดคือค่า “Max Ant” และ “Max Tour” เนื่องจากเป็นค่าตัวแปรที่แสดงถึงข้อมูลเส้นทางที่รวบรวมเพื่อใช้ในการเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด

การค้นหาเส้นทางโดยใช้ Ant Algorithm การจำลองการเดินทางของมดสามารถทำงานแบบมัลติเทรเดดดิ้ง (Multi-Threading) ได้ ซึ่งการทำงานแบบมัลติเทรเดดดิ้งนี้จะส่งผลให้ใช้งาน โปรเซสเซอร์ ได้อย่างคุ้มค่า ใช้การคำนวณแบบพาราเลลคอมพิวติงได้ (Parallel computing) ยิ่งในปัจจุบัน โปรเซสเซอร์แบบมัลติคอร์ (Multi-core) มีความแพร่หลายอย่างมาก ยิ่งจะแสดงประสิทธิภาพของ Ant Algorithm ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

ปัญหาที่พบในการศึกษาทดลองการค้นหาเส้นทางบนแผนที่ โดยใช้ Ant Algorithm

1. เนื่องด้วย Ant Algorithm ที่ใช้ในการทดลองมีทำงานแบบมัลติเทรเดด หากกำหนดค่า จำนวนมด (Max Ant) มากเกินไปจะทำให้ใช้ทรัพยากรมากขึ้น ซึ่งบางครั้งอาจทำให้ หน่วยความจำไม่พอที่จะทำงานต่อ และไม่สามารถทำการทดลองต่อได้
2. การเลือกใช้แผนที่ในการทดลองไม่เหมาะสม ไม่มีค่าอัตราส่วนของแผนที่ ไม่สามารถอ้างอิงกับค่ามาตรฐานได้ จึงทำให้การทดลองต้องเสียเวลากับการจัดการแผนที่ ที่มากเกินไปจนความจำเป็น และผลลัพธ์ที่แสดงอาจไม่ตรงตามความเป็นจริง

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกใช้ค่าตำแหน่งของแผนที่เป็นค่ามาตรฐานที่สามารถอ้างอิงกับสถานที่จริงได้ เช่น พิกัด UTM, ค่าละติจูด (Latitude) หรือ ค่าลองจิจูด (Longitude) เพื่อง่ายต่อการ ตรวจสอบผลลัพธ์ และปรับปรุงเข้ากับระบบที่มีอยู่แล้วได้ง่าย
2. ทำการเพิ่มเติมการทำงานให้สามารถทำการคำนวณเพื่อการวางแผนเส้นทาง (Path Planning) เช่น การเดินทางไปยังจุดหมาย 2 แห่ง โดยใช้ระยะทางรวมน้อยที่สุด (จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของศูนย์เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดลองหาค่าตัวแปรที่เหมาะสม ควรทำการทดลองโดยมีจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางใน 3 ระยะ(ใกล้, ปานกลาง, ไกล) เป็นจำนวนหลายชุดหลายตำแหน่ง ครอบคลุมแผนที่ย่างทั่วถึง เพื่อค่าตัวแปรที่ได้จะเป็นค่าที่สามารถค้นหาเส้นทางที่ดีที่สุดในทุกกรณีของแผนที่ย่างแท้จริง

5.3 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. พัฒนาโปรแกรมให้สามารถทำการปรับปรุ่ค่าตัวแปร Max Ant และ Max Tour ให้เหมาะสมได้โดยอัตโนมัติ ตามระยะทางและความซับซ้อนของเส้นทาง เพื่อไม่ต้องสิ้นเปลืองทรัพยากรของระบบโดยไม่จำเป็น ซึ่งจำเป็นต้องทำการทดลองก่อนดังที่กล่าวไว้ในข้อเสนอแนะข้างต้น
2. การค้นหาเส้นทางในการเดินทาง ตามความเป็นจริงแล้วมิได้มีเพียงตัวแปรด้านระยะทางเท่านั้นที่มีผลต่อการเลือกเส้นทาง ยังมีตัวแปรอื่นๆอีก เช่น ความหนาแน่นของรถบนท้องถนน สัญญาณไฟจราจร ซึ่ง Ant Algorithm เป็น อัลกอริทึมที่รองรับมัลติเพิลคอนสเตรนท์ (Multiple constraints) คือการมีข้อจำกัดจำนวนมาก ซึ่งหากนำมาใช้ในการค้นหาเส้นทางบนแผนที่ เราก็สามารถเพิ่มเติมตัวแปรต่างๆ เหล่านั้นให้เกิดเป็นผลลัพธ์ที่เหมาะสมและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้นได้ด้วยการเพิ่มตัวแปรทางด้านสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ปริมาณรถบนถนน ค่าใช้ในการเดินทาง เป็นต้น

บรรณานุกรม

Jones, T.M. 2003. **AI Application Programming**: Charles River Media

Eric Bonabeau, Marco Dorigo, Guy Theraulaz. 1999. **Swarm Intelligence From Natural to Artificial Systems**: Oxford University Press

คณิ่ง ลีกุล, พลเทพ ศรีมุข. 2007. **อัลกอริธึม Ant สำหรับการค้นหาเส้นทางในแผนที่**. กรุงเทพฯ:

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รัชชัช ลือทุกสิ้น, อติเรก ชัยนวล, ภูพงษ์ พงษ์เจริญ. 2007. **การศึกษาปัจจัยและกฎการเลือกตำแหน่ง ถัดไปของวิธีการระบบมด**. [Online].

Available : www.research.nu.ac.th/home/proc3/oral%20science/oral_science_19_42.pdf

Theresa Meggie, Barker von Haartman. 2005. **Ant Colony Optimization**. [Online].

Available : courses.washington.edu/inde510/510/Ant%20Colony%20Optimization3.ppt



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.
ข้อมูลแผนที่

ตำแหน่งจุดบนแผนที่

NodeID หมายถึง ลำดับของจุดบนแผนที่

Name หมายถึง ชื่อของสถานที่

PixelX, PixelY หมายถึงตำแหน่งจุดของสถานที่

Type หมายถึง ชนิดของสถานที่

ตารางที่ ก.1 ชื่อ, ตำแหน่งจุด และชนิดของสถานที่

NodeID	Name	pixelX	pixelY	Type
N1	อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ	1360	437	ช็อบปิ้งเซนเตอร์
N10	สยามสแควร์	1320	831	ช็อบปิ้งเซนเตอร์
N100	ถนนจักรวรรดิ	670	926	
N101	แยกวัดศีก	721	858	
N102	แยกเอสเอบี	741	826	
N103	วัดมังกร	787	871	วัด
N104	วัดเทพศิรินทร์	869	936	วัด
N105	หัวลำโพง	949	990	
N106	วัดมหาพฤฒาราม	935	1114	วัด
N107	กรมเจ้าท่า	917	1097	สถานที่ราชการ
N108	แยกมหานคร	1004	1015	
N109	ศาลแรงงานกลาง	994	1056	สถานที่ราชการ
N11	เซนทรัลเวิร์ลพลาซ่า	1405	846	ช็อบปิ้งเซนเตอร์
N110	แยกสะพานเหลือง	1055	1032	
N111	แยกเจริญผล	1091	785	
N112	แยกเพชรพระราม	1145	638	
N113	แยกพงษ์พระรสสะพาน	1032	776	
N114	การรถไฟแห่งประเทศไทย	988	771	สถานที่ราชการ
N115	ตลาดโบ๊เบ๊	947	757	ช็อบปิ้งเซนเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ชื่อ, ตำแหน่งจุด และชนิดของสถานที่(ต่อ)

NodeID	Name	pixelX	pixelY	Type
N116	วัดชกชิง	859	722	วัด
N117	วัดสระเกษ	799	707	วัด
N118	วรจักร	768	777	
N119	โรงพยาบาลกลาง	830	803	
N12	สามย่าน	1190	1089	
N120	วัดสิตาราม	819	640	วัด
N121	แยกหลานหลวง	819	615	
N122	แยกจักรพรรดิพงษ์	813	579	
N123	สำนักงานสถิติแห่งชาติ	929	608	สถานที่ราชการ
N124	แยกยมราช	1025	598	
N125	แยกอรุพงษ์	1081	616	
N126	กระทรวงอุตสาหกรรม	1120	504	สถานที่ราชการ
N127	แยกเสาวนีย์	1070	483	
N128	กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	1155	421	สถานที่ราชการ
N129	โรงพยาบาลรามาริบัติ	1180	358	
N13	พัฒน์พงษ์	1283	1131	สถานที่ท่องเที่ยว
N130	แยกอุทัยเกษมทิศ	1125	333	
N131	วัดไพรงาม	1151	272	วัด
N132	แยกสามเสน	1171	223	
N133	แยกราชวัตร	1054	161	
N134	แยกพิชัย	973	116	
N135	แยกร่วมจิตต์	914	84	
N136	แยกศรีย่าน	852	50	
N137	วังสุโขทัย	820	126	
N138	แยกสวนรื่นฤดี	880	153	
N139	แยกขัตติยาภิ	943	180	
N14	แยกราชดำริ	1380	1052	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ชื่อ, ตำแหน่งจุด และชนิดของสถานที่(ต่อ)

NodeID	Name	pixelX	pixelY	Type
N140	แยกสุโขทัย	1026	219	
N141	แยกราชวิถี-พระราม5	997	275	
N142	สวนสัตว์คูสิต	925	243	สถานที่ท่องเที่ยว
N143	พระที่นั่งวิมานเมฆ	918	239	สถานที่ท่องเที่ยว
N144	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนคูสิต	857	210	สถานศึกษา
N145	แยกชังฮี	795	183	
N146	แยกสี่เสาเทเวศร์	731	321	
N147	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล	728	329	สถานศึกษา
N148	แยกเทเวศน์	706	361	
N149	วังสวนกุหลาบ	794	351	
N15	สวนลุมพินี	1346	1153	สถานที่ท่องเที่ยว
N150	แยกถนนพระรูป	854	381	
N151	พระบรมรูปทรงม้า	878	336	สถานที่ท่องเที่ยว
N152	สนามเสือป่า	895	344	
N153	พระที่นั่งอนันตสมาคม	913	309	สถานที่ท่องเที่ยว
N154	รัฐสภา	901	300	
N155	วัดเบญจมบพิตร	925	419	วัด
N156	แยกวังแดง	783	377	
N157	คูรสภา	759	422	สถานที่ราชการ
N158	กระทรวงศึกษาธิการ	834	425	สถานที่ราชการ
N159	สนามมวยราชดำเนิน	810	476	สถานที่ท่องเที่ยว
N16	แยกเพชรบุรี-วิฑู	1559	733	
N160	วัดโสมนัสวรวิหาร	872	546	วัด
N161	ทำเนียบรัฐบาล	894	480	สถานที่ราชการ
N162	แยกนางเลิ้ง	931	515	
N163	แยกดินแดง	1553	452	
N164	แยกโบสถ์พระแม่	1679	520	
N165	โรงแรมรอยัลเลคฮิลล์	1757	592	
N166	แยกอโศก-ดินแดง	1877	603	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ชื่อ, ตำแหน่งจุด และชนิดของสถานที่(ต่อ)

NodeID	Name	pixelX	pixelY	Type
N167	ฟอร์จูนทาวเวอร์	1881	564	ช้อปปีงเซนเตอร์
N168	รัชดาซอย4	1893	527	สถานที่ท่องเที่ยว
N169	รัชดาซอย8	1912	486	สถานที่ท่องเที่ยว
N17	แยกเพลินจิต	1546	874	
N170	แยกศูนย์วัฒนธรรม	2027	335	
N171	โรบินสันรัชดา	2041	313	ช้อปปีงเซนเตอร์
N172	ททท	2043	197	สถานที่ราชการ
N173	แยกห้วยขวาง	2043	167	
N174	ห้องสมุดประชาชน	1933	170	สถานที่ราชการ
N175	แยกเปรมสมบัติ	1932	228	
N176	ซอยประชาสงเคราะห์29	1846	227	
N177	โรงเรียนเปรมฤทัย	1787	266	สถานศึกษา
N178	แยกประชาสงเคราะห์	1783	334	
N179	ศูนย์บริการสาธารณสุข	1747	335	สถานที่ราชการ
N18	แยกวิทยุ-สารสิน	1518	1052	
N180	แยกถนนไมตรี	1638	289	
N181	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	1705	163	สถานศึกษา
N182	ศูนย์การค้าวรรัตน์	1298	1622	
N19	สวนลุมไนท์บาซาร์	1499	1213	ช้อปปีงเซนเตอร์
N2	แยกราชวิถี-คินแดง	1445	474	
N20	โรงเรียนเซน โยเซฟคอนเวนต์	1348	1268	สถานศึกษา
N21	แยกนรินทร	1222	1308	
N22	แยกสุรวงศ์-นราธิวาสฯ	1143	1171	
N23	แยกทรัพย์-สุรวงศ์	1181	1156	
N24	แยกทรัพย์-สี่พระยา	1151	1100	
N25	แยกนเรศ-สี่พระยา	1089	1111	
N26	แยกนเรศ-สุรวงศ์	1111	1184	
N27	แยกราชมัย	1167	1220	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ชื่อ, ตำแหน่งจุด และชนิดของสถานที่(ต่อ)

NodeID	Name	pixelX	pixelY	Type
N28	แยกเค โข	1125	1236	
N29	โรงแรมฮอติเคย์อินท์	1011	1280	
N3	แยกราชปรารภ	1440	554	
N30	แยกมเหล็กซ์	1004	1221	
N31	โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน	1021	1370	สถานศึกษา
N32	แยกแก้วฟ้ามหานคร	988	1136	
N33	แยกสี่พระยา	935	1145	
N34	แยกสุรวงศ์	950	1242	
N35	โรงเรียนอัสสัมชัญ	958	1305	สถานศึกษา
N36	สะพานตากสิน	931	1371	
N37	โรงเรียนวัดสุทธิวราราม	861	1540	สถานศึกษา
N38	สะพาน3	1161	1606	
N39	เซนหลุยส์ซอย3	1199	1483	
N4	เซนจูรี	1328	498	ช้อปปิ้งเซนเตอร์
N40	โรงพยาบาลเซ็นหลุยส์	1143	1330	
N41	ซอยอาคารสงเคราะห์	1299	1430	
N42	สะพาน5	1386	1573	
N43	แยกสวนพลู	1411	1400	
N44	แยกเทคนิคกรุงเทพ	1385	1414	
N45	ถนนนราธิวาสฯ	1314	1456	
N46	โรงเรียนเทคนิคกรุงเทพ	1444	1524	สถานศึกษา
N47	ซอยเย็นอากาศ	1499	1488	
N48	ซอยศรีบำเพ็ญ	1581	1352	
N49	ทุ่งมหาเมฆ	1537	1304	
N5	แยกศรีอยุธยา	1287	580	
N50	สนามมวยลุมพินี	1574	1242	สถานที่ท่องเที่ยว
N51	หลังสวน	1448	1047	
N52	แยกชิดลม	1477	855	
N53	เมโทร โพลิส	1491	734	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ชื่อ, ตำแหน่งจุด และชนิดของสถานที่(ต่อ)

NodeID	Name	pixelX	pixelY	Type
N54	แยกมักกะสัน	1434	632	
N55	สถานีรถไฟมักกะสัน	1680	696	
N56	แยกมิตรสัมพันธ์	1678	727	
N57	แยกนานา	1651	890	
N58	สุขุมวิทซอย1	1628	884	
N59	โรงพยาบาลโรงงานยาสูบ	1678	1287	
N6	แยกประตูน้ำ	1435	613	
N60	คลองเตย	1773	1323	
N61	ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์	1798	1239	
N62	โรงงานยาสูบ	1778	1057	สถานที่ราชการ
N63	สุขุมวิทซอย14	1801	1034	
N64	แยกอโศกใต้	1808	1001	
N65	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	1848	737	สถานศึกษา
N66	อนุสาวรีย์ประชาธิปไตย	669	607	สถานที่ท่องเที่ยว
N67	เสาชิงช้า	645	704	สถานที่ท่องเที่ยว
N68	วัดราชนัคดาราม	734	613	วัด
N69	แยกวันชาติ	682	555	
N7	ประตูน้ำ	1420	734	ซ็อบปี้งเซนเตอร์
N70	ถนนข้าวสาร	616	599	สถานที่ท่องเที่ยว
N71	ศาลเจ้าพ่อเสือ	600	711	วัด
N72	บ้านหม้อ	589	792	ซ็อบปี้งเซนเตอร์
N73	ดิโอลด์สยาม	630	791	ซ็อบปี้งเซนเตอร์
N74	สวนรมณีนาด	695	793	สถานที่ท่องเที่ยว
N75	วัดสุทัศน์	716	695	วัด
N76	แยกสามยอด	714	805	
N77	ประตูผี	738	697	
N78	แยกผ่านฟ้าลีลาศ	754	616	
N79	กระทรวงคมนาคม	781	542	สถานที่ราชการ
N8	แยกราชเทวี	1241	674	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.1 ชื่อ, ตำแหน่งจุด และชนิดของสถานที่(ต่อ)

NodeID	Name	pixelX	pixelY	Type
N80	วัดศรีทศเทพ	718	498	วัด
N81	ธนาคารแห่งชาติ	663	416	สถานที่ราชการ
N82	บางลำภู	597	505	ชื้อปิ้งเซนเตอร์
N83	วัดบวรนิเวศ	634	527	วัด
N84	แยกต่าย	614	552	
N85	วัดชนะสงคราม	577	528	วัด
N86	สนามหลวง	519	581	สถานที่ท่องเที่ยว
N87	โรงแรมรัตนโกสินทร์	525	590	
N88	วัดพระแก้ว	513	696	วัด
N89	กระทรวงการต่างประเทศ	513	720	สถานที่ราชการ
N9	มานูครอง	1222	811	ชื้อปิ้งเซนเตอร์
N90	กรมรักษาดินแดน	519	790	สถานที่ราชการ
N91	มหาวิทยาลัยศิลปากร	419	699	สถานศึกษา
N92	ท่าเตียน	457	813	
N93	วัดเชตุพนวิมลมังคลาราม	486	861	วัด
N94	โรงเรียนราชินี	537	892	สถานศึกษา
N95	ศาลหลักเมือง	561	716	วัด
N96	ปากคลองตลาด	575	905	ชื้อปิ้งเซนเตอร์
N97	สะพานพุทธ	606	913	ชื้อปิ้งเซนเตอร์
N98	สะพานพระปกเกล้า	636	922	
N99	พาหุรัด	683	844	ชื้อปิ้งเซนเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นทางบนแผนที่

PathID หมายถึง ลำดับของเส้นทาง

Node1, Node2 หมายถึง ตำแหน่งจุดต้นและปลายของเส้นทาง

Name หมายถึง ชื่อของเส้นทาง

ตารางที่ ก.2 ชื่อและตำแหน่งจุดของเส้นทาง

PathID	Node1	Node2	Name
P1	N1	N2	ถนนราชวิถี
P10	N71	N72	ถนนเฟื่องนคร
P100	N79	N122	ถนนจักรพรรดิพงษ์
P101	N13	N15	ถนนพระราม4
P102	N78	N122	ถนนนครสวรรค์
P103	N78	N120	ถนนดำรงรักษ์
P104	N121	N123	ถนนหลานหลวง
P105	N123	N124	ถนนหลานหลวง
P106	N112	N125	ถนนเพชรบุรี
P107	N113	N125	ถนนทางด่วนชั้นที่2
P108	N124	N125	ถนนเพชรบุรี
P109	N5	N126	ถนนศรีอยุธยา
P11	N67	N73	ถนนตรีทอง
P110	N125	N126	ถนนทางด่วนชั้นที่2
P111	N124	N127	ถนนสวรรคโลก
P112	N2	N3	ถนนราชปรารภ
P113	N14	N15	ถนนราชดำริ
P114	N126	N127	ถนนราชดำริ
P115	N126	N128	ทางด่วนชั้นที่2
P116	N4	N128	ถนน โยธี
P117	N1	N129	ถนนราชวิถี
P118	N128	N129	ทางด่วนชั้นที่2
P119	N129	N130	ถนนราชวิถี
P12	N72	N73	ถนนเจริญกรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ชื่อและตำแหน่งจุดของเส้นทาง(ต่อ)

PathID	Node1	Node2	Name
P120	N127	N130	ถนนสวรรคโลก
P121	N130	N131	ถนนสวรรคโลก
P122	N131	N132	ถนนกำแพงเพชร5
P123	N132	N133	ถนนนครไชยศรี
P124	N16	N17	ถนนวิฑู
P125	N133	N134	ถนนนครไชยศรี
P126	N134	N135	ถนนนครไชยศรี
P127	N135	N136	ถนนนครไชยศรี
P128	N136	N137	ถนนสามเสน
P129	N135	N138	ถนนราชสีมา
P13	N8	N9	ถนนพญาไท
P130	N137	N138	ถนนสุโขทัย
P131	N134	N139	ถนนพิชัย
P132	N138	N139	ถนนสุโขทัย
P133	N133	N140	ถนนพระราม5
P134	N139	N140	ถนนสุโขทัย
P135	N17	N18	ถนนวิฑู
P136	N131	N140	ถนนสุโขทัย
P137	N130	N141	ถนนราชวิถี
P138	N140	N141	ถนนพระราม5
P139	N141	N142	ถนนราชวิถี
P14	N73	N74	ถนนเจริญกรุง
P140	N142	N143	ถนนราชวิถี
P141	N139	N143	ถนนพิชัย
P142	N138	N144	ถนนราชสีมา
P143	N143	N144	ถนนราชวิถี
P144	N137	N145	ถนนสามเสน
P145	N144	N145	ถนนราชวิถี
P146	N15	N19	ถนนพระราม4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ชื่อและตำแหน่งจุดของเส้นทาง(ต่อ)

PathID	Node1	Node2	Name
P147	N145	N146	ถนนสามเสน
P148	N146	N147	ถนนสามเสน
P149	N81	N148	ถนนสามเสน
P15	N67	N75	ถนนบำรุงเมือง
P150	N147	N148	ถนนสามเสน
P151	N144	N149	ถนนราชสีมา
P152	N146	N149	ถนนศรีอยุธยา
P153	N149	N150	ถนนศรีอยุธยา
P154	N150	N151	ถนนอุทองใน
P155	N151	N152	ถนนอุทองใน
P156	N152	N153	ถนนอุทองใน
P157	N19	N20	ถนนสาทร
P158	N153	N154	ถนนอุทองใน
P159	N142	N154	ถนนอุทองใน
P16	N68	N75	ถนนมหาไชย
P160	N127	N155	ถนนศรีอยุธยา
P161	N141	N155	ถนนพระราม5
P162	N150	N155	ถนนศรีอยุธยา
P163	N147	N156	ถนนพิษณุโลก
P164	N149	N156	ถนนราชสีมา
P165	N80	N157	ถนนประชาธิปไตย
P166	N148	N157	ถนนกรุงเกษม
P167	N156	N157	ถนนราชสีมา
P168	N20	N21	ถนนสาทร
P169	N150	N158	ถนนราชดำเนินนอก
P17	N74	N75	ถนนมหาไชย
P170	N156	N158	ถนนพิษณุโลก
P171	N79	N159	ถนนราชดำเนินนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ชื่อและตำแหน่งจุดของเส้นทาง(ต่อ)

PathID	Node1	Node2	Name
P172	N157	N159	ถนนกรุงเทพฯ
P173	N158	N159	ถนนราชดำเนินนอก
P174	N122	N160	ถนนนครสวรรค์
P175	N123	N160	ถนนกรุงเทพฯ
P176	N159	N160	ถนนกรุงเทพฯ
P177	N155	N161	ถนนนครปฐม
P178	N158	N161	ถนนพิษณุโลก
P179	N124	N162	ถนนพิษณุโลก
P18	N74	N76	ถนนเจริญกรุง
P180	N160	N162	ถนนนครสวรรค์
P181	N161	N162	ถนนพิษณุโลก
P182	N22	N23	ถนนสุรวงศ์
P183	N13	N23	ถนนสุรวงศ์
P184	N1	N4	ถนนพญาไท
P185	N23	N24	ถนนทรัพย์สิน
P186	N12	N24	ถนนสี่พระยา
P187	N24	N25	ถนนสี่พระยา
P188	N25	N26	ถนนนเรศ
P189	N22	N26	ถนนสุรวงศ์
P19	N75	N77	ถนนบำรุงเมือง
P190	N22	N27	ถนนราชวิสาสน์ฯ
P191	N15	N27	ถนนสีลม
P192	N21	N27	ถนนราชวิสาสน์ฯ
P193	N27	N28	ถนนสีลม
P194	N26	N28	ถนนเค โช
P195	N3	N4	ซอยรางน้ำ
P196	N28	N29	ถนนสีลม
P197	N29	N30	ถนนมเหล็ก
P198	N26	N30	ถนนสุรวงศ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ชื่อและตำแหน่งจุดของเส้นทาง(ต่อ)

PathID	Node1	Node2	Name
P199	N29	N31	ถนนสุรศักดิ์
P2	N7	N8	ถนนเพชรบุรี
P20	N76	N77	ถนนบริพัตร
P200	N25	N32	ถนนสี่พระยา
P201	N32	N33	ถนนสี่พระยา
P202	N30	N34	ถนนสุรวงศ์
P203	N33	N34	ถนนเจริญกรุง
P204	N29	N35	ถนนสีลม
P205	N4	N5	ถนนพญาไท
P206	N34	N35	ถนนเจริญกรุง
P207	N31	N36	ถนนสาทร
P208	N35	N36	ถนนเจริญกรุง
P209	N36	N37	ถนนเจริญกรุง
P21	N68	N78	ถนนราชดำเนินกลาง
P210	N37	N38	ถนนจันทน์
P211	N38	N39	ถนนเซนหลุยส์ซอย3
P212	N21	N40	ถนนสาทร
P213	N31	N40	ถนนสาทร
P214	N39	N40	เซนหลุยส์ซอย3
P215	N21	N41	ถนนนราธิวาสฯ
P216	N3	N6	ถนนราชปรารภ
P217	N39	N41	ซอยนราธิวาสฯ10
P218	N42	N182	ถนนจันทน์
P219	N20	N43	ซอยสวนพลู
P22	N77	N78	ถนนบริพัตร
P220	N43	N44	ซอยงามคูพตี
P221	N41	N45	ถนนนราธิวาสฯ
P222	N42	N45	ถนนนราธิวาสฯ
P223	N44	N45	ซอยงามคูพตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ชื่อและตำแหน่งจุดของเส้นทาง(ต่อ)

PathID	Node1	Node2	Name
P224	N44	N46	ถนนนางลิ้นจี่
P225	N42	N46	ถนนจันทร์
P226	N5	N6	ถนนศรีอยุธยา
P227	N46	N47	ถนนเย็นอากาศ
P228	N47	N48	ถนนเย็นอากาศ
P229	N48	N49	ซอยศรีบำเพ็ญ
P23	N68	N79	ถนนราชดำเนินนอก
P230	N49	N50	ซอยสะพานคู่
P231	N19	N50	ถนนพระราม4
P232	N14	N51	ถนนสารสิน
P233	N18	N51	ถนนสารสิน
P234	N11	N52	ถนนเพลินจิต
P235	N17	N52	ถนนเพลินจิต
P236	N51	N52	ถนนหลังสวน
P237	N180	N181	ถนนวิภาวดีรังสิต
P238	N7	N53	ถนนเพชรบุรี
P239	N16	N53	ถนนเพชรบุรี
P24	N9	N10	ถนนพระราม1
P240	N52	N53	ถนนชิดลม
P241	N6	N54	ถนนราชปรารภ
P242	N7	N54	ถนนราชปรารภ
P243	N54	N55	ถนนมักกะสัน
P244	N55	N56	ซอยนานา
P245	N16	N56	ถนนเพชรบุรี
P246	N56	N57	ซอยนานา
P247	N17	N58	ถนนเพลินจิต
P248	N5	N8	ถนนพญาไท
P249	N57	N58	ถนนสุขุมวิท
P25	N69	N80	ถนนประชาธิปไตย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ชื่อและตำแหน่งจุดของเส้นทาง(ต่อ)

PathID	Node1	Node2	Name
P250	N50	N59	ถนนพระราม4
P251	N58	N59	ทางค่วยชั้นที่1
P252	N59	N60	ถนนพระราม4
P253	N60	N61	ถนนรัชดา
P254	N61	N62	ถนนรัชดา
P255	N62	N63	ถนนรัชดา
P256	N63	N64	ถนนรัชดา
P257	N57	N64	ถนนสุขุมวิท
P258	N56	N65	ถนนเพชรบุรี
P259	N18	N19	ถนนวิฑู
P26	N79	N80	ถนนวิสุทธิกษัตริย์
P260	N64	N65	ถนนอโศก
P261	N2	N163	ถนนดินแดง
P262	N163	N164	ถนนดินแดง
P263	N164	N165	ถนนดินแดง
P264	N65	N166	ถนนอโศก
P265	N165	N166	ถนนดินแดง
P266	N166	N167	ถนนรัชดา
P267	N167	N168	ถนนรัชดา
P268	N168	N169	ถนนรัชดา
P269	N169	N170	ถนนรัชดา
P27	N80	N81	ถนนวิสุทธิกษัตริย์
P270	N170	N171	ถนนรัชดา
P271	N171	N172	ถนนรัชดา
P272	N172	N173	ถนนรัชดา
P273	N173	N174	ถนนประชากรราษฎร์บำเพ็ญ
P274	N174	N175	ถนนประชาสงเคราะห์
P275	N175	N176	ถนนประชาสงเคราะห์
P276	N176	N177	ถนนประชาสงเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ชื่อและตำแหน่งจุดของเส้นทาง(ต่อ)

PathID	Node1	Node2	Name
P277	N177	N178	ถนนประชาสงเคราะห์
P278	N164	N179	ถนนประชาสงเคราะห์
P279	N178	N179	ถนนประชาสงเคราะห์
P28	N81	N82	ถนนสามเสน
P280	N163	N180	ถนนวิภาวดีรังสิต
P281	N179	N180	ถนนมิตรไมตรี
P282	N38	N182	ถนนจันทร์
P29	N69	N83	ถนนพระสุเมรุ
P3	N66	N67	ถนนดินสอ
P30	N82	N83	ถนนพระสุเมรุ
P31	N83	N84	ซอยดำเนินกลางเหนือ
P32	N70	N84	ซอยดำเนินกลางเหนือ
P33	N82	N85	ถนนจักรพงษ์
P34	N84	N85	ถนนคานี
P35	N10	N11	ถนนพระราม1
P36	N85	N86	ถนนจักรพงษ์
P37	N70	N87	ถนนราชดำเนินกลาง
P38	N86	N87	ถนนราชดำเนินกลาง
P39	N87	N88	ถนนราชดำเนินใน
P4	N66	N68	ถนนราชดำเนินกลาง
P40	N71	N95	ถนนกัลยาณไมตรี
P41	N88	N89	ถนนสนามไชย
P42	N72	N90	ถนนเจริญกรุง
P43	N89	N90	ถนนสนามไชย
P44	N88	N91	ถนนหน้าพระลาน
P45	N90	N92	ถนนท้ายวัง
P46	N7	N11	ถนนราชดำริ
P47	N91	N92	ถนนมหาราช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ชื่อและตำแหน่งจุดของเส้นทาง(ต่อ)

PathID	Node1	Node2	Name
P48	N92	N93	ถนนมหาราช
P49	N90	N94	ถนนสนามไชย
P5	N66	N69	ถนนดินสอ
P50	N93	N94	ถนนมหาราช
P51	N89	N95	ถนนกัลยาณไมตรี
P52	N87	N95	ถนนอภัยวงศ์
P53	N72	N96	ถนนบ้านหม้อ
P54	N94	N96	ถนนมหาราช
P55	N73	N97	ถนนศรีเพชร
P56	N96	N97	ถนนมหาราช
P57	N9	N12	ถนนพญาไท
P58	N97	N98	ถนนจักรเพชร
P59	N74	N99	ถนนมหาไชย
P6	N68	N69	ถนนพระสุเมรุ
P60	N98	N99	ถนนจักรเพชร
P61	N98	N100	ถนนจักรวรรดิ
P62	N99	N101	ถนนพิรพงษ์
P63	N100	N101	ถนนจักรวรรดิ
P64	N76	N102	ถนนเจริญกรุง
P65	N101	N102	ถนนจักรวรรดิ
P66	N102	N103	ถนนเจริญกรุง
P67	N103	N104	ถนนเจริญกรุง
P68	N10	N13	ถนนอังรีดูนังค์
P69	N104	N105	ถนนเจริญกรุง
P7	N66	N70	ถนนราชดำเนินกลาง
P70	N105	N106	ถนนมหาพฤฒาราม
P71	N33	N106	ถนนเจริญกรุง
P72	N106	N107	ถนนเจริญกรุง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ก.2 ชื่อและตำแหน่งจุดของเส้นทาง(ต่อ)

PathID	Node1	Node2	Name
P73	N104	N107	ถนนเจริญกรุง
P74	N105	N108	ถนนพระราม4
P75	N32	N109	ทางด่วนชั้นที่2
P76	N108	N109	ทางด่วนชั้นที่2
P77	N108	N110	ถนนพระราม4
P78	N12	N110	ถนนพระราม4
P79	N12	N13	ถนนพระราม4
P8	N67	N71	ถนนบำรุงเมือง
P80	N9	N111	ถนนพระราม1
P81	N110	N111	ถนนบรรทัดทอง
P82	N8	N112	ถนนเพชรบุรี
P83	N111	N112	ถนนบรรทัดทอง
P84	N108	N113	ทางด่วนชั้นที่2
P85	N111	N113	ถนนพระราม1
P86	N113	N114	ถนนพระราม1
P87	N114	N115	ถนนพระราม1
P88	N115	N116	ถนนบำรุงเมือง
P89	N116	N117	ถนนบำรุงเมือง
P9	N70	N71	ถนนตะนาว
P90	N11	N14	ถนนราชดำริ
P91	N117	N118	ถนนวรจักร
P92	N102	N118	ถนนวรจักร
P93	N118	N119	ถนนหลวง
P94	N103	N119	ถนนเสือป่า
P95	N116	N119	ถนนยุคท2
P96	N117	N120	ถนนจักรพรรดิพงษ์
P97	N78	N121	ถนนหลานหลวง
P98	N120	N121	ถนนดำรงรักษ์
P99	N121	N122	ถนนจักรพรรดิพงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางข้างต้น ชื่อสถานที่และเส้นทางต่างๆ นำมาจากข้อมูลจริงของแผนที่ แต่จุดที่บอก
พิกัดของสถานที่ถูกกำหนดขึ้นเอง โดยอ้างอิงกับแผนที่ที่ใช้ในการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

การติดตั้งโปรแกรม

ความต้องการของระบบ

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ต้องมีการติดตั้ง โปรแกรมเหล่านี้
 - a. Java SE
 - b. MySQL
 - c. MySQL GUI Tool
2. MySQL ต้องมีการตั้งค่าไว้ดังนี้
 - a. Port : 3306
 - b. Username : root
 - c. Password : adminadmin

ขั้นตอนการติดตั้ง

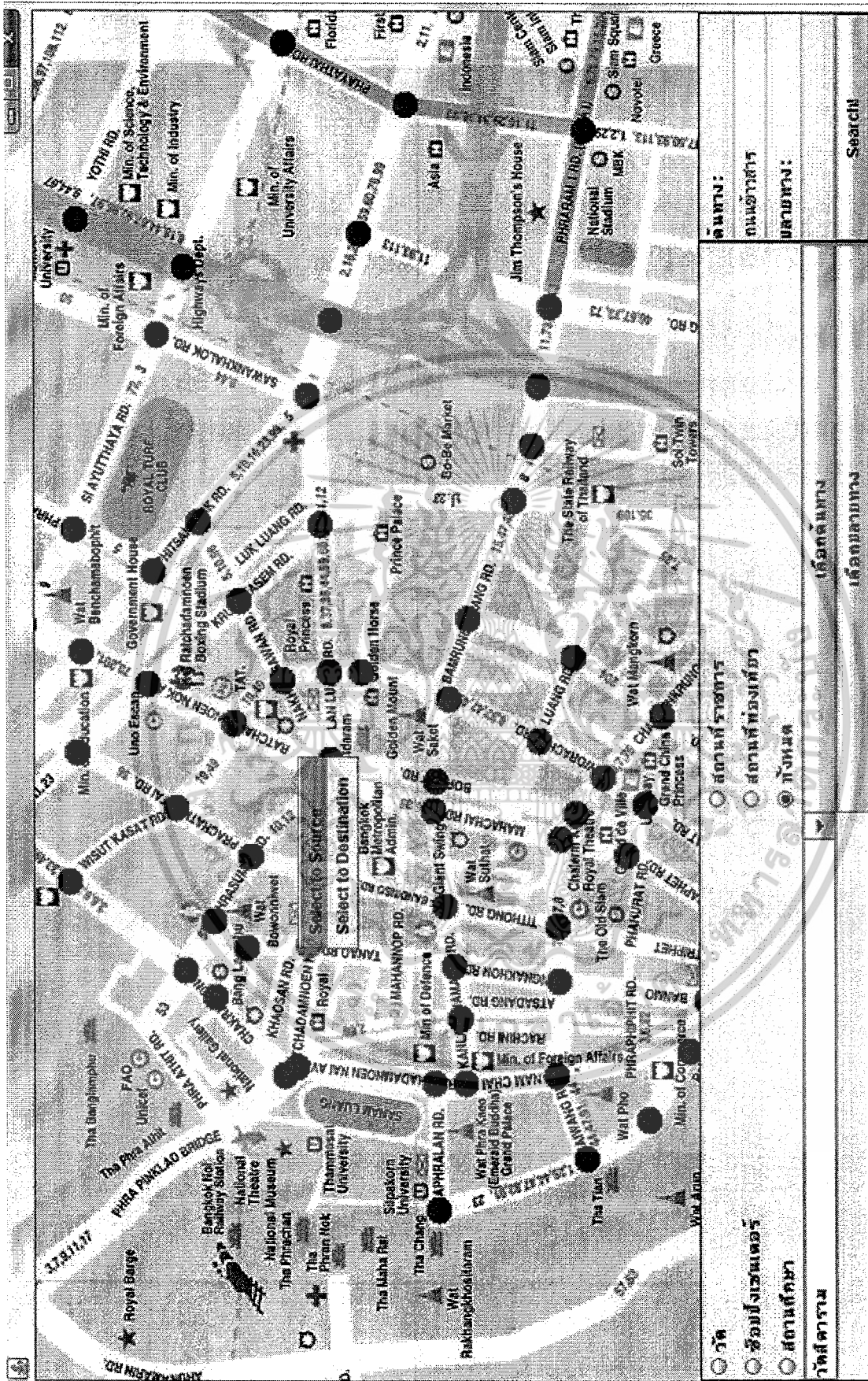
1. เปิดโปรแกรม MySQL Administrator
2. เลือก Restore -> Open Backup File
3. Browse หาไฟล์ข้อมูล Database ที่ชื่อว่า antmap 20090127 1059.sql
4. กด Start Restore เพื่อทำการลงข้อมูล Database antmap ในระบบ
5. ปิดโปรแกรม MySQL Administrator
6. ทำการ copy ไฟล์โปรแกรมเหล่านี้ลงใน directory เดียวกันที่ต้องการ
 - a. โฟลเดอร์ lib ซึ่งข้างในประกอบไปด้วยไฟล์ดังนี้
 - jgraph-t-jdk1.5.jar
 - mysql-connector-java-5.1.6-bin.jar
 - b. ไฟล์ AntNavi_V2.jar
 - c. ไฟล์ runAntNavi.bat
7. เปิดโปรแกรมใช้งานด้วยการเปิดไฟล์ runAntNavi.bat

ภาคผนวก ก.

การใช้โปรแกรมและตัวอย่างการค้นหาเส้นทาง

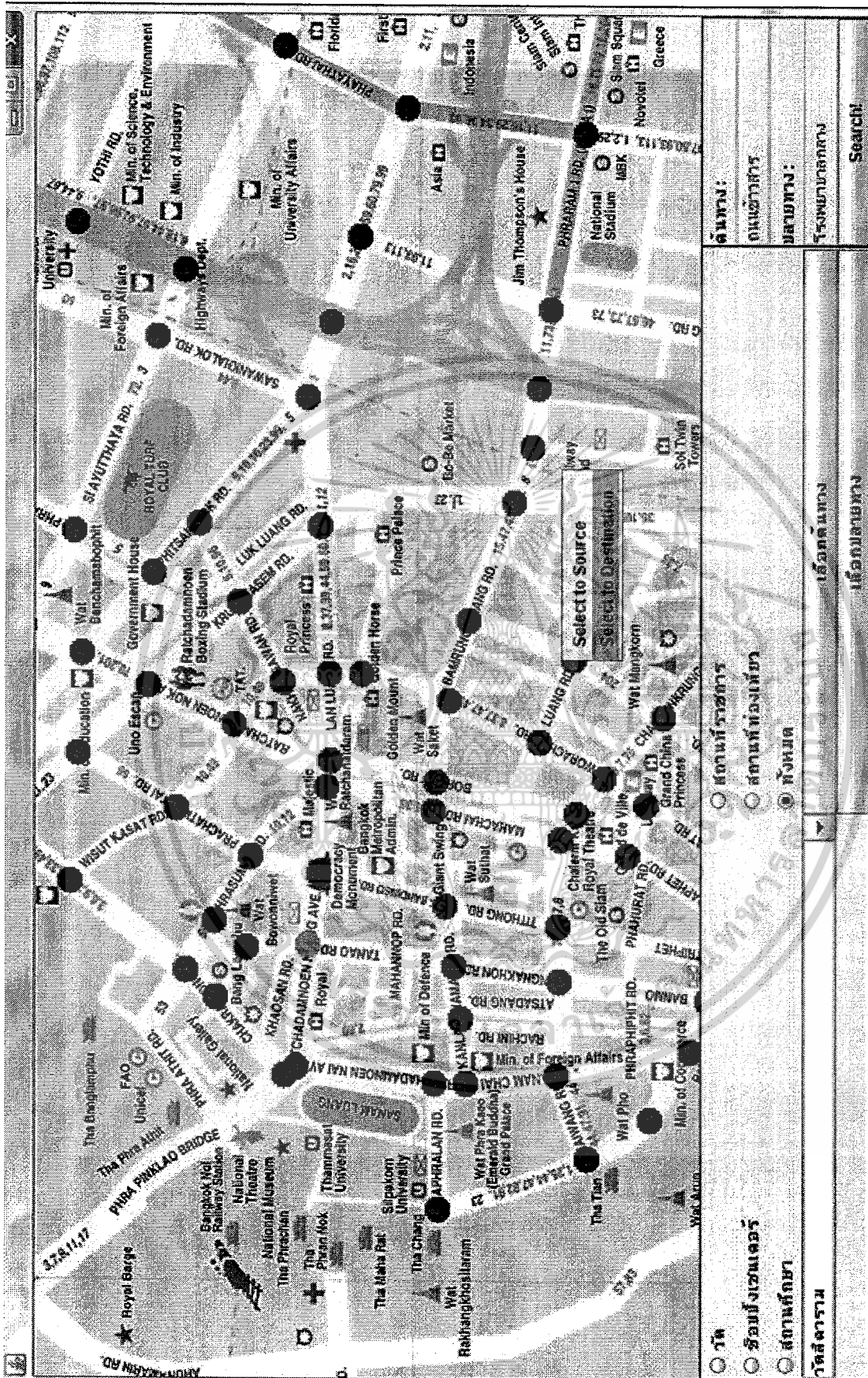
การใช้โปรแกรม

1. เปิดโปรแกรมขึ้นมา
2. การเลือกจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางโดยการเลือกบนแผนที่ สามารถทำได้โดยการคลิกเมาท์ซ้ายในจุดที่ต้องการ โดยจะมีป๊อปอัพขึ้นมาเพื่อให้เลือกว่าจะให้ป็นจุดเริ่มต้นหรือจุดปลายทาง ดังรูปที่ ค.2 และรูปที่ ค.3
3. การเลือกจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางโดยใช้ Combo box สามารถเลือกสถานที่ได้จาก list หรือพิมพ์ชื่อสถานที่ที่ต้องการได้ และเมื่อชื่อสถานที่ปรากฏใน Combo box แล้วสามารถกดปุ่มเลือกให้เป็นจุดเริ่มต้นหรือจุดปลายทางได้ ดังรูปที่ ค.4
4. เมื่อทำการเลือกจุดเริ่มต้นหรือจุดปลายทางแล้ว จะแสดงชื่อสถานที่ที่เลือกในช่องจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางเพื่อยืนยัน ก่อนที่จะทำการค้นหาเส้นทางโดยกดปุ่ม Search ดังช่องยืนยันจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางดังรูปที่ ค.1
5. สามารถกรองเฉพาะลักษณะของสถานที่ที่ต้องการ โดยคลิกเลือกลักษณะของสถานที่ที่ต้องการต่างๆ บน Radio Button ดังช่องกรองประเภทสถานที่ดังรูปที่ ค.1
6. การแสดงจุดบนแผนที่ จุดเริ่มต้นเป็นสีเขียวและจุดปลายทางเป็นสีแดง ดังรูปที่ ค.5
7. สามารถซูมเข้าโดยการกดปุ่ม + หรือเลื่อนปุ่ม mouse scroll ขึ้นด้านบน และสามารถซูมออกโดยการกดปุ่ม - บนคีย์บอร์ด หรือเลื่อนปุ่ม mouse scroll ลงด้านล่าง
8. ในการเลื่อนแผนที่สามารถทำได้โดยการ กดปุ่มเมาส์ขวาค้างแล้วเลื่อนเมาส์บนแผนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ (แผนที่จะเลื่อนไปตามทิศทางที่เมาส์เคลื่อนที่)



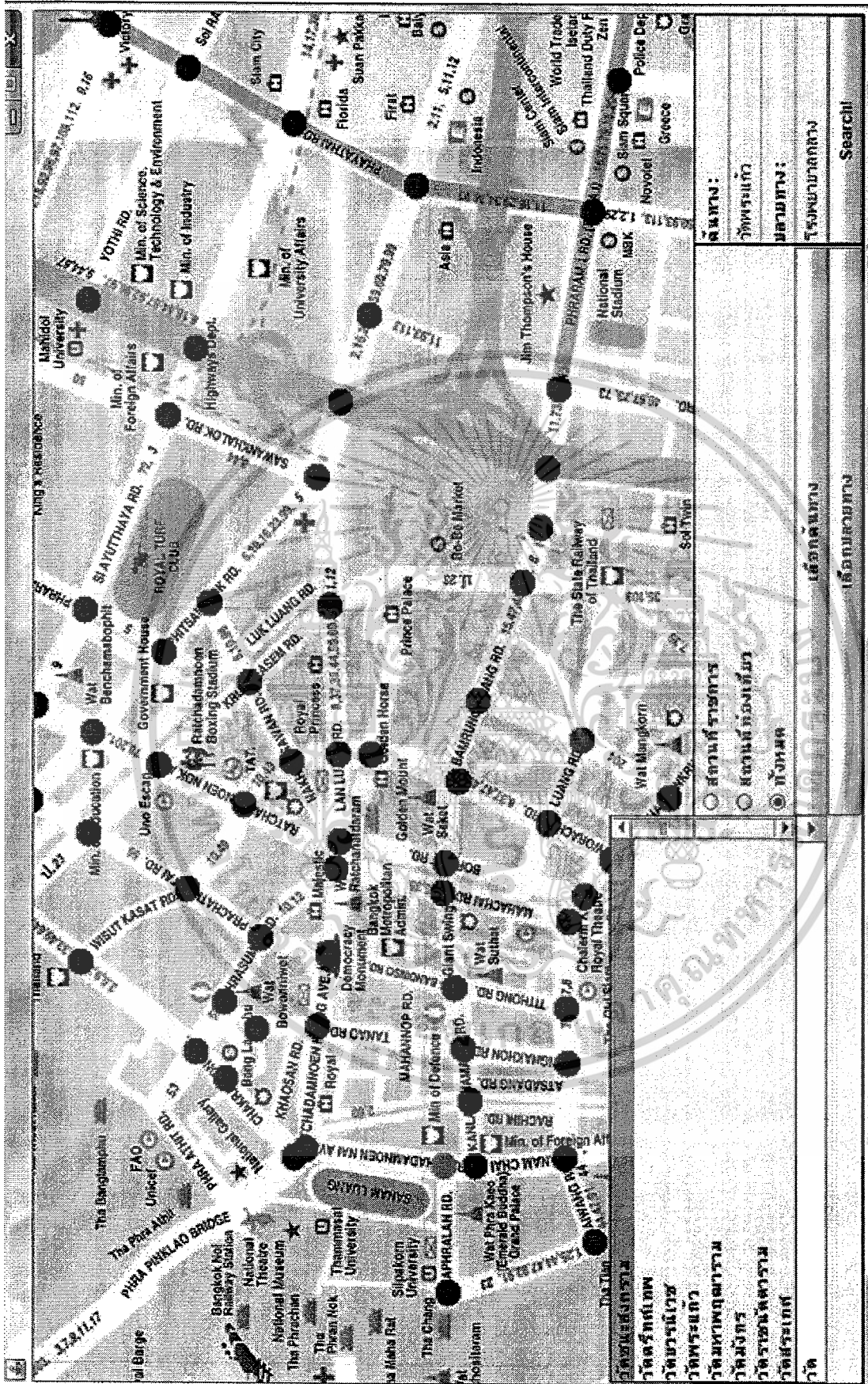
รูปที่ ค.2 การเลือกจุดเริ่มต้นจากแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



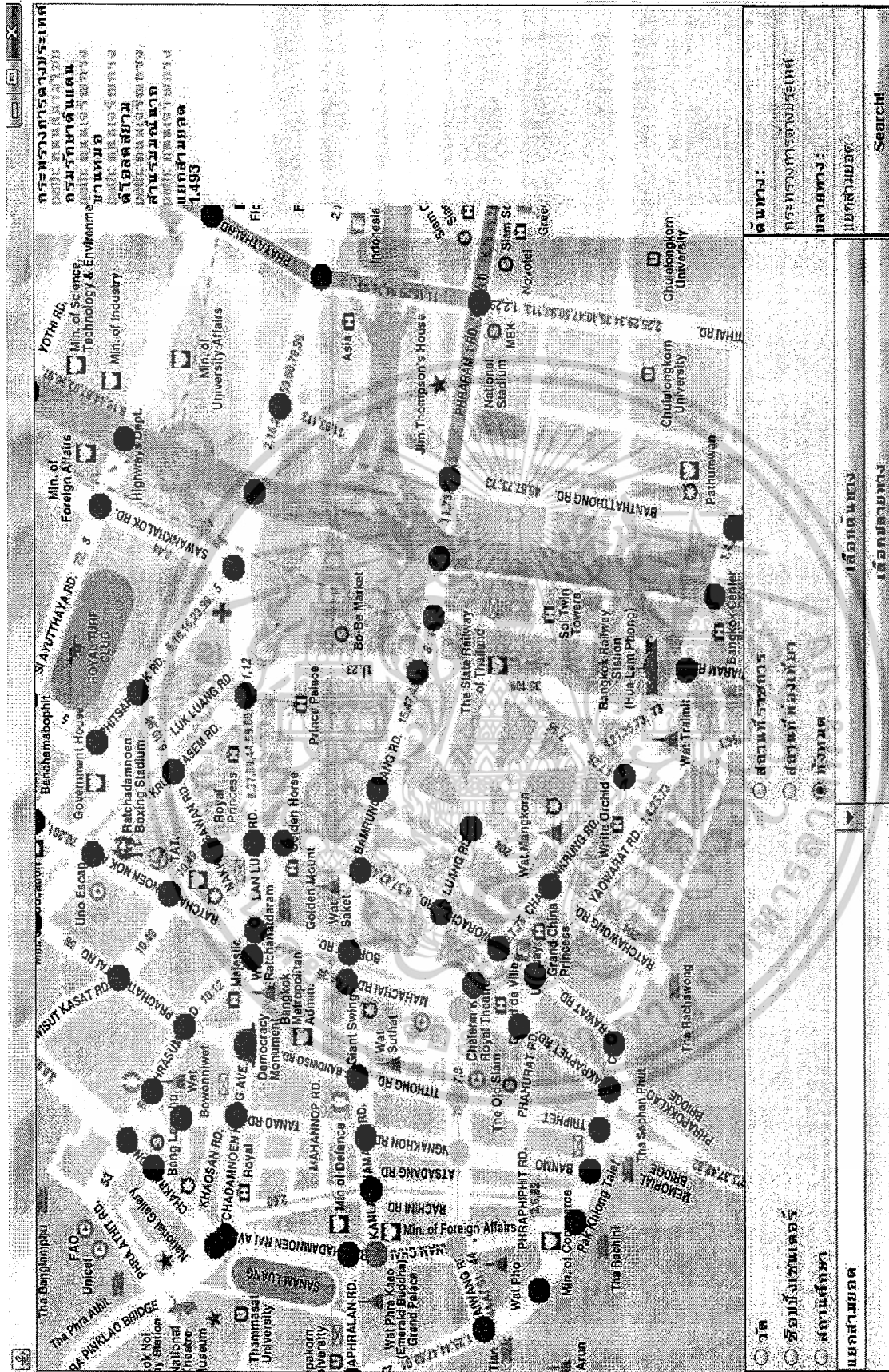
รูปที่ ค.3 การเลือกจุดปลายทางจากแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.4 การเลือกจุดเริ่มต้นและจุดปลายทางจาก Combo Box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.5 ผลลัพธ์ชื่อสถานที่และเส้นทางที่ผ่านบนแผนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

ข้อมูลจากการทดลอง

ตารางที่ ง.1 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะใกล้

Alpha	Beta	การทดลองครั้งที่									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.5	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะใกล้
(ต่อ)

Alpha	Beta	การทดลองครั้งที่									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.5	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.1 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะใกล้
(ต่อ)

Alpha	Beta	การทดลองครั้งที่									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1.5	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1.5	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2.5	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3	5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง

Alpha	Beta	การทดลองครั้งที่									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.5	1	1107.229	983.367	864.324	1077.851	984.572	1205.683	992.267	864.324	1037.004	1150.453
2	1	1058.158	1156.211	975.959	1140.902	1123.038	864.324	962.202	954.668	1051.844	864.324
2.5	1	1048.640	1037.004	1154.978	984.376	1016.434	1073.836	962.202	864.324	1154.674	864.324
3	1	1069.037	1028.772	1244.342	864.324	1073.836	1154.072	864.324	1268.644	975.959	984.376
1.5	2	1091.256	1082.449	1171.358	1253.348	1284.153	975.959	1231.335	1115.744	1231.602	1156.211
2	2	975.959	1255.352	1254.872	1156.211	1045.716	1264.619	1156.211	931.123	1073.836	1212.392
2.5	2	1210.075	1045.716	1233.074	1119.302	1114.711	1073.836	976.156	975.959	976.156	984.376
3	2	1042.999	1218.491	976.156	1155.581	976.156	1120.337	976.156	1137.550	962.202	1076.466
1.5	3	1028.784	1314.748	1268.948	1279.635	1205.055	976.156	1421.738	1074.033	1287.471	1028.784
2	3	1209.878	1247.266	1377.339	976.156	1098.244	976.156	1316.801	1279.635	1215.060	976.156
2.5	3	1355.007	1337.602	1143.397	1081.244	1265.508	1210.075	1335.669	1082.449	1343.508	1244.342
3	3	1387.412	1450.340	1074.033	1264.619	1236.533	1098.345	1098.345	1074.033	1311.741	1156.211
1.5	4	1210.075	1143.593	1289.659	1293.962	1098.345	1177.829	1293.962	1098.345	1143.593	1422.483
2	4	1352.808	1074.033	1209.878	1265.508	1082.449	1074.033	1082.449	1156.211	1336.174	1264.619
2.5	4	1156.211	1154.072	1163.235	1408.667	1210.075	1348.630	976.156	1074.033	1143.397	1143.593
3	4	1210.075	1218.295	1028.784	1073.836	1477.966	1151.538	1494.143	1074.033	1209.878	1457.377
1.5	5	1471.879	1502.010	1486.919	1590.801	1343.237	1284.587	1391.839	1210.075	1432.517	1400.788
2	5	1210.075	1442.152	1499.394	1580.345	1074.033	1221.198	1279.635	1461.400	1417.924	1073.836
2.5	5	1391.839	1343.237	1306.638	1218.491	1418.615	1503.063	1432.917	1343.547	1450.143	1619.442
3	5	1348.434	1374.975	1558.049	1527.881	1494.500	1212.588	1286.097	1279.635	1279.635	1634.678

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง(ต่อ)

Alpha	Beta	การทดลองครั้งที่									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.5	1	916.953	1141.382	1062.950	864.324	1224.945	982.031	916.953	1049.742	1042.241	1028.812
2	1	1190.683	983.564	931.123	864.324	1150.649	1156.211	1191.746	1237.008	1043.750	975.363
2.5	1	1267.456	864.324	864.324	1016.238	1069.037	1014.456	916.953	864.324	962.202	1140.902
3	1	1266.613	864.324	984.376	1037.201	1098.345	975.959	1032.846	931.123	1156.211	931.123
1.5	2	984.376	984.376	976.156	1154.674	1266.810	976.156	976.156	1210.075	975.959	945.122
2	2	1210.075	983.564	976.156	984.572	1016.434	976.156	975.959	1082.253	975.959	1156.211
2.5	2	1074.033	1181.554	1098.930	1212.588	1060.457	1106.779	1073.836	976.156	916.953	1221.198
3	2	1268.948	1148.359	1045.716	1394.770	1069.063	975.959	1156.211	1265.508	984.376	1124.160
1.5	3	1045.716	1082.253	976.156	1397.310	1156.211	1174.781	1210.075	1210.075	976.156	975.959
2	3	1268.015	1098.148	1207.927	1212.588	1252.024	1098.244	1074.033	976.156	1045.716	976.156
2.5	3	1082.253	1398.754	976.156	1073.836	1343.434	1082.449	1336.370	1037.201	1283.182	1045.716
3	3	1168.372	1265.508	1419.224	1138.447	1221.198	1210.075	984.572	1073.836	1348.167	1156.211
1.5	4	976.156	1279.439	1268.042	1028.784	1210.075	1212.392	1042.241	1212.588	1143.397	1156.211
2	4	1265.508	1290.909	1218.295	1141.382	1074.033	1268.042	1028.588	1156.211	1265.508	1183.696
2.5	4	1458.439	1221.198	1450.730	1218.491	1155.581	1356.584	1210.075	1445.668	1348.630	1591.390
3	4	1212.588	1230.032	1391.302	1235.482	1185.304	1432.517	1252.024	1252.024	1509.548	1387.709
1.5	5	1354.261	1461.400	1218.491	1218.295	1221.198	1590.801	1431.376	1143.593	1155.581	1213.621
2	5	1571.016	1391.839	1527.881	1415.412	1429.143	1264.682	1283.182	1143.593	1156.211	1428.185
2.5	5	1156.211	1485.602	1415.412	1254.299	1428.185	1354.261	1530.395	1143.593	1391.839	1449.566
3	5	1430.716	1185.304	1451.240	1530.395	1419.224	1156.211	1417.924	1527.881	1446.150	1221.198

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.2 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะ
ปานกลาง(ต่อ)

Alpha	Beta	การทดลองครั้งที่									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1.5	1	1002.304	1028.812	864.324	1028.616	1110.759	864.324	1156.211	1135.124	941.151	1028.812
2	1	983.564	1151.538	1074.033	976.156	982.031	1284.126	864.324	864.324	1153.876	984.376
2.5	1	975.959	1001.710	1075.881	1154.072	954.668	1082.253	1205.683	975.959	975.959	1150.649
3	1	1296.309	1025.719	1045.716	962.202	1037.201	975.959	983.367	962.202	864.324	1025.719
1.5	2	984.572	1261.593	976.156	1099.108	1210.075	1121.601	1156.211	1310.656	1268.644	1154.072
2	2	1209.878	945.122	1045.716	1205.055	975.959	1082.449	1293.962	1098.345	984.572	1343.237
2.5	2	975.959	1221.198	975.959	984.572	1221.198	1073.836	1210.075	1016.434	1221.198	864.324
3	2	1210.075	1174.781	864.324	976.156	1267.845	1082.449	1194.351	976.156	1163.949	1143.397
1.5	3	1074.033	1253.152	1218.491	1333.820	1194.154	1265.508	1218.491	1264.619	1074.033	1335.155
2	3	1212.588	1210.075	1367.930	1266.613	1074.033	1074.033	1210.075	1156.211	1073.836	984.572
2.5	3	1400.256	1045.716	1400.450	1202.643	1210.075	1204.697	1316.518	1073.836	1002.880	1218.295
3	3	1279.635	1037.201	1028.784	1045.716	1210.075	1265.508	1465.556	1237.008	1277.065	1074.033
1.5	4	1254.299	1317.911	1082.449	1514.758	1073.836	1263.369	1045.716	1365.249	1136.339	1322.528
2	4	1477.966	1218.491	1212.588	1082.253	1167.339	1115.744	1324.979	1213.621	1167.339	1194.351
2.5	4	1412.359	1400.256	1218.491	1391.839	1210.075	1522.035	1265.508	1045.716	1492.588	1218.491
3	4	1236.799	1317.596	1293.962	975.959	1074.033	1210.075	1383.158	1042.241	1074.033	1074.033
1.5	5	1440.862	1082.449	1074.033	1343.547	1209.878	1212.392	1210.075	1156.211	1450.036	1257.575
2	5	1391.839	1279.635	1391.839	1143.593	1073.836	1265.508	1483.157	1498.690	1210.075	1410.704
2.5	5	1312.751	1494.022	1074.033	1383.084	1460.327	1154.072	1348.630	1114.711	1143.593	1210.075
3	5	1314.370	1402.297	1461.400	1461.400	1527.881	1156.211	1471.879	1597.442	1311.741	1354.261

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะไกล

Alpha	Beta	การทดลองครั้งที่									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.5	1	2009.268	1882.316	1933.821	2166.783	1977.423	1871.671	1837.798	1878.040	1792.897	1896.336
2	1	1862.266	1821.361	1851.380	1804.209	1799.266	2004.992	2169.410	1870.811	1879.549	2072.588
2.5	1	1933.310	2036.833	2192.887	1878.708	1799.266	1843.404	1824.417	2189.256	1811.024	2053.832
3	1	1853.530	1871.671	1881.912	1792.897	1921.280	1912.107	1908.111	1800.775	1803.542	1799.266
1.5	2	2217.271	1967.957	2212.328	2152.909	1868.634	2232.741	1915.063	1996.953	2192.887	2212.328
2	2	2163.367	1972.710	2003.846	2176.963	2137.737	1809.419	2118.962	1792.897	2194.396	1805.718
2.5	2	1803.542	2216.603	2054.496	2093.237	2054.660	2240.925	1872.910	2205.959	1799.266	2009.465
3	2	1799.266	1829.337	2183.518	2244.403	2232.741	1955.852	2213.837	1799.266	1928.028	1851.380
1.5	3	1878.040	1918.179	1879.838	2237.016	2192.887	2183.518	2005.368	2244.403	2192.887	2233.408
2	3	1799.934	2169.410	2216.603	2237.016	2222.481	2237.684	1882.316	2212.328	2226.372	2190.966
2.5	3	2216.603	2190.966	1821.600	2237.016	2237.684	2214.504	2237.016	2169.410	2183.518	2192.475
3	3	1869.302	2147.064	2339.697	2169.410	2094.645	1799.266	2212.328	2266.591	2233.408	1984.392
1.5	4	2238.526	2192.887	2192.887	2380.260	2238.526	2198.109	2098.361	2232.741	2232.741	2217.271
2	4	2244.403	2216.603	2190.966	2254.118	2232.741	2277.704	2214.504	2298.640	2183.518	2212.995
2.5	4	2190.966	2285.055	2218.780	2347.707	1913.903	2212.995	2166.809	2356.864	2240.925	2233.408
3	4	2216.603	2212.328	2172.594	1809.419	2216.603	2242.894	2350.986	2306.965	2222.481	2280.779
1.5	5	2224.104	2232.741	2280.779	2237.684	2240.925	2232.741	2237.016	2296.308	2238.526	2253.853
2	5	2192.887	2244.403	1955.865	2244.403	2239.193	2237.684	2238.526	2192.887	2169.410	2272.808
2.5	5	2263.603	2192.887	2290.933	2239.193	2304.936	2233.408	2213.837	2192.887	2275.370	2233.408
3	5	2097.164	2304.936	2167.477	2234.918	2238.526	2253.450	2194.396	2237.016	2151.339	2396.884

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะไกล
(ต่อ)

Alpha	Beta	การทดลองครั้งที่									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.5	1	1898.625	1817.381	1881.912	1799.934	1868.634	1799.266	1792.897	2089.884	1800.775	1799.266
2	1	2076.768	1799.266	1799.266	1878.040	2271.867	2054.496	1799.266	1792.897	2134.893	1993.202
2.5	1	1792.897	1799.266	2015.987	1799.266	2260.286	1799.934	1862.266	2193.807	1799.266	1955.852
3	1	1799.266	1872.910	1878.708	1799.934	1799.266	1834.859	1799.934	1878.040	1965.350	1871.671
1.5	2	2150.672	2233.408	1799.266	1799.934	2298.748	2070.703	1805.051	1991.779	2197.477	1880.297
2	2	2277.926	2113.247	2169.410	1928.317	2190.966	1809.419	2223.990	2194.396	1799.266	2234.918
2.5	2	1871.671	1792.897	1986.880	1869.302	1805.051	2218.112	1879.469	2044.516	1883.825	1825.875
3	2	1868.634	1975.914	2237.016	1799.266	2237.016	1805.718	2232.741	2262.169	1874.876	2171.753
1.5	3	2192.887	2190.966	2233.408	2223.990	2237.684	2237.684	2233.408	2212.995	2151.339	2232.741
2	3	1992.010	2192.887	2217.271	2234.250	1803.542	2242.894	2326.297	2192.887	2242.894	2189.256
2.5	3	2190.966	2210.485	2242.894	2242.894	2237.684	2212.328	1878.040	2232.741	2242.894	2163.830
3	3	2239.193	2094.753	2172.594	2233.408	2217.271	2192.887	2088.677	2169.410	2232.741	2192.887
1.5	4	2244.403	1913.236	2217.271	2190.966	2239.193	2469.298	2212.328	2237.684	2218.780	2237.684
2	4	2192.887	2273.311	2217.271	1913.903	1955.865	2214.504	2218.780	2114.033	1965.350	2192.887
2.5	4	2214.131	2306.857	2278.546	2161.400	2169.410	2212.133	2214.504	2234.918	2242.894	2216.603
3	4	2192.887	2275.370	2244.403	2213.837	2173.262	2304.936	2237.016	2238.526	2289.015	2217.271
1.5	5	2237.684	2239.193	2237.684	2244.403	2238.526	2194.396	2242.894	2234.918	2253.450	2305.359
2	5	2218.112	2346.711	2274.284	2232.741	2238.526	2234.918	2192.887	2418.767	2261.373	2192.887
2.5	5	2233.408	2237.016	2212.995	2232.741	2239.193	2215.640	2331.241	2237.016	2233.408	2234.918
3	5	2238.526	2238.526	1803.542	2237.684	2158.059	2194.396	2319.785	2232.741	2222.481	2234.250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.3 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Alpha, Beta ของการหาเส้นทางระยะไกล
(ต่อ)

Alpha	Beta	การทดลองครั้งที่									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1.5	1	2118.456	1986.067	1896.336	2013.128	2204.129	1792.897	1831.086	1799.934	1878.328	1841.895
2	1	1883.422	1879.549	2269.536	1841.895	1821.600	1836.289	1902.901	1834.859	1879.549	1834.859
2.5	1	1943.307	1792.897	1799.934	1799.266	1804.209	1803.542	1975.914	1872.090	1878.040	1792.897
3	1	1812.534	1889.220	1886.188	2142.392	1955.865	1799.266	1975.825	1846.170	1792.897	2005.368
1.5	2	2232.741	1878.040	1960.370	1805.051	2118.106	2182.009	1805.409	2350.986	1881.813	2366.785
2	2	1878.040	2187.597	2205.959	2237.016	1878.040	2183.610	2222.481	2151.009	1878.040	2218.112
2.5	2	1810.929	2177.556	2212.995	1823.109	2224.086	2169.410	2190.966	1813.415	1986.719	2216.603
3	2	1882.983	2027.250	1803.542	2212.995	1910.787	2232.741	1841.895	2169.410	2218.780	2212.995
1.5	3	2237.684	2237.684	2192.887	2244.403	2237.189	2300.854	2222.481	2237.016	2192.887	1997.242
2	3	2242.894	2169.410	2355.632	2212.995	2194.396	1800.775	2232.741	1847.680	2158.045	2351.654
2.5	3	2218.780	1870.811	2214.504	2216.603	2277.037	2192.475	2237.016	1965.350	1825.875	2190.966
3	3	2237.684	2301.418	2237.684	2237.684	2207.475	2226.372	2102.606	2234.918	2182.009	2212.328
1.5	4	2285.055	2295.874	2218.112	2242.894	2263.603	2237.684	2287.328	2280.994	2005.368	2234.250
2	4	2455.032	2232.741	2234.918	2192.887	2214.504	2303.850	2216.603	2214.504	2192.887	2303.850
2.5	4	2218.112	2237.684	2232.741	2234.918	2275.370	2182.009	2223.990	2240.925	2238.526	2169.410
3	4	2233.408	2223.990	2238.526	2205.959	2224.125	2218.112	2192.887	2233.408	2237.684	2222.481
1.5	5	1872.090	2093.794	2212.995	2242.894	2232.741	2254.118	2218.780	2223.990	2242.894	2304.936
2	5	2306.857	2277.704	2216.983	2237.016	2233.408	2234.250	2294.364	2192.887	2275.370	2234.250
2.5	5	2212.328	2190.966	2216.603	2237.016	2233.408	2242.894	2168.319	2238.526	2252.815	2303.850
3	5	2242.894	2232.741	2232.741	2190.966	2216.603	2263.603	2222.481	2237.016	2233.408	2212.995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.4 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะใกล้

RHO	การทดลองครั้งที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.6	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.7	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.8	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.9	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

ตารางที่ ง.4 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะใกล้(ต่อ)

RHO	การทดลองครั้งที่									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.6	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.7	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.8	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.9	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

ตารางที่ ง.4 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะใกล้(ต่อ)

RHO	การทดลองครั้งที่									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.1	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.2	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.3	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.4	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.6	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.7	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.8	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
0.9	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.5 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง

RHO	การทดลองครั้งที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.1	1195.860	1014.767	1194.351	1010.912	1163.690	1042.241	1002.295	1130.646	1290.238	983.564
0.2	1143.593	1029.000	1126.959	1172.173	1114.312	1223.498	1107.229	1174.781	978.013	1189.369
0.3	1058.158	1114.711	1253.152	1190.359	864.324	1161.638	1006.820	1231.158	1037.004	1043.783
0.4	1156.211	864.324	1037.004	1063.358	864.324	1078.039	1080.235	931.123	975.959	1114.312
0.5	975.959	962.202	975.959	983.752	1217.512	864.324	1043.750	864.324	1153.462	1264.423
0.6	976.156	975.323	864.324	975.959	975.959	1099.610	1156.211	864.324	983.564	969.518
0.7	1028.588	1132.544	1091.410	1143.653	1123.038	1143.593	1218.491	1149.153	962.202	975.959
0.8	864.324	976.156	1180.796	1156.211	1207.192	1154.978	975.959	1198.970	1261.593	1153.876
0.9	940.870	1028.575	1152.440	1130.866	1028.588	1114.183	1158.625	1101.284	1144.898	1319.653

ตารางที่ ง.5 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง(ต่อ)

RHO	การทดลองครั้งที่									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.1	984.572	1156.488	1043.750	1154.072	1060.261	1267.845	1212.403	1225.142	1062.950	1042.241
0.2	1247.834	1187.135	1108.103	1212.971	1028.784	1218.705	1107.229	1154.072	1042.241	1136.060
0.3	1150.624	1123.038	1254.332	1207.845	1151.068	864.324	1156.211	984.572	1016.250	1150.930
0.4	975.959	1235.079	916.953	1156.211	1243.683	984.572	984.376	976.156	962.202	1016.250
0.5	864.324	864.324	1156.184	864.324	1025.719	975.959	1096.919	984.376	976.156	1251.893
0.6	1043.750	864.324	984.376	962.985	864.324	864.324	962.202	1143.747	983.752	975.959
0.7	984.376	1154.674	1082.253	1270.031	1182.305	1025.719	1221.198	1029.480	1105.594	1028.784
0.8	945.122	982.708	1306.784	1028.616	1042.241	1156.488	931.123	1042.241	1319.653	1066.500
0.9	1216.973	1212.971	1043.750	945.122	1045.519	864.324	984.572	1170.169	1156.211	1124.548

ตารางที่ ง.5 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง(ต่อ)

RHO	การทดลองครั้งที่									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.1	1180.796	1062.950	1156.211	1171.652	1054.339	983.564	1182.759	1014.726	1215.313	1216.119
0.2	1224.945	1212.429	1043.750	1002.880	1058.158	1025.719	1150.453	1042.241	1037.201	1202.424
0.3	1045.716	1043.275	1042.241	1094.926	1156.497	1098.345	1042.241	1039.636	1122.385	1042.241
0.4	1058.158	1067.342	864.324	1014.767	1156.211	1201.408	864.324	1214.802	1154.674	990.279
0.5	1142.891	1144.869	930.115	1042.241	1153.047	1183.162	975.959	1253.348	1045.519	931.123
0.6	1062.775	1212.519	1082.253	1205.293	1099.108	1234.883	1150.649	1081.625	1194.351	1061.607
0.7	864.324	940.870	962.202	1140.902	1016.238	864.324	1037.004	1255.149	1037.201	975.959
0.8	1205.683	916.953	984.572	962.202	931.123	984.572	1168.660	864.324	1028.588	976.156
0.9	985.351	1305.224	1099.151	1193.587	1082.253	1042.241	983.752	1042.241	1172.501	1137.550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.6 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะไกล

RHO	การทดลองครั้งที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.1	2000.158	1923.389	2078.591	2183.639	1960.140	2072.928	2064.066	1999.080	2005.368	1963.828
0.2	1853.530	1965.350	1800.775	2128.733	2008.415	1879.449	1799.266	2035.526	1824.127	2191.094
0.3	1935.361	1985.311	2192.887	2014.478	2168.466	2125.468	1816.053	2179.729	1932.304	2005.368
0.4	2190.351	1924.994	1885.421	2263.603	2199.059	1827.385	2005.368	1971.060	2098.163	1799.934
0.5	2023.767	2239.193	1962.770	1805.409	2234.918	1918.179	1792.897	2166.809	2183.518	1799.934
0.6	1890.551	1935.361	1804.209	1950.608	1799.266	1943.307	2001.700	1880.217	2011.619	1878.708
0.7	2132.222	1870.811	2088.649	1801.443	1991.779	1792.897	2128.465	1801.443	1935.570	1841.895
0.8	2072.588	2081.788	1886.188	1799.266	1922.132	1887.697	2048.319	1985.038	1841.895	1841.895
0.9	1878.040	1947.306	1792.897	1811.777	1841.895	1878.996	1811.777	1923.359	1799.266	1821.600

ตารางที่ ง.6 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะไกล(ต่อ)

RHO	การทดลองครั้งที่									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.1	1929.144	1918.179	1913.903	2158.860	1913.236	1948.737	1879.890	1958.206	2094.086	2177.556
0.2	2118.910	1942.662	2098.361	2075.205	2160.376	1991.929	2000.158	2237.684	1934.354	2132.116
0.3	1990.269	2044.512	2125.588	1994.360	1908.903	2116.751	1889.703	1948.757	2121.779	2037.348
0.4	1965.338	2142.263	1963.224	2103.774	1938.097	1847.680	1918.179	1919.414	1819.340	1987.947
0.5	2114.634	1803.542	1963.828	2000.158	1954.343	1836.260	1817.562	1982.561	1913.903	2176.657
0.6	1799.266	1871.671	1836.638	2226.372	1878.996	1821.600	1910.787	1935.570	2215.481	2092.591
0.7	1821.600	1832.595	1947.306	1792.897	1918.168	1799.266	1894.445	2113.407	1800.775	2279.133
0.8	1886.188	2167.740	2016.280	2045.010	1841.895	1996.903	1799.266	2001.465	1913.903	2117.831
0.9	2046.754	1799.934	2167.072	2025.495	2002.163	1913.903	2088.814	1882.316	1792.897	1792.897

ตารางที่ ง.6 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า Rho ของการหาเส้นทางระยะไกล(ต่อ)

RHO	การทดลองครั้งที่									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0.1	1955.469	2150.784	1891.980	1918.179	1799.934	2112.695	1935.901	2010.420	1947.873	2125.476
0.2	2107.180	2186.135	2173.322	2255.617	2185.331	1935.361	2077.686	2125.588	2044.735	2234.250
0.3	2041.604	2009.268	2020.523	2103.284	1888.193	2076.199	2119.955	1920.623	2065.573	2008.797
0.4	2154.122	1883.323	2205.319	1969.856	1831.086	2146.010	1801.443	1803.542	2215.710	2078.088
0.5	1913.236	2011.073	1853.530	1872.910	1816.053	1803.542	1923.389	1982.444	1898.705	2209.852
0.6	1890.551	2004.992	1799.266	1846.170	1984.392	1799.266	1882.983	1939.845	1834.859	1799.934
0.7	1812.534	2030.470	1841.895	1882.983	1813.415	1813.287	1881.912	2037.974	2093.514	1792.897
0.8	1871.671	1799.266	1799.266	1862.266	1792.897	2192.887	1792.897	2217.271	1834.859	1969.545
0.9	1837.906	2010.777	1983.194	1930.845	2122.046	1874.876	1874.876	1954.343	1792.897	1965.350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๗.7 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะใกล้

MAX Ant	การทดลองครั้งที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	709.016	657.241	641.004	667.495	477.667	477.667	477.667	667.495	711.586	575.544
100	477.667	551.253	530.295	477.667	570.398	553.552	661.983	575.544	551.253	575.544
150	477.667	551.253	642.754	477.667	477.667	477.667	477.667	575.544	477.667	669.243
200	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	530.295	663.019	530.295	477.667
250	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
300	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
350	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
400	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
450	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
500	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
600	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
700	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
800	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
900	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
4000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
5000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.7 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะใกล้
(ต่อ)

MAX Ant	การทดลองครั้งที่									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
50	553.552	551.253	641.004	575.544	728.577	530.295	477.667	575.544	728.577	477.667
100	733.679	551.253	477.667	553.552	477.667	477.667	530.295	575.544	553.552	477.667
150	477.667	530.295	570.398	477.667	551.253	477.667	530.295	553.552	477.667	530.295
200	530.295	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
250	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	530.295	477.667	477.667	477.667
300	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
350	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
400	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
450	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
500	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
600	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
700	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
800	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
900	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
4000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
5000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.7 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะใกล้
(ต่อ)

MAX Ant	การทดลองครั้งที่									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
50	733.679	477.667	575.544	570.398	709.869	530.295	530.295	575.544	530.295	530.295
100	664.746	477.667	477.667	575.544	477.667	477.667	477.667	653.401	477.667	551.253
150	477.667	477.667	530.295	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	530.295
200	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	530.295	477.667	477.667
250	530.295	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
300	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
350	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
400	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
450	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
500	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
600	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
700	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
800	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
900	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
1000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
2000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
3000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
4000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
5000	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.8 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะปานกลาง

MAX Ant	การทดลองครั้งที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	1174.585	1704.006	3041.877	1118.864	1529.248	1123.038	1508.041	1597.709	1571.072	1455.680
100	1516.969	1380.279	984.376	1432.216	2368.040	1179.322	1487.997	1822.608	1597.241	1315.377
150	1214.604	1087.310	1194.154	1408.329	1016.291	1156.211	1547.915	1380.583	1159.891	976.156
200	984.376	1403.253	1284.153	1765.705	1432.216	1267.818	984.572	1154.674	992.267	1474.941
250	1089.824	1380.279	1305.376	1043.750	1205.055	1380.475	984.376	1268.644	1319.653	1154.921
300	1314.748	1100.606	1156.211	1028.588	864.324	1268.042	1037.004	984.376	984.572	1194.351
350	1154.674	1134.408	1317.318	1154.674	1331.790	1291.691	1154.978	1213.296	1358.155	1043.783
400	1153.662	984.572	1156.184	1265.508	1169.932	1025.719	1207.538	1140.691	1205.683	1161.638
450	1110.697	1171.639	1156.211	1269.442	1066.303	1156.211	1272.447	1028.588	1028.812	976.156
500	1235.472	1365.314	1221.699	1337.565	864.324	1153.093	1263.369	864.324	1083.677	1121.162
600	1025.719	1205.683	1223.633	1193.570	1154.978	984.572	1040.852	1011.240	1151.271	1042.241
700	1062.950	975.959	1039.029	916.953	992.267	1150.616	975.363	1004.521	1266.613	1042.241
800	962.202	984.376	1205.683	949.548	929.599	983.752	1156.211	1174.585	984.376	1021.949
900	1144.179	1221.198	975.959	1212.519	975.959	993.780	1137.550	1156.211	916.953	1124.160
1000	1154.674	984.376	1042.241	1028.616	1154.978	1082.253	1113.939	945.122	1037.004	1060.261
2000	983.752	1123.038	1042.241	995.327	1025.719	1150.649	864.324	962.202	1107.229	1123.038
3000	983.367	973.621	864.324	864.324	916.953	864.324	1107.229	864.324	931.123	1042.241
4000	864.324	864.324	1015.345	864.324	864.324	930.115	976.156	864.324	864.324	864.324
5000	951.072	864.324	931.123	864.324	984.572	897.450	929.599	864.324	953.371	864.324

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.8 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะ
ปานกลาง(ต่อ)

MAX Ant	การทดลองครั้งที่									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
50	1317.514	1440.665	2017.146	1431.484	1626.176	1380.779	1263.364	1286.480	0	1212.403
100	1427.209	1308.097	1379.803	1317.318	1445.705	1263.103	1666.060	1308.321	1286.480	1581.650
150	1320.386	1322.311	1074.033	1177.829	1251.812	1337.406	1347.243	1427.475	1505.272	1325.140
200	1286.480	1205.683	1218.491	1400.450	992.267	1037.004	1400.356	1054.924	1313.042	1098.930
250	916.953	1303.404	1319.653	1139.378	1458.612	1281.573	1292.627	1106.219	993.780	1266.506
300	1210.285	1198.337	984.572	1120.868	1045.716	984.376	1207.192	1066.500	1292.645	1275.241
350	1308.321	1199.840	1042.999	1339.564	1028.784	1203.934	864.324	1289.855	916.953	1268.644
400	1108.471	1082.253	1049.742	1109.405	1305.376	1266.506	1291.771	1223.527	1215.060	1073.836
450	1268.042	1235.285	1263.103	1187.615	1253.348	945.122	1297.362	1319.653	1308.124	1074.577
500	1284.910	1025.719	1037.201	1106.516	1029.480	981.198	1188.026	1042.241	1250.028	1255.352
600	1120.866	1170.146	1264.619	984.572	1266.613	984.376	983.367	1028.588	983.367	1156.211
700	1161.611	864.324	1082.253	1205.079	1028.616	1070.891	962.202	1150.930	1028.616	1154.674
800	1212.403	1283.928	1037.004	1028.812	984.376	1153.876	1117.980	864.324	1046.161	1150.649
900	864.324	1051.844	1098.244	1215.060	1163.458	941.759	931.123	1237.008	931.123	1058.158
1000	1217.918	1174.585	864.324	975.959	1011.920	1128.197	962.202	984.376	1267.845	954.668
2000	1120.725	916.953	997.750	916.953	916.953	897.450	976.156	1152.159	1036.376	864.324
3000	1107.311	864.324	864.324	864.324	916.953	990.279	1025.719	1016.756	864.324	928.394
4000	916.953	983.564	930.115	928.394	864.324	864.324	945.122	995.327	864.324	928.394
5000	864.324	941.759	931.603	864.324	864.324	949.548	864.324	1042.241	976.156	930.115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.8 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะ
ปานกลาง(ต่อ)

MAX Ant	การทดลองครั้งที่									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
50	1287.471	0	0	1336.071	1403.018	0.000	1284.784	1945.031	1465.338	1489.772
100	1991.633	1396.058	1082.449	1215.060	1308.124	1404.428	1122.479	1400.450	1306.784	1082.253
150	1043.750	1161.724	1314.552	1189.652	1298.232	1436.498	1082.253	1380.279	1338.899	1508.519
200	1218.004	1158.956	1156.211	1196.724	1317.514	1028.616	1175.035	975.959	1036.376	1156.184
250	1336.370	984.376	983.564	1237.008	1337.602	1403.832	1429.867	1207.192	1308.124	1174.781
300	1399.598	1078.094	1170.663	1343.678	1156.211	1267.845	1156.211	1201.022	975.959	1132.136
350	1036.598	1264.878	1035.466	1068.866	1153.876	1028.588	1254.845	1037.004	1209.878	1054.153
400	975.959	1352.478	864.324	1244.153	1354.740	1276.621	1156.211	1380.779	1036.376	1267.845
450	1028.588	1042.241	1082.253	864.324	1117.986	1254.872	1318.644	1156.211	984.376	984.376
500	1197.495	1237.008	1082.449	1154.674	1153.197	983.367	975.959	1268.379	864.324	1082.253
600	864.324	975.959	864.324	975.959	1152.897	864.324	864.324	1028.616	1027.280	1049.742
700	1155.385	1240.987	1028.588	1243.683	1317.318	864.324	1156.211	1196.686	1107.229	864.324
800	864.324	1151.538	1037.004	1092.639	864.324	1194.351	975.959	1154.674	1268.042	1156.211
900	1082.253	975.959	941.151	931.603	1054.339	1237.008	1235.776	1199.902	1043.750	1042.999
1000	993.499	1042.241	945.122	1064.549	975.959	984.376	1139.378	1028.588	1156.211	1265.508
2000	1004.709	1036.376	1042.241	993.780	953.371	1004.521	928.394	1062.950	864.324	864.324
3000	864.324	951.651	1127.938	930.115	1042.241	984.572	916.953	864.324	864.324	983.367
4000	1042.241	864.324	864.324	1042.241	930.115	864.324	1042.241	864.324	1042.241	1002.880
5000	1028.575	864.324	864.324	864.324	1036.376	864.324	897.450	1042.241	864.324	940.143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะไกล

MAX Ant	การทดลองครั้งที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50	2628.819	2192.887	2345.026	2778.258	2590.083	2638.693	0.000	2148.199	2622.240	2756.986
100	2194.396	2848.799	2118.962	2232.402	2559.174	2597.254	2440.045	2356.864	2537.155	2722.365
150	2182.009	2046.520	2169.410	2237.684	2194.396	2360.188	2301.339	2620.731	2169.410	2341.226
200	2232.741	2123.850	1849.254	2196.368	2000.158	2176.937	2295.979	2169.410	2178.054	2561.828
250	1930.691	2581.267	2449.821	2344.264	2252.460	2355.955	1991.779	2252.938	2242.894	2232.771
300	2019.231	2046.406	2274.522	2176.657	2077.922	2242.399	2169.410	2265.772	1940.212	1918.622
350	2169.410	1816.721	2123.715	1898.914	2034.380	1884.492	2249.536	2116.751	2232.741	1995.882
400	2067.021	2287.328	1923.389	2351.889	2224.791	2226.372	2054.688	1799.934	1799.934	2046.791
450	2188.461	2195.126	2188.548	1925.747	1969.545	2233.911	2188.933	2121.620	2192.887	1975.825
500	2098.361	1882.316	2103.468	2192.887	2178.472	1834.859	2309.554	2102.606	2182.009	2048.319
600	1829.337	1871.671	2192.887	2015.782	1799.266	2180.834	2173.259	1799.934	1900.705	2270.017
700	1901.381	1984.625	1882.983	1891.398	1811.777	2103.479	2201.979	1955.818	2190.765	1997.956
800	2092.285	2214.504	2014.516	1799.934	1990.269	1933.310	2104.988	1799.266	1799.266	1954.343
900	1978.579	2176.657	1932.784	1867.640	1878.708	1882.316	1881.912	1832.013	1799.934	1846.170
1000	1890.551	1866.041	1932.784	2161.400	1869.302	1861.855	1889.798	2041.604	1843.404	1809.419
2000	2061.218	1792.897	2000.825	2004.992	1924.994	1830.202	1799.266	1879.549	1871.960	1841.895
3000	1803.542	1799.266	1792.897	1960.140	1792.897	2054.116	1805.409	1804.209	1799.266	1799.266
4000	1792.897	1799.934	1870.143	1792.897	1907.658	1811.777	1854.428	1889.991	1803.542	1851.380
5000	1799.266	1834.859	1991.929	1805.409	1824.417	1792.897	1819.975	1833.522	1909.620	1799.266

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.9 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะไกล

(ต่อ)

MAX Ant	การทดลองครั้งที่									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
50	2939.711	2641.975	2635.168	2232.076	2704.928	2585.066	2313.771	2699.985	2123.869	2643.484
100	2889.499	2014.478	2534.322	2454.276	2469.298	2279.214	2189.256	2618.128	2190.966	2778.258
150	2528.060	2126.955	2285.466	2092.548	1983.272	2873.149	1996.953	2418.601	2533.637	2054.039
200	2189.216	2356.599	2010.777	2245.424	2192.887	2331.241	2129.643	2242.894	2348.622	2192.887
250	2306.857	2597.254	1921.414	2233.408	2192.887	2226.372	2161.400	2383.885	2192.887	2190.966
300	2370.535	2176.657	2157.378	2232.741	2146.735	1976.581	2247.840	1918.179	2162.910	2282.655
350	2395.817	1868.474	2182.009	1925.747	1917.511	1866.131	2070.969	1978.919	2071.119	2223.990
400	2285.055	2252.938	2285.722	2184.655	2192.887	1908.903	1992.677	2232.722	2157.344	2274.539
450	1827.385	1909.191	1871.671	1813.287	1799.934	1913.903	1851.380	2190.966	2218.646	2046.319
500	1819.340	1902.278	1849.695	1923.666	2093.328	2073.940	1801.443	1912.135	1805.718	2297.972
600	1879.469	1862.266	1803.542	2118.962	2176.963	1932.845	1825.875	2059.326	1799.266	1799.934
700	1890.471	1844.942	1881.146	1909.620	2152.782	1891.398	2176.963	1983.272	2082.556	1913.236
800	2187.146	1935.361	1996.953	2154.524	1801.443	1943.307	1792.897	2228.347	1913.236	2004.810
900	2190.966	1917.511	1894.445	1834.859	1792.897	1996.285	1969.856	2283.380	1792.897	1851.991
1000	1854.428	2045.010	1800.775	1882.983	1799.934	1997.639	1882.316	1883.825	1799.266	1947.306
2000	1995.882	1884.960	1843.404	1871.671	2092.285	1853.501	1811.906	1805.409	1841.895	1799.934
3000	1792.897	1862.604	1923.389	1840.561	1813.287	1792.897	1799.266	1792.897	1820.850	1870.811
4000	1852.890	1792.897	1833.154	1792.897	1814.564	1799.266	1879.838	1799.266	1799.934	1832.595
5000	1821.600	1805.409	1881.912	1892.061	1792.897	1792.897	1792.897	1821.391	1933.813	1809.419

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.9 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXANT ของการหาเส้นทางระยะไกล
(ต่อ)

MAX Ant	การทดลองครั้งที่									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
50	2390.386	2685.058	2775.046	2664.288	2568.209	2808.382	2378.768	2818.230	2098.258	2191.933
100	2043.989	2701.273	2001.465	1799.266	1882.316	2288.514	2233.911	2464.668	2436.309	2290.320
150	2171.085	2500.096	2389.439	2968.902	1933.813	2135.226	1888.193	2416.568	2269.916	1982.366
200	2034.531	2418.077	2182.009	2128.465	1871.671	1995.988	2340.220	2098.598	2292.095	1883.272
250	2303.624	2118.962	1821.361	2075.273	2229.770	1912.726	1891.219	2105.175	2014.478	2123.931
300	2126.955	2100.649	2237.206	1872.910	2014.478	1923.298	1878.708	2192.887	2192.887	2192.887
350	2221.397	2153.253	2264.697	2004.992	2237.684	1923.389	2038.913	2077.948	1940.540	2104.988
400	2161.400	2205.815	1873.577	2222.879	2283.899	1884.781	2192.887	2223.990	2302.637	1804.209
450	2387.443	1799.934	2169.410	1890.551	2169.410	1804.209	2160.312	2271.187	1805.409	2000.158
500	1868.634	2191.249	1869.302	2123.525	2123.715	2004.290	2232.741	1996.285	1843.404	2182.009
600	1819.340	1982.366	2173.262	1918.179	2158.062	1809.419	2144.921	1844.942	2212.328	1803.542
700	2201.979	2182.009	2237.304	1991.929	2232.741	1992.298	2216.603	1954.343	1884.183	1912.296
800	1799.266	2056.197	1792.897	1823.440	1887.697	2136.091	1799.266	1834.859	1871.671	1920.623
900	1799.266	1827.385	1908.903	1992.677	1838.148	1792.897	2104.269	1869.302	1882.983	2195.165
1000	1803.542	2189.877	1799.266	2005.368	1898.625	1792.897	1930.765	2229.623	1871.671	1811.777
2000	1799.934	1939.845	1895.495	1827.385	2126.020	1812.445	1943.307	1961.988	1900.423	1799.934
3000	2092.285	1850.727	1847.680	1792.897	1935.901	1955.865	2032.464	1852.890	1800.775	1792.897
4000	1843.404	1814.564	1955.865	1799.266	1792.897	1955.865	1792.897	1799.934	1792.897	1799.934
5000	1892.907	1878.040	1803.542	1847.680	1792.897	1792.897	1820.643	1872.090	1792.897	1843.404

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.10 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะใกล้

Max Tour	การทดลองครั้งที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
10	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
15	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
20	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
25	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
30	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
35	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
40	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
45	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
50	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

ตารางที่ ง.10 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะใกล้
(ต่อ)

Max Tour	การทดลองครั้งที่									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
10	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
15	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
20	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
25	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
30	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
35	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
40	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
45	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
50	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.10 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะใกล้
(ต่อ)

Max Tour	การทดลองครั้งที่									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
10	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
15	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
20	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
25	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
30	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
35	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
40	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
45	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667
50	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667	477.667

ตารางที่ ง.11 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะ
ปานกลาง

Max Tour	การทดลองครั้งที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	1120.567	1042.241	1107.229	1151.538	1154.072	1282.630	1052.251	1097.834	1004.709	1124.380
10	1156.211	1150.930	864.324	1074.816	1182.033	1042.241	1104.086	930.079	1042.241	940.210
15	1123.038	993.302	954.668	1025.361	864.324	1127.176	1034.490	897.450	982.228	916.953
20	864.324	945.122	864.324	1042.241	864.324	864.324	864.324	916.953	864.324	1025.719
25	983.564	916.953	864.324	864.324	945.122	981.198	940.143	1028.784	951.848	864.324
30	961.265	864.324	864.324	864.324	940.210	864.324	864.324	1065.029	864.324	930.115
35	931.603	963.465	945.122	1107.229	1053.052	951.651	916.953	864.324	1107.229	864.324
40	975.959	971.042	976.156	983.564	864.324	864.324	1042.241	864.324	940.870	1036.376
45	976.156	864.324	864.324	864.324	941.759	940.870	983.564	864.324	864.324	983.564
50	864.324	864.324	930.115	864.324	864.324	864.324	929.599	940.870	945.122	864.324

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.11 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะ
ปานกลาง(ต่อ)

Max Tour	การทดลองครั้งที่									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	1140.691	1025.719	1016.434	1264.619	1123.072	1156.211	1153.047	1134.408	1263.369	1042.241
10	950.078	992.775	1043.750	1043.750	1020.414	1042.241	864.324	1025.719	1126.223	1037.004
15	1150.649	1003.566	1124.548	1096.142	930.115	962.477	940.674	1150.453	984.572	1221.198
20	1004.455	973.840	1106.779	1025.719	864.324	976.156	1000.222	971.042	983.564	864.324
25	1042.241	984.376	864.324	916.953	864.324	864.324	864.324	1016.250	1016.559	916.953
30	864.324	930.115	940.143	983.564	976.156	983.367	916.953	864.324	929.403	945.122
35	976.156	1037.201	983.367	929.403	864.324	916.953	864.324	864.324	954.668	916.953
40	983.367	940.143	1042.241	864.324	945.122	864.324	864.324	930.115	864.324	984.376
45	864.324	930.115	864.324	929.599	864.324	1000.222	928.591	931.123	864.324	961.265
50	864.324	864.324	864.324	864.324	984.572	1000.222	897.450	983.367	945.122	864.324

ตารางที่ ง.11 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะ
ปานกลาง(ต่อ)

Max Tour	การทดลองครั้งที่									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5	1254.872	1115.273	1210.589	1154.072	1147.781	1107.229	1251.816	1221.198	1221.198	1174.781
10	1221.198	1062.950	975.363	1042.241	1042.241	864.324	1103.904	1051.844	983.367	916.953
15	1042.241	1139.378	983.564	1154.072	864.324	864.324	1006.820	1156.211	1042.241	1025.719
20	931.123	957.056	940.143	864.324	983.564	864.324	1006.820	954.668	931.123	940.210
25	864.324	1036.376	941.151	976.156	864.324	864.324	1066.500	916.953	864.324	864.324
30	864.324	864.324	945.122	984.376	941.759	864.324	1036.376	931.603	984.572	864.324
35	864.324	864.324	945.122	984.572	864.324	864.324	984.376	975.959	864.324	984.376
40	941.759	983.564	975.959	941.759	864.324	976.156	864.324	864.324	1040.852	864.324
45	864.324	864.324	984.572	976.156	983.564	864.324	971.042	976.156	945.122	864.324
50	940.674	864.324	864.324	930.115	864.324	940.870	930.115	864.324	864.324	984.572

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.12 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะไกล

Max Tour	การทดลองครั้งที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	1882.983	2173.262	1927.635	1955.865	2339.029	1819.851	1804.209	2110.873	2022.174	2239.193
10	1799.934	1799.266	1913.236	1800.775	1799.934	1804.869	1918.179	1882.316	1805.409	1803.542
15	1871.671	1951.523	1805.409	1995.882	1882.983	1871.671	1805.409	1799.266	1969.545	1849.695
20	1792.897	1834.859	1841.895	1997.956	1792.897	1792.897	1792.897	1843.404	1799.266	1825.875
25	1792.897	1871.671	1792.897	1792.897	1834.859	2042.727	1792.897	1792.897	1792.897	2052.116
30	1792.897	1881.912	1799.266	1792.897	1792.897	1991.205	1805.051	1792.897	1792.897	1904.101
35	1871.671	1792.897	1859.180	1792.897	1792.897	1804.869	1825.636	1804.869	1991.211	1834.859
40	1841.895	1947.306	1884.183	1804.869	1834.859	1841.895	1881.912	1792.897	1834.859	1792.897
45	1878.788	1851.380	1834.859	1792.897	1837.906	1792.897	1792.897	1871.671	1821.600	1792.897
50	1969.545	1814.564	1841.895	1834.859	1792.897	1809.419	1792.897	1871.671	1792.897	1850.727

ตารางที่ ง.12 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะไกล

(ต่อ)

Max Tour	การทดลองครั้งที่									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
5	2000.158	2041.604	2313.323	1999.080	2045.706	2255.724	2192.887	1992.010	2218.112	1999.231
10	1834.750	2191.497	2082.544	1882.316	1945.356	1932.845	1970.237	2034.243	1805.718	2092.067
15	1890.551	2126.955	1841.895	1994.360	1955.469	1908.903	1803.542	2179.634	1799.266	1799.266
20	1792.897	1799.266	1804.869	1799.266	1792.897	1792.897	1799.934	1821.600	1890.551	1792.897
25	1870.143	1871.671	2103.307	1804.869	1814.564	1821.600	1792.897	1811.777	1997.956	1799.266
30	1814.564	1805.409	1811.906	1871.671	1805.409	1871.671	1814.564	1799.266	1843.404	1792.897
35	1871.671	1805.409	1792.897	1792.897	1884.183	2037.974	1805.409	1834.859	1799.266	1854.819
40	1834.859	1834.859	1841.895	1792.897	1821.600	1871.671	1792.897	1843.404	1891.398	1792.897
45	1792.897	1804.869	1792.897	1878.040	1792.897	1814.564	1805.409	1799.266	1834.859	1792.897
50	1792.897	1884.183	1805.409	1837.906	1884.492	1792.897	1878.04	1834.859	1792.897	1814.564

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง.12 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดในการทดลองค่า MAXTOUR ของการหาเส้นทางระยะไกล
(ต่อ)

Max Tour	การทดลองครั้งที่									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
5	1918.179	2163.773	1892.050	1980.428	1852.722	2100.037	2005.368	1980.857	1987.547	1923.389
10	1895.955	2072.588	2045.010	1878.040	1799.934	1825.875	1804.869	1881.146	1905.657	1799.934
15	1882.604	2000.158	1792.897	2094.159	1882.983	2088.009	1804.869	2167.072	1878.040	1811.777
20	1881.912	2010.777	1868.634	2045.010	2192.887	1799.266	1960.140	1878.040	1894.827	1821.391
25	1892.904	1805.409	1834.859	1792.897	1810.929	1874.876	1811.777	1885.421	1851.380	1792.897
30	1792.897	1874.876	1792.897	1792.897	1834.859	1803.542	2148.507	1792.897	1834.859	1998.248
35	1805.409	1792.897	1987.324	1792.897	1837.906	1814.564	1874.876	1805.409	1804.869	1804.869
40	1837.906	2081.641	1805.409	1792.897	1814.564	1871.671	1878.708	1830.129	1997.956	1792.897
45	1792.897	1805.409	1834.859	1834.859	1792.897	1792.897	1805.409	1821.600	1799.266	1884.492
50	1811.777	1894.445	1834.859	1792.897	1814.564	1997.956	1799.266	1805.409	1814.564	1792.897

ตารางที่ ง.13 ผลลัพธ์เส้นทางทั้งหมดของเส้นทางใดๆ โดยการใช้ค่าตัวแปรที่เหมาะสม

เส้นทางที่	ครั้งที่ Test									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	820.587	820.587	820.587	820.587	820.587	820.587	820.587	820.587	820.587	820.587
2	1658.454	1544.835	1544.835	1544.835	1544.835	1544.835	1544.835	1544.835	1767.875	1902.665
3	1908.451	1908.451	1908.451	1908.451	1908.451	1908.451	1908.451	1908.451	1908.451	1908.451
4	1113.427	1113.427	1113.427	1113.427	1113.427	1113.427	1113.427	1113.427	1113.427	1113.427
5	1348.558	1351.701	1360.550	1398.919	1351.701	1351.701	1351.701	1351.701	1462.685	1348.269
6	1250.304	1299.585	1120.638	1248.463	1248.463	1154.858	1131.707	1120.638	1120.638	1248.463
7	1011.252	1011.252	1011.252	1011.252	1011.252	1011.252	1011.252	1011.252	1011.252	1011.252
8	1762.740	1778.728	1762.740	1762.740	1762.740	1762.740	1778.728	1762.740	1762.740	1762.740
9	1791.600	1905.976	1794.144	1792.080	1794.144	1791.600	1792.080	1828.951	1789.220	1811.698
10	1898.938	1898.938	1898.938	1898.938	1898.938	1898.938	1898.938	1898.938	1898.938	1898.938

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

คู่มือสำหรับโปรแกรมเมอร์

โครงสร้างของโปรแกรม

โปรแกรมประกอบไปด้วย 2 โครงสร้างหลัก คือ

- ส่วนทำการคำนวณค้นหาเส้นทาง ประกอบด้วยไฟล์ภายในแพ็คเกจ antAlgorithm ดังนี้
 - Ant.java
 - AntFactory.java
 - Map.java
 - Node.java
 - Path.java
- ส่วนทำการแสดงผล GUI ประกอบด้วยไฟล์ภายในแพ็คเกจ antGUI ดังนี้
 - AlertDialog.java
 - AntComboBox.java
 - AntGUI.java
 - Main.java

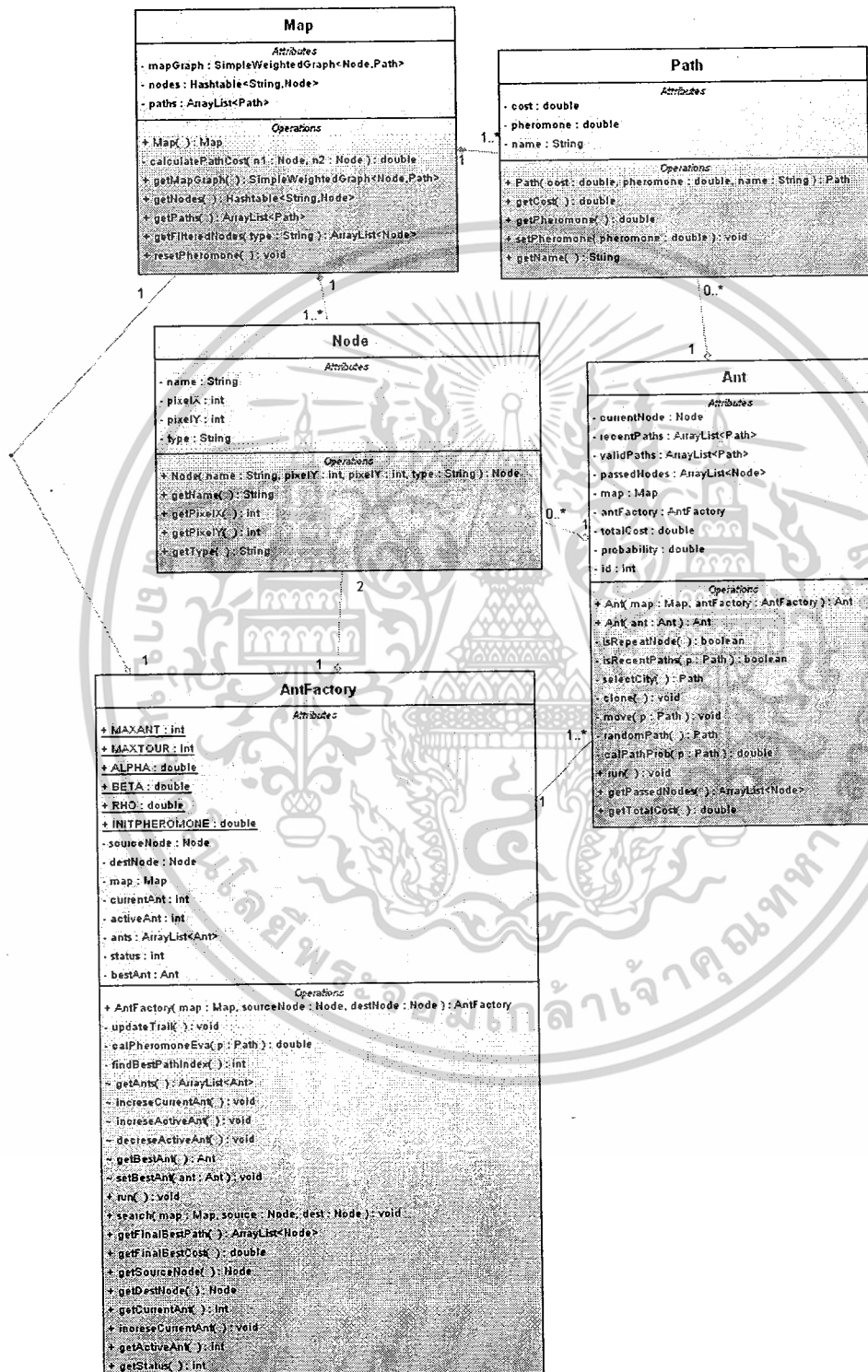
หน้าที่การทำงานของแต่ละไฟล์

- AntFactory เป็น Class ที่ทำงานเป็นส่วนศูนย์กลางในการควบคุม Ant คำนวณระดับฟีโรโมนลงเส้นทาง และเก็บเส้นทางที่สั้นที่สุดที่ได้จาก Ant ทุกตัว
- Ant เป็น Class ที่ทำงานแบบ Thread โดยทำการเดินใน Map เพื่อค้นหาเส้นทาง สามารถสร้างตัวเองขึ้นมาใหม่ในการเดินไปทุกเส้นทาง หรือคำนวณความน่าจะเป็นและเลือกเส้นทาง ณ ทางแยกได้ รวบรวมข้อมูลเส้นทางส่งให้กับ AntFactory เมื่อสามารถไปถึงปลายทางได้
- Map เป็น Class แทนถึงจุดต่างๆและเส้นทางของแผนที่โดยรวมใน โครงสร้างแบบ Graph โดยมี Node แทนจุดต่างๆ และ Path แทนเส้นทางระหว่าง Node ที่เชื่อมต่อกัน Node จะมีชื่อและพิกัดของตัวเองเก็บไว้ และ Path ก็จะมีเก็บค่าระยะทางและค่าฟีโรโมนที่เพิ่มขึ้นจากการที่ Ant เดินผ่าน
- Node เป็น Class แทนถึงจุดสถานที่ต่างๆ ภายในแผนที่ โดยเก็บข้อมูลชื่อสถานที่ ตำแหน่งพิกัด X,Y ในหน่วย pixel และประเภทของสถานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Path เป็น Class แทนถึงเส้นทางต่างๆภายในแผนที่ โดยเก็บข้อมูลระยะทางในหน่วย pixel ค่าปริมาณฟีโรโมน และชื่อของเส้นทางนั้น

Class Diagram



รูปที่ จ.1 Class Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดส่วนประกอบภายในแต่ละ Class

ในส่วนของการแสดงผล GUI สามารถปรับเปลี่ยนไปตามผู้ใช้งาน โดยนำไปใช้งานเพียง ส่วนของการคำนวณค้นหาเส้นทางได้ จึงไม่ขอกล่าวถึงไว้ในที่นี้

Class Ant

Data Member

- Private Node currentNode
ตัวแปรเก็บข้อมูลของ Node ซึ่งเป็นตำแหน่งปัจจุบันที่ Ant อยู่
- private ArrayList<Path> recentPaths
ตัวแปรเก็บข้อมูล ArrayList ของ Path ที่ Ant เพิ่งเลือกเดินผ่าน
- private ArrayList<Path> validPaths
ตัวแปรเก็บข้อมูล ArrayList ของ Path ที่ Ant สามารถเลือกเดินได้ในขณะนั้น
- private ArrayList<Node> passedNodes
ตัวแปรเก็บข้อมูล ArrayList ของ Node ที่ Ant เดินผ่านมาทั้งหมด
- private Map map
ตัวแปรเก็บข้อมูลของแผนที่ที่ Ant ทำการค้นหาเส้นทาง
- private AntFactory antFactory
ตัวแปรที่คอยควบคุม Ant ที่ทำงานอยู่
- private double totalCost
ตัวแปรเก็บข้อมูลค่าระยะทางทั้งหมดที่ Ant เดินผ่านมา
- private double probability
ตัวแปรเก็บข้อมูลค่าความน่าจะเป็นของ Path ที่ Ant กำลังจะเลือกในขณะนั้น
- private int id
ตัวแปรเก็บข้อมูลหมายเลขประจำตัวของ Ant

Constructor

- public Ant(Map map, AntFactory antFactory)
สร้าง Ant ตัวใหม่ ใช้เป็นตัวเริ่มต้นการค้นหาเส้นทาง
 - Input :
 - map – ตัวแปร Map ที่ Ant ใช้เป็นแผนที่ที่ค้นหาเส้นทาง กำหนดค่าให้กับตัวแปร map ใน Ant
 - antFactory – ตัวแปร AntFactory ที่เป็นตัวสร้าง Ant ตัวแรก กำหนดค่าให้กับตัวแปร AntFactory ใน Ant

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

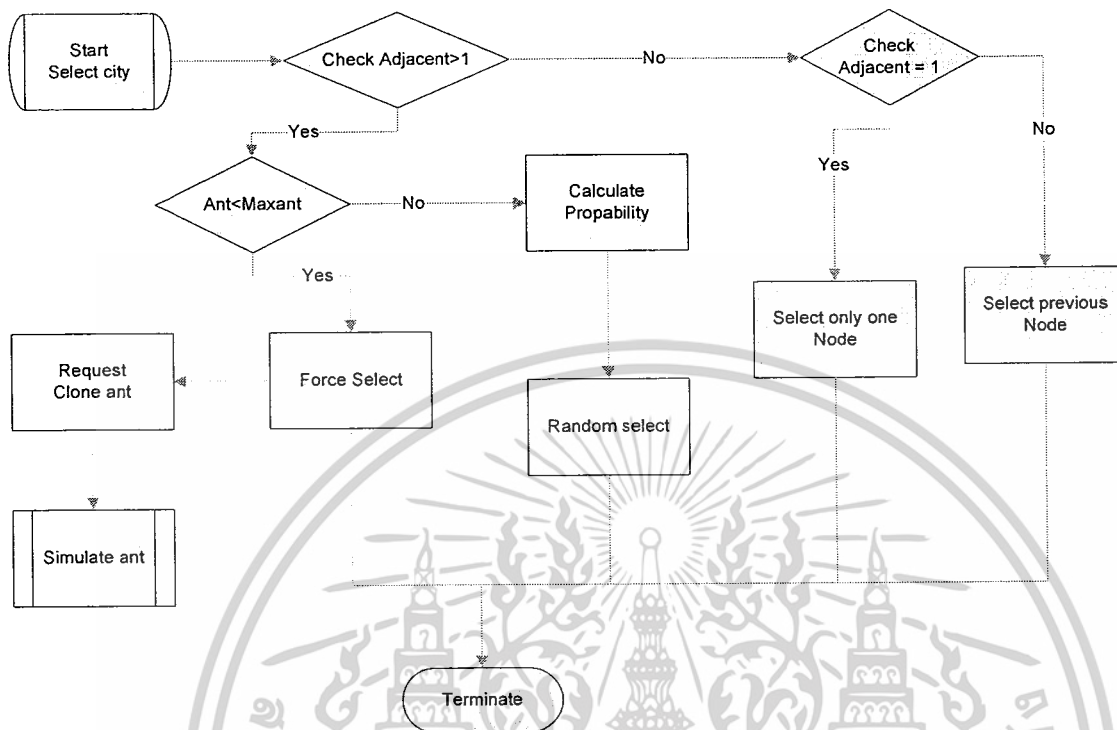
- Output :
ตัวแปร Ant ตัวใหม่ที่เป็นตัวเริ่มต้น
- public Ant(Ant ant)
สร้าง Ant ตัวใหม่ ที่มีค่าของ Data Member เหมือนกับตัวแปร ant ที่ส่งเข้ามา
 - Input :
ant – ตัวแปร Ant ที่ต้องการคัดลอกค่า
 - Output :
ตัวแปร Ant ตัวใหม่ที่มีค่าของ Data Member เหมือนกับ ant

Method

- private boolean isRepeatNode()
ตรวจสอบตัวแปร passedNode ว่า Ant เดินทางซ้ำ Node เดิมหรือไม่
 - Output :
ตัวแปร boolean ซึ่งมีค่าเป็น true เมื่อ Ant มีการเดินซ้ำ Node เดิม หรือมีค่าเป็น false เมื่อ Ant ไม่ได้เดินซ้ำ Node เดิม
- private boolean isRecentPaths(Path p)
ตรวจสอบว่าตัวแปร p เป็น Path ที่มีอยู่ในตัวแปร recentPaths หรือไม่เพื่อตรวจสอบว่าเป็นเส้นทางที่เพิ่งเลือกมาก่อนหน้านี้หรือไม่
 - Input :
p – ตัวแปร Path ที่ทำการตรวจสอบ
 - Output :
ตัวแปร boolean ซึ่งมีค่าเป็น true เมื่อมี p อยู่ในตัวแปร recentPaths หรือมีค่าเป็น false เมื่อไม่มี p อยู่ในตัวแปร recentPaths
- private Path selectCity()
กระบวนการเลือก Node ถัดไปของ Ant
 - Output :
ตัวแปร Path ซึ่งมีรูปแบบ ดังนี้
 - Path แรกที่พบ และสร้าง Ant ตัวใหม่ไปยังเส้นทางอื่น
 - Path ที่สุ่มเลือกขึ้นมาจากการคำนวณค่าความเป็นไปได้
 - Path ที่เหลือเพียงเส้นทางเดียว
 - Path ที่เพิ่งเดินผ่านมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของ Method มีแนวคิดตามรูปที่ จ.2



รูปที่ จ.2 Flow Chart ของ Method selectCity

- void cloneAnt()
สร้าง Ant ตัวใหม่และเริ่มต้นการทำงานให้ Ant ที่สร้างขึ้นมาก็ค้นหาเส้นทางอื่น เมื่อจำนวนยังไม่ถึง MAXANT
- private void move(Path p)
เคลื่อนที่ Ant ไปยัง Node ต่อ ไปด้วยตัวแปร p ซึ่งเป็นเส้นทางที่เลือกมาจาก Method selectCity ซึ่งจะเปลี่ยนแปลงตัวแปร currentNode, totalCost, และ recentPaths
 - Input :
p – ตัวแปร Path ที่เลือกเป็นเส้นทางเคลื่อนที่ไปยัง Node ต่อ ไป
- private Path randomPath()
สุ่มเลือกเส้นทางจากการคำนวณความเป็นไปได้ของเส้นทางทั้งหมดที่สามารถไปได้
 - Output :
ตัวแปร Path ที่ได้จากการสุ่มเลือกจากความน่าจะเป็น
- private double calPathProb(Path p)
คำนวณค่าความน่าจะเป็นของตัวแปร p ที่รับเข้ามา

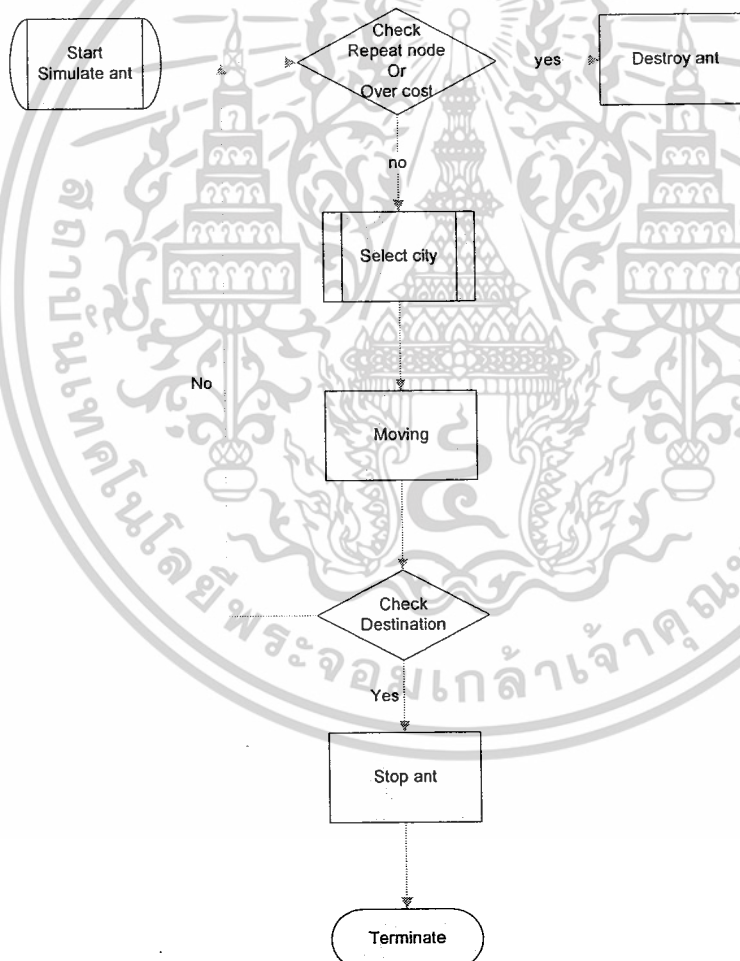
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Input :
p – ตัวแปร Path ที่จะคำนวณความน่าจะเป็น
- Output :
ตัวแปร double ที่เป็นค่าความน่าจะเป็นของตัวแปร p

- public void run()

Override ของ Class Thread เพื่อเริ่มต้นการค้นหาเส้นทางของ Ant โดยทำงานแบบมัลติเทร็ด ซึ่งจะส่ง Ant ตัวเองให้กับ antFactory กำหนดเป็น bestAnt ถ้าสามารถค้นหาเส้นทางไปยังจุดปลายทางได้ หรือไม่ก็จะทำลายตัวเองถ้าเดินซ้ำ Node เดิมหรือใช้ระยะทางเกินกว่าระยะทางสั้นที่สุดที่เคยหาได้

การทำงานของ Method มีแนวคิดตามรูปที่ จ.3



รูปที่ จ.3 Flow Chart ของ Method run

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- `public ArrayList<Node> getPassedNodes()`
 - Output :
ค่าของตัวแปร `passedNodes`
- `public double getTotalCost()`
 - Output :
ค่าของตัวแปร `totalCost`

Class AntFactory

Data Member

- `public static final int MAXANT`
ตัวแปรที่เก็บค่าของ MAXANT ที่แสดงถึงจำนวน Ant สูงสุดที่สามารถสร้างได้
- `public static final int MAXTOUR`
ตัวแปรที่เก็บค่าของ MAXTOUR ที่แสดงถึงจำนวนรอบของการค้นหาเส้นทาง
- `public static final double ALPHA`
ตัวแปรที่เก็บค่าของ Alpha ที่ใช้ในการคำนวณค่าความน่าจะเป็น
- `public static final double BETA`
ตัวแปรที่เก็บค่าของ Beta ที่ใช้ในการคำนวณค่าความน่าจะเป็น
- `public static final double RHO`
ตัวแปรที่เก็บค่าของ Rho ที่ใช้ในการคำนวณค่าฟีโรโมน
- `public static final double INITPHEROMONE`
ตัวแปรที่เก็บค่าของ InitP ที่เป็นค่าฟีโรโมนเริ่มต้นในแต่ละเส้นทาง
- `private Node sourceNode`
ตัวแปรเก็บข้อมูล Node ที่กำหนดเป็นจุดเริ่มต้น
- `private Node destNode`
ตัวแปรเก็บข้อมูล Node ที่กำหนดเป็นจุดปลายทาง
- `private Map map`
ตัวแปรเก็บข้อมูล Map ที่เป็นแผนที่ที่ใช้ค้นหาเส้นทาง
- `private int currentAnt`
ตัวแปรเก็บข้อมูลจำนวน Ant ทั้งหมดที่สร้างออกมาในปัจจุบัน
- `private int activeAnt`
ตัวแปรเก็บข้อมูลจำนวน Ant ที่กำลังค้นหาเส้นทางอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- `private ArrayList<Ant> ants`
ตัวแปรเก็บข้อมูล ArrayList ของ Ant ที่ไปถึงจุดปลายทางในรอบ tour ที่ทำการค้นหา
- `private int status`
ตัวแปรเก็บข้อมูลสถานะการทำงานของ AntFactory
 - 0 : AntFactory ทำการค้นหาเส้นทางเสร็จสิ้น
 - 1 : AntFactory กำลังทำการค้นหาเส้นทางอยู่
- `private Ant bestAnt`
ตัวแปรเก็บข้อมูลของ Ant ที่สามารถค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้

Constructor

- `public AntFactory(Map map , Node sourceNode, Node destNode)`
สร้าง AntFactory ที่กำหนดแผนที่ที่ค้นหา จุดเริ่มต้น และจุดปลายทาง
 - Input :
 - map – ตัวแปร Map ใช้เป็นแผนที่ที่ค้นหาเส้นทาง กำหนดค่าให้กับตัวแปร map ใน AntFactory
 - sourceNode – ตัวแปร Node ที่เป็นจุดเริ่มต้น กำหนดค่าให้กับตัวแปร sourceNode ใน AntFactory
 - destNode – ตัวแปร Node ที่เป็นจุดปลายทาง กำหนดค่าให้กับตัวแปร destNode ใน AntFactory
 - Output :
 - ตัวแปร AntFactory ที่กำหนดค่าไว้พร้อมทำการค้นหา
- `private void updateTrail()`
เพิ่มค่าระดับฟีโรโมนในเส้นทางที่ Ant ทั้งหมดในตัวแปร ants เดินผ่าน และคำนวณค่าฟีโรโมนใหม่ให้กับทุกเส้นทาง
- `private double calPheromoneEva(Path p)`
คำนวณค่าฟีโรโมนในเส้นทาง p ที่รับเข้ามา
 - Input :
 - p – ตัวแปร Path ที่ต้องการคำนวณหาค่าฟีโรโมน
 - Output :
 - ตัวแปร double ค่าฟีโรโมนในเส้นทาง p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- `ArrayList<Ant> getAnts()`
 - Output :
ค่าของตัวแปร `ants`
- `void increaseCurrentAnt()`
เพิ่มค่าของตัวแปร `currentAnt` ขึ้นมา 1
- `void increaseActiveAnt()`
เพิ่มค่าของตัวแปร `activeAnt` ขึ้นมา 1
- `void decreaseActiveAnt()`
ลดค่าของตัวแปร `activeAnt` ลง 1
- `Ant getBestAnt()`
 - Output :
ค่าของตัวแปร `bestAnt`
- `void setBestAnt(Ant bestAnt)`
 - Input :
`bestAnt` – ตัวแปร `Ant` ที่กำหนดค่าให้กับตัวแปร `bestAnt`
- `public void run()`
Override ของ Class `Thread` เพื่อให้ `AntFactory` เริ่มค้นหาเส้นทางด้วย Method

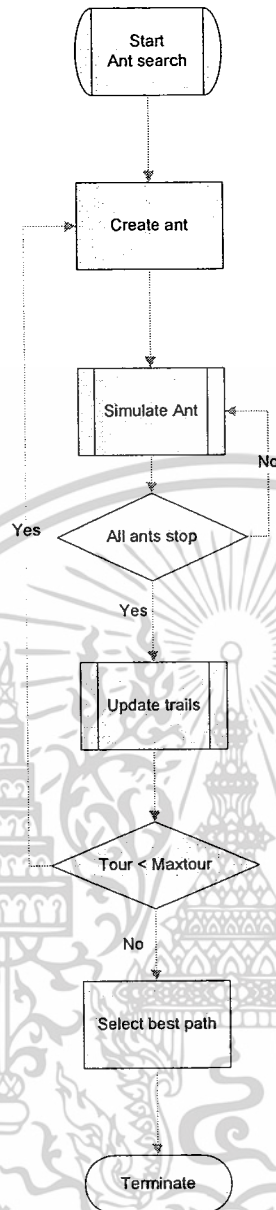
Search โดยทำงานแบบมัลติเทรอด

- `public void search(Map map, Node source, Node dest)`
ให้ `AntFactory` ค้นหาเส้นทาง โดยสามารถกำหนดแผนที่ จุดเริ่มต้น และจุดปลายทางใหม่ได้ (ถ้าเรียกจาก `run` จะใช้ค่าเดิมจากที่กำหนดไว้ใน constructor) ซึ่งจะทำการสร้าง `Ant` ตัวแรกขึ้นมาและสั่งให้ทำการค้นหาจนครบ `MAXANT` จึงทำการเพิ่มค่าฟีโรโมนก่อนทำการค้นหาใหม่อีกรอบจนครบ `MAXTOUR`

- Input :
`map` – ตัวแปร `Map` ใช้เป็นแผนที่ที่ค้นหาเส้นทาง กำหนดค่าให้กับตัวแปร `map` ใน `AntFactory`
`sourceNode` – ตัวแปร `Node` ที่เป็นจุดเริ่มต้น กำหนดค่าให้กับตัวแปร `sourceNode` ใน `AntFactory`
`destNode` – ตัวแปร `Node` ที่เป็นจุดปลายทาง กำหนดค่าให้กับตัวแปร `destNode` ใน `AntFactory`

การทำงานของ Method มีแนวคิดดังรูปที่ จ.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ๑.๔ Flow Chart ของ Method search

- `public ArrayList<Node> getFinalBestPath()`

ให้ผลลัพธ์ลำดับการเดินผ่าน Node ของเส้นทางที่สั้นที่สุด ต้องใช้หลังจากที่ AntFactory ทำการค้นหาเสร็จสิ้น (status = 0) เท่านั้น

- Output :

ค่าของตัวแปร passedNodes ของ bestAnt

- `public double getFinalBestCost()`

ให้ผลลัพธ์ค่าระยะทางของเส้นทางที่สั้นที่สุด ต้องใช้หลังจากที่ AntFactory ทำการค้นหาเสร็จสิ้น (status = 0) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Output :
ค่าของตัวแปร totalCost ของ bestAnt
- public Node getSourceNode()
 - Output :
ค่าของตัวแปร sourceNode
- public Node getDestNode()
 - Output :
ค่าของตัวแปร destNode
- public int getCurrentAnt()
 - Output :
ค่าของตัวแปร currentAnt
- public int getActiveAnt()
 - Output :
ค่าของตัวแปร activeAnt
- public int getStatus()
 - Output :
ค่าของตัวแปร status

Class Map

Data Member

- private SimpleWeightedGraph<Node, Path> mapGraph
ตัวแปรเก็บข้อมูลแผนที่ในรูปแบบ graph ซึ่งใช้ Class SimpleWeightedGraph ของไลบรารี JGraphT ที่มี Vertex เป็น Node และ Edge เป็น Path
- private Hashtable<String, Node> nodes
ตัวแปรเก็บข้อมูลในรูปแบบ map ที่เก็บ Node ทั้งหมดในแผนที่โดยค้นหา Node ผ่าน String ที่เป็นชื่อสถานที่ได้
- private ArrayList<Path> paths
ตัวแปรเก็บข้อมูล ArrayList ของ Path เส้นทางทั้งหมดในแผนที่

Constructor

- public Map()
สร้าง Map ขึ้นมาโดยใช้ข้อมูลภายใน Database antmap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

○ Output :

ตัวแปร Map ที่มีข้อมูลแผนที่ตามรายละเอียดใน Database

Method

- double calculatePathCost(Node n1, Node n2)

คำนวณค่าระยะทางระหว่าง Node 2 ตัว

○ Input :

n1 – ตัวแปรของ Node ที่อยู่บนเส้นทางเดียวกันและอยู่คนละฝั่งกับ n2

n2 – ตัวแปรของ Node ที่อยู่บนเส้นทางเดียวกันและอยู่คนละฝั่งกับ n1

○ Output :

ตัวแปร double ที่เป็นค่าระยะทาง

- public SimpleWeightedGraph<Node, Path> getMapGraph()

○ Output :

ค่าของตัวแปร mapGraph

- public Hashtable<String, Node> getNodes()

○ Output :

ค่าของตัวแปร nodes

- public ArrayList<Path> getPaths()

○ Output :

ค่าของตัวแปร paths

- public ArrayList<Node> getFilteredNodes(String type)

ค้นหา Node ภายในแผนที่ที่มีประเภทตรงกับค่าตัวแปร type ที่ส่งเข้ามา

○ Input :

type – ตัวแปร String ที่เป็นประเภทของ Node ที่ต้องการค้นหา

○ Output :

ตัวแปร ArrayList ของ Node ที่มีค่าตัวแปร type ตรงกับ input

- public void resetPheromone()

กำหนดค่าตัวแปร pheromone ของ Path ทั้งหมดในแผนที่ให้มีค่าเท่ากับค่าตัวแปร

INITPHEROMONE ที่กำหนดไว้ใน AntFactory

Class Node

Data Member

- private String name

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวแปรเก็บข้อมูลชื่อของสถานที่

- private int pixelX
ตัวแปรเก็บข้อมูลตำแหน่งสถานที่ในพิกัด X ของรูปโดยมีหน่วยเป็น pixel
- private int pixelY
ตัวแปรเก็บข้อมูลตำแหน่งสถานที่ในพิกัด Y ของรูปโดยมีหน่วยเป็น pixel
- private String type
ตัวแปรเก็บข้อมูลประเภทของสถานที่

Constructor

- public Node(String name , int x , int y , String type)
สร้าง Node โดยกำหนดชื่อสถานที่, พิกัด X, พิกัด Y และประเภทของสถานที่ตามค่าตัวแปรที่รับเข้ามา

○ Input :

name – ตัวแปร String ที่เป็นชื่อของสถานที่ กำหนดค่าให้กับตัวแปร name ใน Node

x – ตัวแปร int ที่เป็นพิกัด X กำหนดค่าให้กับตัวแปร pixelX ใน Node

y – ตัวแปร int ที่เป็นพิกัด Y กำหนดค่าให้กับตัวแปร pixelY ใน Node

type – ตัวแปร String ที่เป็นประเภทของสถานที่ กำหนดค่าให้กับตัวแปร type ใน Node

○ Output :

ตัวแปร Node ที่มีการกำหนดค่าของ Data Member ตาม input ที่รับ

Method

- public String getName()

○ Output :

ค่าของตัวแปร name

- public String getPixelX()

○ Output :

ค่าของตัวแปร pixelX

- public String getPixelY()

○ Output :

ค่าของตัวแปร pixelY

- public String getType()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Output :
ค่าของตัวแปร type

Class Path

Data Member

- private double cost
ตัวแปรเก็บข้อมูลค่าระยะทางของเส้นทาง
- private double pheromone
ตัวแปรเก็บข้อมูลค่าฟีโรโมนบนเส้นทาง
- private String name
ตัวแปรเก็บข้อมูลชื่อของเส้นทาง

Method

- public Path(double cost , double pheromone , String name)
สร้าง Path ที่มีค่าระยะทาง, ค่าฟีโรโมน และชื่อของเส้นทางตรงกับค่าตัวแปรที่รับ
- Input :
cost – ตัวแปร double ของค่าระยะทาง กำหนดค่าให้กับตัวแปร cost ใน Path
pheromone – ตัวแปร double ของค่าฟีโรโมน กำหนดค่าให้กับตัวแปร pheromone ใน Path
name – ตัวแปร string ของชื่อเส้นทาง กำหนดค่าให้กับตัวแปร name ใน Path
- Output :
ตัวแปร Path ที่มีการกำหนดค่าของ Data Member ตาม input ที่รับ

Method

- public double getCost()
○ Output :
ค่าของตัวแปร cost
- public double getPheromone()
○ Output :
ค่าของตัวแปร pheromone
- public void setPheromone(double pheromone)
○ Input :
pheromone – ตัวแปร double ที่กำหนดค่าให้กับตัวแปร pheromone
- public String getName()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Output :
ค่าของตัวแปร name



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้