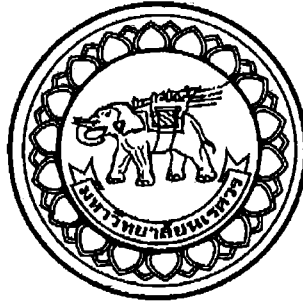


อภินิพนธ์นาการ



สำนักหอสมุด



การวางแผนการจัดเส้นทางการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยว
ในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง

TRAVELLING ROUTE PLANNING FOR
THE LOWER NORTHERN REGION

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันลงทะเบียน.....1.8.0.0...2556

เลขทะเบียน.....1.631839X C.2

เลขเรียกหนังสือ.....^{2A}A.02.b.....

032911
2506

นางสาวอรนุช คุษย์สว่าง

รหัส 52360805

นายเอกพล ลิพรมานะพงศ์

รหัส 52360812

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555




ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การวางแผนการจัดเส้นทางการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวในเขตพื้นที่
ภาคเหนือตอนล่าง

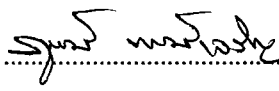
ผู้ดำเนินโครงการ นางสาวอรนุช คุษสว่าง รหัส 52360805
นายเอกพล ลีพรมานะพงศ์ รหัส 52360812

ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2555

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบรือรัมย์ อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ผศ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)


.....กรรมการ
(ดร.ชวัญนิธิ คำเมือง)


.....กรรมการ
(ผศ.ดร.อุพงษ์ พงษ์เจริญ)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การวางแผนการจัดเส้นทางการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง		
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวอรนุช คุษสว่าง	รหัส	52360805
	นายเอกพล สิริพรมานะพงศ์	รหัส	52360812
ที่ปรึกษาโครงการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2555		

บทคัดย่อ

การวางแผนการจัดเส้นทางการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยว เป็นปัญหาที่มีรูปแบบการเดินทาง โดยเริ่มจากจุดเริ่มต้นหนึ่งไปยังจุดอื่นๆ และสิ้นสุดการเดินทางยังจุดหรือสถานที่ที่ต้องการ การวางแผนการเดินทางดังกล่าว มีลักษณะการแก้ปัญหาที่ต้องการวางแผนการจัดเส้นทางในการเดินทางที่ทำให้ค่าใช้จ่าย เวลา ระยะทาง หรือหน่วยวัดอื่นๆ ต่ำที่สุด ถ้าเป็นระยะใกล้จะเป็นเรื่องง่ายในการคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุด แต่ถ้าหากต้องเดินทางไปหลายสถานที่ วิธีการคำนวณมักจะยุ่งยาก ซับซ้อนเนื่องจากขอบเขตของปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น จึงใช้ระยะเวลาในการคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางค่อนข้างนาน ปัญหาดังกล่าวจึงได้รับความสนใจจากนักวิจัยเป็นจำนวนมาก เพื่อให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพมากขึ้น

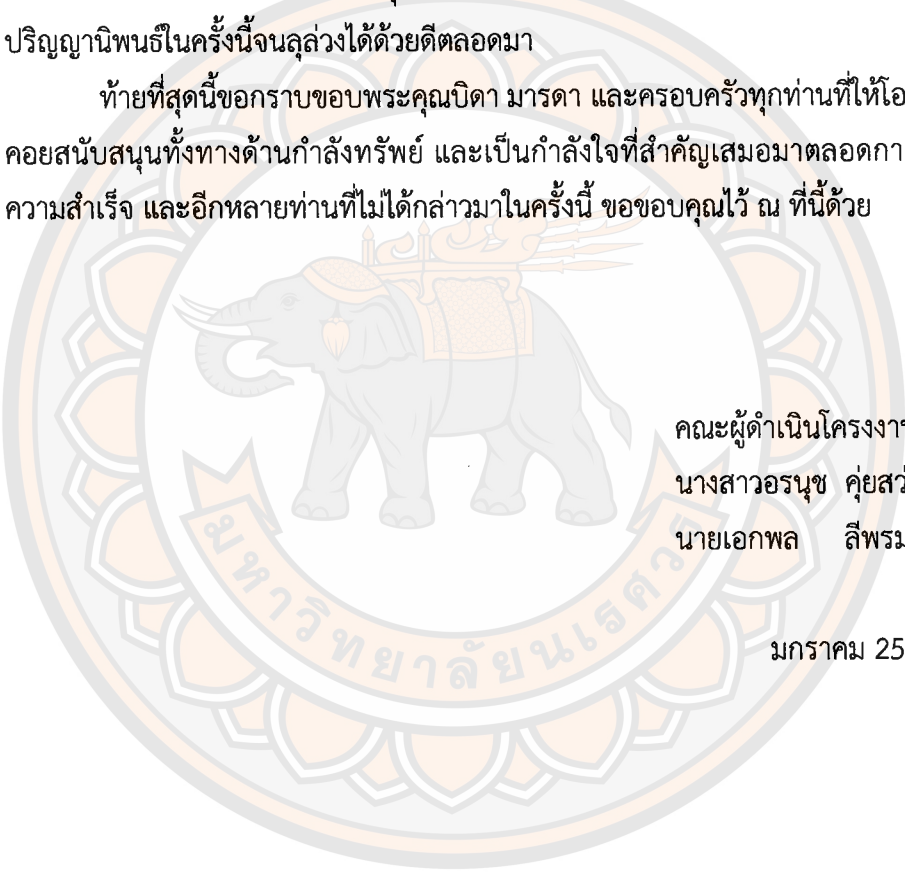
คณะผู้ดำเนินโครงการ จึงได้จัดทำโครงการนี้เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการแก้ปัญหาการเดินทาง โดยจะนำเสนอการแก้ปัญหาการเดินทางในส่วนของภาคเหนือตอนล่างจำนวน 8 จังหวัด สถานที่ท่องเที่ยวทั้งหมด 288 แห่ง ทำการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวางแผนการจัดเส้นทางการเดินทางด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms : GA) เนื่องจาก GA สามารถที่จะแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ได้ โดยจะหาคำตอบที่มีความเหมาะสมจากหลายล้านคำตอบในเวลาที่ยอมรับได้ เหมาะกับการนำมาแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนและยุ่งยากในการคำนวณ ซึ่งการนำเสนอมาคำตอบของปัญหาสำหรับโครงการนี้จะนำเสนอออกมาในรูปแบบการจัดเรียงลำดับเส้นทางที่เหมาะสมที่จะใช้ในการเดินทาง ระยะทางรวมทั้งหมดในการเดินทาง และแผนกำหนดการการเดินทาง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ดำเนินโครงการขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง ดร.สุธินิตย์ พุทธพนม คณะกรรมการสอบโครงการวิจัย ที่ได้สละเวลาให้คำปรึกษา คำเสนอแนะที่ดี และให้ความรู้ต่างๆ ในการศึกษาการวิจัยโครงการ ตลอดจนตรวจแก้ไขข้อบกพร่องของปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี

ขอบพระคุณหัวหน้าภาควิชา คณาจารย์ และบุคลากรภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่เสียสละเวลา เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในการทำปริญญาานิพนธ์ในครั้งนี้จนลุล่วงได้ด้วยดีตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวทุกท่านที่ให้โอกาสทางการศึกษาคอยสนับสนุนทั้งทางด้านกำลังทรัพย์ และเป็นกำลังใจที่สำคัญเสมอมาตลอดการศึกษานจนประสบความสำเร็จ และอีกหลายท่านที่ไม่ได้กล่าวมาในครั้งนี้ ขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ด้วย



คณะผู้ดำเนินโครงการวิศวกรรม
นางสาวอรนุช คุ่ยสว่าง
นายเอกพล ลีพรมานะพงศ์

มกราคม 2556

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญาานิพนธ์.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ซ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output).....	2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome).....	2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ.....	2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ.....	3
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ.....	3
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ.....	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....	5
2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทาง.....	5
2.2 วิธีการแก้ปัญหการจัดเส้นทางเดินทาง.....	5
2.3 วิธีการแก้ปัญหาในการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด.....	6
2.3.1 วิธีการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์.....	7
2.3.2 วิธีการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักของการประมาณ.....	7
2.4 วิธีการเงินเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm).....	7
2.4.1 องค์ประกอบหลักที่สำคัญของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	8
2.4.2 รายละเอียดองค์ประกอบหลักของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	8
2.4.3 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมหรือเงินเนติกอัลกอริทึม.....	13
2.4.4 ข้อดีของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	19
2.5 โปรแกรมภาษา Tcl/Tk.....	20
2.5.1 ข้อดีของภาษาโปรแกรม Tcl.....	20
2.5.2 การใช้งาน Tcl/Tk แบบบนอินเทอร์เน็ตแอคทีฟ.....	21

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.6 ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (The Design of the Experiment).....	22
2.6.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล.....	23
2.6.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสามระดับ.....	23
2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA).....	23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงการ.....	25
3.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินทาง.....	25
3.2 การศึกษาวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทาง.....	25
3.2.1 สมมติฐานของการแก้ปัญหา.....	25
3.2.2 ขอบเขตความสามารถของโปรแกรม.....	25
3.3 ศึกษาทฤษฎีและหลักการของวิธีเจเนติกอัลกอริทึม.....	26
3.4 ศึกษาการวางแผนการเดินทาง.....	26
3.5 การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมโดยอาศัยหลักการเจเนติกอัลกอริทึม.....	26
3.5.1 การกำหนดรูปแบบโครโมโซม.....	27
3.5.2 ขั้นตอนการทำงานของโครโมโซม.....	28
3.5.3 ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธีเนเบอร์ฮูด (Neighborhoods Search).....	29
3.6 การออกแบบการทดลอง.....	32
3.7 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม.....	32
3.8 สรุปผลและนำเสนอผลของโครงการวิจัย.....	33
บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการ.....	34
4.1 ผลการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทาง โดยอาศัยหลักการ GA.....	34
4.1.1 ข้อมูลนำเข้า (Input Data).....	34
4.1.2 การประมวลผล (Processing).....	35
4.1.3 ข้อมูลนำออก (Output Data).....	38
4.2 ผลการทดสอบโปรแกรม.....	40
4.2.1 ตัวอย่างที่ 1.....	40
4.2.2 ตัวอย่างที่ 2.....	43
4.2.3 ตัวอย่างที่ 3.....	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2.4 ตัวอย่างที่ 4.....	49
4.3 ผลการทดสอบคำตอบด้วยวิธีเนเบอร์ฮูด.....	49
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	50
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ.....	50
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	52
เอกสารอ้างอิง.....	53
ภาคผนวก ก.....	54
ภาคผนวก ข.....	56
ภาคผนวก ค.....	69
ภาคผนวก ง.....	76
ภาคผนวก จ.....	81
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ.....	88

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ.....	3
2.1 ตัวอย่าง Binary	9
2.2 ตัวอย่าง Value Encoding	9
2.3 ตัวอย่าง Permutation Encoding.....	10
3.1 ตัวอย่างการกำหนดยีน.....	24
3.2 ตัวอย่างระยะทางระหว่างคู่ยีน	30
4.1 ระยะทางระหว่างสถานที่ กรณีเลือกจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด	41
4.2 แผนการเดินทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยว กรณีเลือกจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด.....	42
4.3 ระยะทางระหว่างสถานที่ กรณีเลือกจุดเริ่มต้นอย่างเดียว.....	43
4.4 แผนการเดินทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยว กรณีเลือกจุดเริ่มต้นอย่างเดียว	44
4.5 ระยะทางระหว่างสถานที่ กรณีไม่เลือกทั้งจุดเริ่มต้น/สิ้นสุด.....	46
4.6 แผนการเดินทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยว กรณีไม่เลือกทั้งจุดเริ่มต้น/สิ้นสุด.....	47
4.7เปรียบเทียบระยะทางด้วยวิธีเนเบอร์ฮูดแต่ละวิธี	49

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงแผนผัง Tree Encoding.....	10
2.2 แสดงการสุ่มหาประชากรเริ่มต้นจำนวน 4 โครโมโซม.....	11
2.3 แสดงการ Crossover	12
2.4 แสดงการ Mutation กับโครโมโซมรูปแบบ Permutation Encoding.....	13
2.5 (ก) แสดงลำดับการทำกระบวนการ GA แบบอนุกรม	14
(ข) แสดงลำดับการทำกระบวนการ GA แบบขนาน.....	14
2.6 แสดงการครอสโอเวอร์แบบ Oder Crossover	15
2.7 แสดงการกลายพันธุ์แบบ Two Operation Adjacent Swap Mutation (2OAS).....	15
2.8 แสดงกลไกการทำงานของ Elitist Strategy.....	18
2.9 แสดงโครงสร้างการทำงานของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	19
2.10 รูปแสดงลักษณะการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Tcl.....	21
3.1 องค์ประกอบของโครโมโซม.....	27
3.2 ลักษณะการจัดเรียงโครโมโซม.....	27
3.3 แสดงตัวอย่างโครงสร้างโครโมโซม.....	28
3.4 แสดงการสลับสายพันธุ์ด้วยวิธี Order Crossover	28
3.5 แสดงการกลายพันธุ์แบบ Two Operation Adjacent Swan Mutation (2OAS).....	26
3.6 โครโมโซมคำตอบที่ได้จากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม.....	30
3.7 การปรับปรุงโครโมโซมคำตอบด้วยวิธีเนเบอร์ฮูด.....	30
3.8 ขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีเนเบอร์ฮูดแบบที่ (1).....	31
3.9 ขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีเนเบอร์ฮูดแบบที่ (2).....	31
3.10 ขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีเนเบอร์ฮูดแบบที่ (3).....	32
4.1 ตัวอย่างเพิ่มข้อมูลระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้น/สิ้นสุดการเดินทาง.....	34
4.2 แผนผังการทำงานโดยรวมของโปรแกรม	35
4.3 หน้าต่างทางเลือกการเดินทาง	36
4.4 Tourism Place of the 8 Lower North Provinces.....	37
4.5 หน้าต่าง Tourism Place List Kamphaengphet	37
4.6 หน้าต่าง Choose the Start Tourism Place.....	38
4.7 หน้าต่าง Choose the Finish Tourism Place	38
4.8 หน้าต่างกำหนดเวลาการท่องเที่ยว.....	38
4.9 หน้าต่างรายงานผลลัพธ์ (1)	39
4.10 หน้าต่างรายงานผลลัพธ์ (2).....	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.1 หน้าต่าง Main Program แสดงผลลัพธ์ (1)	50
5.2 หน้าต่าง Main Program แสดงผลลัพธ์ (2)	51



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

การเดินทางมีหลายลักษณะ เช่น การเดินทางเพื่อการขนส่งสินค้าเพื่อการค้าขาย การเดินทางเพื่อการท่องเที่ยว การเดินทางเพื่อการทำงานหลายพื้นที่ การเดินทางเพื่อการสนับสนุนการขายตามศูนย์จำหน่ายหรือห้างสรรพสินค้าต่างๆ การเดินทางเพื่อการสร้างความบันเทิง และอื่นๆ

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางดังกล่าวอาจจะอยู่ในลักษณะที่มีจุดเริ่มต้นและปลายทางที่ชัดเจนการออกแบบลำดับการเดินทางจึงควรได้รับการพิจารณา เพราะการแก้ไขปัญหการจัดเส้นทางเดิน จะต้องมีการวางแผนเส้นทางเดินที่เหมาะสม เพื่อบริหารค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ระยะเวลา ระยะทาง และอื่นๆ ให้ต่ำที่สุด ซึ่งการกำหนดการจัดเส้นทางเดินที่ดีจะต้องมีลักษณะการเดินทาง คือ เส้นทางเดินในครั้งหนึ่งๆ ต้องไม่ตัดกัน และต้องไม่มีการใช้เส้นทางตัดกันซ้ำซ้อนไม่ว่าจะเป็นเส้นทางไปหรือกลับ ดังนั้นการจัดเส้นทางเดินที่ดีก็ต้องช่วยลดปัญหาการเดินทางดังกล่าว และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเดินทาง สำหรับการจัดเส้นทางเดินในระยะสั้นๆ หรือการเดินทางไม่กี่จังหวัด จะทำให้การเดินทางสามารถใช้วิธีการคำนวณได้ ถ้าหากเป็นปัญหาการเดินทางที่ต้องไปหลายๆ จังหวัด เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาจึงจำเป็นต้องมีการจัดเส้นทางเดิน แต่ถ้าจะใช้วิธีการคำนวณก็อาจจะเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก และใช้เวลานาน เนื่องจากขอบเขตของปัญหามีขนาดใหญ่และซับซ้อนขึ้น

การหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัญหาที่ยุ่งยากและซับซ้อนมีด้วยกันหลากหลายวิธี เช่น วิธีหาคำตอบโดยใช้หลักทางคณิตศาสตร์ (Conventional Optimization Algorithms : COAs) วิธีหาคำตอบโดยใช้หลักการของการประมาณค่า (Approximation Optimization Algorithms : AOs) วิธีการแบบคอนสตรัคทีฟ (Constructive Methods) วิธีการหาคำตอบที่มีรูปแบบไม่แน่นอน (Stochastic Search Algorithms) วิธีเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms) ซึ่งโครงการนี้สนใจที่จะนำเสนอการแก้ปัญหาการเดินทางด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม เนื่องจากวิธีนี้เป็นกระบวนการหาคำตอบที่เหมาะสมกับขอบเขตที่มีจำนวนข้อมูลมากๆ โดยกระบวนการค้นหาที่มีพื้นฐานมาจากกระบวนการเลือกสรรและพันธุกรรมทางธรรมชาติ ซึ่งจะเป็นการรวมโครงสร้างแบบสายที่แข็งแรงที่สุดที่สามารถอยู่รอดได้ด้วยการแลกเปลี่ยนข้อมูลโครงสร้างด้วยวิธีการสุ่ม เพื่อจะกำหนดวิธีการค้นหาด้วยสติปัญญาของมนุษย์ ในทุกๆ รุ่นจะมีการสร้างโครงสร้างแบบสายขึ้นมาใหม่ โดยใช้โครงสร้างแบบสายที่แข็งแรงที่สุดจากรุ่นเก่าและรุ่นใหม่ที่สร้างขึ้น เจเนติกอัลกอริทึมจะมีระบบการสุ่มโดยที่จะอาศัยข้อมูลที่มีอยู่แล้วเพื่อหาผลที่ดียิ่งขึ้น ในปัจจุบันเจเนติกอัลกอริทึมเป็นที่ได้รับความสนใจมาก เพราะความสามารถของเทคนิคการแก้ปัญหาที่ซับซ้อนรวมทั้งนำไปประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในด้านวิศวกรรมอุตสาหกรรม ได้แก่ การออกแบบความน่าเชื่อถือ (Scheduling and Sequencing) การวางแผนการเดินทาง และเทคโนโลยีแบบกลุ่มการวางแผนโรงงานอื่นๆ

โครงการนี้ได้มีการพัฒนาการจัดเส้นทางการเดินทางภายในประเทศไทย จากปฏิญญานิพนธ์ของนางสาวมาลิณี หลวงคลัง และนางสาวยุพาทิร อนิลบล เพื่อการจัดลำดับการเดินทางที่เหมาะสมด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม จากเดิมมีการพิจารณาการเดินทางระหว่างจังหวัดทั้งหมด 77 จังหวัด ซึ่งอ้างอิงจากระยะทางหลวงสายหลัก โดยโครงการนี้จะเพิ่มการศึกษาค่าพารามิเตอร์ เพื่อใช้ในการปรับปรุงคำตอบ เพิ่มการพิจารณาเส้นทางการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวในเขตภาคเหนือตอนล่าง 8 จังหวัดอ้างอิงระยะทางหลวงสายรองในเขตภาคเหนือตอนล่างภายในประเทศไทย และเพิ่มการจัดตารางการจัดเส้นทางการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวสำหรับคำตอบที่เหมาะสม กล่าวโดยสรุป คือโครงการนี้จะนำเสนอการใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึม ในรูปแบบของโปรแกรมช่วยจัดเส้นทางการเดินทางภายในประเทศไทย และการจัดเส้นทางการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวพร้อมทั้งจัดตารางการเดินทางเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการท่องเที่ยวทำให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นภาพรวมของลำดับการเดินทาง ระยะทางรวมของการเดินทาง และตารางการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวของจังหวัดในเขตภาคเหนือตอนล่าง จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่าย ระยะเวลาในการเดินทาง และอื่นๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมช่วยวางแผนการเดินทางด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม โดยสามารถพิจารณาทางหลวงสายหลัก และสถานที่ท่องเที่ยวในเขตภาคเหนือตอนล่าง

1.2.2 ศึกษาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อหาคำตอบกับโปรแกรมช่วยวางแผนการเดินทางด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

โปรแกรมช่วยในการวางแผนการเดินทางภายในประเทศไทย

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

โปรแกรมช่วยในการวางแผนการเดินทางที่เหมาะสม

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ

1.5.1 ศึกษาการจัดเส้นทางการเดินทางภายในประเทศไทย โดยศึกษาข้อมูลระยะทางหลวงหลักทั้งหมด 77 จังหวัด จากเว็บไซต์กรมทางหลวง www.doh.go.th

1.5.2 ศึกษาสถานที่ท่องเที่ยว อ้างอิงเฉพาะสถานที่ท่องเที่ยวที่เว็บไซต์การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยแนะนำ ในเขตจังหวัดภาคเหนือตอนล่าง

1.5.3 ระยะทางสถานที่ท่องเที่ยว อ้างอิงระยะทางหลวงสายรองสำหรับการเดินทางระหว่างอำเภอ

1.5.4 ศึกษาระยะเวลาทางหลวงสายรองเฉพาะจังหวัดในเขตภาคเหนือ 8 จังหวัด จากเว็บไซต์กรมทางหลวง www.doh.go.th

1.5.5 พิจารณาความเร็วในการขับขี่ยานพาหนะ 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

1.5.6 ผู้ใช้สามารถเลือกพิจารณาการวางแผนการเดินทางในช่วงเวลาเช้า คือ ตั้งแต่ 8.00 น. ถึง 18.00 น.

1.5.7 ในการวางแผนการเดินทางจะไม่มีการเดินทางในช่วงเวลา 18.00 น. ถึง 8.00 น.

1.5.8 ไม่พิจารณาสภาพการจราจร

1.5.9 โครงการนี้เป็นการศึกษาประยุกต์ใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms : GA) ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทาง

1.5.10 การใช้โปรแกรมภาษา Tcl/Tk (8.4) ในการออกแบบโปรแกรมการจัดเส้นทางเดินทางด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม

1.5.11 ผู้ใช้สามารถเลือกเส้นทางหลวงสายหลักทั้ง 77 จังหวัด ภายในประเทศไทยในการจัดเส้นทางเดินทางได้

1.5.12 ผู้ใช้สามารถเลือกสถานที่ท่องเที่ยวทั้ง 288 แห่ง ในเขตภาคเหนือตอนล่าง 8 จังหวัด ภายในประเทศไทยในการจัดเส้นทางเดินทาง และวางแผนการเดินทางได้

1.5.13 ในการจัดตารางการเดินทางจะพิจารณาเพียงคำตอบที่เหมาะสมเพียงคำตอบเดียวเท่านั้น

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ตั้งแต่ เดือนมิถุนายน 2555 ถึง เดือนมกราคม 2556

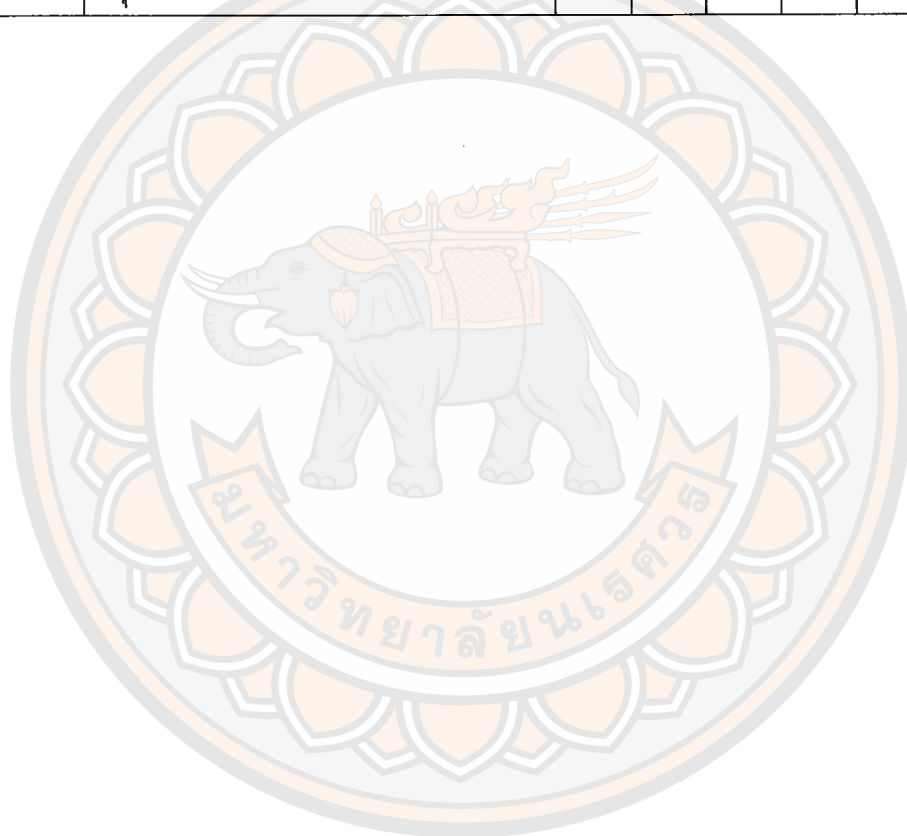
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ

	การดำเนินโครงการ	ช่วงเวลา							
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.8.1	ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางเดินทาง	←		→					
1.8.2	ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินทาง	←		→					
1.8.3	ศึกษาการวางแผนการเดินทาง	←		→					

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ

	การดำเนินโครงการ	ช่วงเวลา							
		มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.
1.8.4	ศึกษาทฤษฎีและหลักการของวิธีเจเนติกอัลกอริทึม		←		→				
1.8.5	ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมช่วยจัดเส้นทางการเดินทาง				←				→
1.8.6	ออกแบบการทดลอง						←		→
1.8.7	ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม							←	→
1.8.8	สรุปผลและนำเสนอผลโครงการวิจัย								↔



บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทาง (The Traveling Problem)

ปัญหาการจัดเส้นทางเป็นปัญหารูปแบบหนึ่งในการวิจัยการดำเนินงาน (Operation Research) โดยปัญหาการจัดเส้นทางพื้นฐานที่สำคัญ ได้แก่ ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง และปัญหาการจัดเก็บขยะมูลฝอย ซึ่งปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางมีรูปแบบเดียวกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่ได้รับความสนใจมากตั้งแต่ปี 1950 โดยปัญหาดังกล่าวมีลักษณะเป็นกราฟ ซึ่งมีระยะการเดินทางผ่านจุด i ไป j สามารถเขียนในรูป $d(i, j)$ มีกราฟที่ประกอบไปด้วยจุดต่อหรือจุดยอด และส่วนโค้งหรือเส้นเชื่อม มีรูปแบบการเดินทางที่ต้องผ่านจุดต่อหรือจุดยอดอย่างน้อยหนึ่งครั้ง และวนกลับมายังจุดเริ่มต้น โดยเรียกการเดินทางรูปแบบนี้ว่า วงล้อยฮามิลโทเนียน (Hamiltonian Cycle) และเส้นทางเดินที่ได้เรียกว่า ทัวรย์ย่อย แต่ในบางกรณีที่เดินทางผ่านทุกจุดต่อหรือจุดยอดอย่างน้อยหนึ่งครั้ง โดยไม่กลับมายังจุดเริ่มต้นเดิมอีก จะเรียกรูปแบบนี้ว่า เส้นทางฮามิลโทเนียน (Hamiltonian Path)

สำหรับการเดินทางโดยทั่วไปที่ต้องการระยะทางหรือค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด โดยมีรูปแบบการเดินทางเป็นแบบวงล้อยฮามิลโทเนียน (Hamiltonian Cycle) หรือเส้นทางฮามิลโทเนียน (Hamiltonian Path) จะมีลักษณะของกราฟเส้นทาง 2 แบบ คือ แบบสมมาตร (Symmetric Travelling Salesman Problem) และแบบอสมมาตร (Asymmetric Travelling Salesman Problem) โดยในแบบสมมาตรนั้นจะมีระยะทางและค่าใช้จ่ายในการไปกลับมีค่าเท่ากัน แสดงว่าระยะทางหรือค่าใช้จ่ายในการเดินทางระหว่าง 2 จุดต่อ ไม่ขึ้นกับทิศทางของการเดินทาง ส่วนในแบบอสมมาตรนั้นจะมีลักษณะระยะทางและค่าใช้จ่ายในการไปกลับมีค่าไม่เท่ากัน แสดงว่าเป็นการเดินทางแบบมีทิศทาง โดยในปัญหาหนึ่งๆ จะกำหนดให้จุดใดๆ มี 1 เส้นทางที่พุ่งเข้ามา และ 1 เส้นทางที่พุ่งออกไป จากการสำรวจทฤษฎีที่ได้มีผู้นำเทคนิคต่างๆ มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา เช่น งานวิจัยของ Bellmore and Nemhauser (1973) ซึ่งปัญหาดังกล่าวนี้ได้พัฒนาต่อโดยการแปลงปัญหาการเดินทางของพนักงานขายแบบทั่วไป เป็นแบบโครงสร้างที่มีประโยชน์ในด้านการตัดสินใจ และการจัดลำดับไปเป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางของพนักงานขายแบบธรรมดาที่มีระยะทางไปกลับไม่เท่ากัน และปัญหาการจัดเส้นทางเดินของพนักงานหลายคนที่มีลักษณะแตกต่างกัน โดยปัญหาเหล่านี้ก็มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางที่สั้นที่สุด และให้ได้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด

2.2 วิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทาง

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางจัดเป็นปัญหา NP – Problem (Non-Deterministic Polynomial Time Problems) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหานั้นมุ่งหา

วิธีการที่สามารถให้คำตอบได้ในเรื่องของระยะเวลา ค่าใช้จ่าย และหน่วยวัดอื่นๆ ออกมาเป็นคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงพบว่าม้งงานวิจัยจำนวนมากที่ต้องการศึกษา เพื่อพัฒนาวิธีการใหม่ๆ ที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทาง

วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด เป็นการสร้างรูปแบบปัญหาในรูปของโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) วิธีการนี้พบว่ามีความยุ่งยากซับซ้อน ไม่เหมาะสมกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากต้องใช้เวลาในการคำนวณเป็นเวลานาน และใช้หน่วยความจำมาก (Little, 1963)

วิธีการกำหนดการพลวัต (Dynamic Programming) ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด วิธีการนี้ต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก และหน่วยความจำสูง วิธีการนี้เหมาะกับการแก้ปัญหาที่มีขนาดเล็ก ซึ่งวิธีการนี้ใช้แก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่มีเมืองอย่างน้อย 10 เมือง ผลที่ได้พบว่าเวลาที่ใช้ในการหาคำตอบเป็นการแจกแจงแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลตามจำนวนเมืองที่เพิ่มขึ้น คือ ปัญหา 5 เมือง ใช้เวลา 10 นาที ปัญหา 10 เมือง ใช้เวลา 8 นาที ในการหาคำตอบ

วิธีการแตกกิ่งและการจำกัดขอบเขต (Branch and Bound Method) เป็นวิธีที่ใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด แต่เป็นวิธีที่ใช้เวลาและหน่วยความจำในการประมวลผลมาก ซึ่งในทางปฏิบัติจะนิยมใช้กับปัญหาขนาดเล็กเท่านั้น โดยได้มีการนำเสนออัลกอริทึมที่ได้ทำการแตกกิ่ง เพื่อกำจัดทัวร์ย่อย และใช้พื้นฐานการแก้ปัญหาลำดับของการมอบหมายงาน ซึ่งใช้วิธีการจำกัดขอบเขตโดยใช้เครื่องมือที่มีความแตกต่างกัน ที่สามารถแก้ปัญหาได้มากที่สุด คือ 10 เมือง และไม่ทราบระยะเวลาในการคำนวณ

วิธีการแก้ปัญหาการสุ่มอย่างมีเหตุผล (Heuristic Algorithm) เป็นวิธีที่มีลักษณะการทำงานแตกต่างกันมากมายหลายวิธี สามารถแบ่งออกได้ 3 ขั้นตอน คือ เริ่มจากการสร้างทัวร์ (Tour Construction Procedures) การปรับปรุงทัวร์ (Tour Improvement Procedures) และการผสมกัน (Composite Procedures) วิธีการแก้ปัญหานี้จะให้คำตอบใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ใช้เวลาในการแก้ปัญหาและหน่วยความจำน้อย

2.3 วิธีการแก้ปัญหาในการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Algorithms)

หากเส้นทางเดินที่สั้นที่สุดดีที่สุด (Best Tour) เปรียบได้กับจุดปลายทางหรือเป้าหมายหลัก (Goal) ของการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem : TSP) วิธีการแก้ปัญหาที่ควรถูกนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายนั้น ก็ควรจะอยู่ในตระกูลของวิธีการในการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Algorithms) เช่นกัน โดยสามารถจำแนกได้ 2 วิธี (Blazewicz, Domschke & Pesh, 1996a; Blazewicz et al, 1996b; Nagar, Haddock & Heragu, 1995) ซึ่งก็คือ วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ (Conventional Optimization Algorithms) และวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการประมาณ (Approximation Optimization Algorithms)

2.3.1 วิธีการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ (Conventional Optimization Algorithms : COAs)

วิธีการในกลุ่มนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาในสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 โดยมีจุดประสงค์ในการแก้ปัญหาด้านการทหารที่มีความซับซ้อน (Pongcharoen, 2001) ซึ่งหลังจากนั้นวิธีการเหล่านี้ได้กระจายออกไปเป็นวิธีในการแก้ปัญหาในสาขาอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็น ปัญหาการจัดตาราง (Scheduling Problems) ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem : TSP) หรือแม้แต่ปัญหาการจัดเส้นทางทางการเดินทางก็ตาม

2.3.2 วิธีการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักของการประมาณ (Approximation Optimization Algorithms : AOs)

เมื่อพิจารณาถึงลักษณะตามธรรมชาติของปัญหาในการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด โดยอาศัยการจัดเรียง (Sequencing Optimization Problems) แต่ละคำตอบอาจแตกต่างกัน เช่น งานในปัญหาการจัดเรียง หรือจังหวัดในปัญหาการเดินทาง เป็นต้น จะพบว่าเป็นเรื่องที่ยากมากหากจะนำคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดมาเปรียบเทียบ หลังจากนั้นเลือกคำตอบที่ดีที่สุดออกมา โดยเฉพาะปัญหาที่มีขนาดใหญ่มากยิ่งขึ้นแทบจะเป็นไปไม่ได้เลย ด้วยเหตุนี้จึงมีวิธีการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักของการประมาณเกิดขึ้น เพื่อจัดการกับปัญหาในลักษณะเช่นนี้โดยตรง (Pongcharoen, 2001)

Meta Heuristics เป็นสาขาหนึ่งของหลักการประมาณค่า ที่ประสบความสำเร็จเป็นอย่างมากในการจัดการกับปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง อย่างเช่น ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย โดยวิธีการในกลุ่ม Meta Heuristics นี้จะมีรูปแบบการวนซ้ำ (Iterative) มีลักษณะเด่นที่เหมือนกัน แต่จะแตกต่างกันที่กลไกซึ่งถูกนำมาใช้ในการค้นหา และสำรวจกลุ่มของคำตอบที่เป็นไปได้ให้มีประสิทธิภาพ เพื่อทำให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด (Near Optimization Solution) เช่น วิธีซิมูเลทเทดแอนนิลลิง (Simulated Annealing : SA), วิธีทาบูเสิร์จ (Taboo Search : TS), วิธีนิวรอลเน็ตเวิร์ค (Neural Network : NN) และวิธีเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm : GA)

2.4 วิธีการเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm)

พันธุศาสตร์ทางชีววิทยา เมนเดล (Mendel) บิดาแห่งพันธุศาสตร์ค้นพบว่า ยีน (Gene) หน่วยเก็บลักษณะทางพันธุกรรมเป็นตัวกำหนดลักษณะภายนอก ซึ่งยีนหลายๆ ยีนเรียงตัวกันอยู่บนเส้นโครโมโซมอีกทีหนึ่งในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และอยู่กันเป็นคู่ๆ (กาญจนา วงศ์วิภาพร, 2541) โดยที่ลักษณะต่างๆ ในแต่ละยีน เรียกว่าอัลลีล (Allele) ซึ่งแบบต่างๆ ของยีนที่มีอัลลีลต่างกันในแต่ละตำแหน่งของยีนเดียวกัน เรียกว่า จีโนไทป์ (Genotype) ส่วนลักษณะภายนอกที่ปรากฏออกมาให้เห็น เรียกว่า ฟีนไทป์ (Phenotype)

2.4.1 องค์ประกอบหลักที่สำคัญของเจเนติกอัลกอริทึม

วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมมีองค์ประกอบที่สำคัญ 5 ส่วน ประกอบด้วย

2.4.1.1 Chromosome Encoding หรือรูปแบบโครโมโซมที่ใช้ในการนำเสนอทางเลือกที่สามารถจะเป็นไปได้ของแต่ละปัญหา

2.4.1.2 Initial Population คือ ประชากรต้นกำเนิดที่จะนำไปในกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

2.4.1.3 Fitness Function เป็นฟังก์ชันสำหรับการประเมินค่าความเหมาะสม เพื่อให้คะแนนแต่ละทางเลือกของคำตอบ

2.4.1.4 Genetic Operator ใช้ในการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของข้อมูลตลอดกระบวนการ ได้แก่ Selection, Crossover และ Mutation

2.4.1.5 Parameter ที่สำคัญสำหรับ Genetic Algorithm เช่น ขนาดของประชากร ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุกรรม ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ และจำนวนรุ่น เป็นต้น (อ้างอิงจาก นายสิทธิศักดิ์ กันทะหล้า, (2551). รายงาน Genetic Algorithm, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต.)

2.4.2 รายละเอียดขององค์ประกอบหลักของเจเนติกอัลกอริทึม

2.4.2.1 Chromosome Encoding เป็นวิธีการที่ใช้ในการนำเสนอทางเลือกที่สามารถเป็นไปได้ของแต่ละปัญหา การเข้ารหัสโครโมโซม Chromosome Encoding ของแต่ละสมาชิกของประชากรจะแสดงถึงตัวแปรตัดสินใจทั้ง 9 ตัวแปร ซึ่งประกอบด้วยขอบเขตของขนาด แรงบิดของแอกชูเอเตอร์ที่เชื่อมต่อทั้งสามของแขนกล พิกัดของตำแหน่งเริ่มต้นและพิกัดของตำแหน่งสุดท้ายของ End – Effector ตามแกนทั้งสาม คือ แกน x แกน y และแกน z ซึ่งเมื่อนำเข้ามารวมกันจะกลายเป็นหนึ่งโครโมโซม ทำให้ได้แบบแผนของการเข้ารหัสโครโมโซมสามแบบที่แตกต่างกัน คือ โครโมโซมแบบเกรย์ (Gray Code) โครโมโซมแบบจำนวนเต็ม (Integer Code) และโครโมโซมแบบจำนวนจริง (Real Code) พิสัยของขนาดแรงบิดสำหรับเชื่อมต่อทั้งสามจะถูกแบ่งออกเป็น 31 จุดค้นหา (Search Point) โดยมีการค้นหา (Search Step) เป็น 0.50 นิ้วตัน/เมตร ในทำนองเดียวกันพิสัยของการค้นหา (Search Range) ตำแหน่งที่แสดงจุดเริ่มต้นและจุดสุดท้าย ที่แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ในปริภูมิคาร์ทีเซียน จะถูกแบ่งโดยมีขั้นค้นหาเป็น 0.001 เมตร จึงเป็นผลให้มี 31 จุดค้นหาของแต่ละพิกัดสำหรับแต่ละแกน ดังนั้นถ้าใช้รูปแบบโครโมโซมแบบเกรย์การเข้ารหัสต้องใช้ความยาว 5 บิตเพื่อแสดงตัวแปรตัดสินใจเพียงหนึ่งตัว ความยาวทั้งหมดของโครโมโซมแบบเกรย์ในปัญหานี้จึงมีค่าเป็น 45 บิต และจะสังเกตได้ว่าในกรณีที่ใช้เลขฐานสองจำนวน 5 บิต แทนตัวแปรตัดสินใจที่แบ่งออกเป็น 31 จุด แต่จะมีค่าที่เกินกว่าช่วงที่พิจารณาเกิดขึ้น จึงมีการส่งค่ากลับให้อยู่ในปริภูมิค้นหาที่เราสนใจ โดยการเปลี่ยนค่าตัวเลขบิตที่สำคัญของปัญหานี้ทั้งหมดไป ส่วนกรณีของการใช้โครโมโซมแบบจำนวนเต็มจะไม่มีปัญหาแบบนี้เกิดขึ้น เนื่องจากยีนหนึ่งตัวสามารถนำมาแสดงถึงตัวแปรตัดสินใจได้ โดยยีน

แต่ละตัวจะมีค่าอัลลิลอยู่ในกลุ่มของจำนวนเต็ม 31 ค่า ตั้งแต่ 0 ถึง 30 จึงเป็นผลให้โครโมโซมแบบนี้ มีความยาวเท่ากับจำนวนตัวแปรตัดสินใจ ซึ่งในที่นี้มีค่าเท่ากับ 9 นั่นเอง พิจารณาการใช้โครโมโซมที่มีรูปแบบเป็นเลขจำนวนจริง ลักษณะพิเศษของโครโมโซมรูปแบบนี้ คือ ยีนแต่ละตัวจะมีค่าอัลลิลเป็นตัวเลขจำนวนจริงที่แสดงถึงค่าของตัวแปรตัดสินใจ ความยาวของโครโมโซมจะเท่ากับกรณีที่ใช้โครโมโซมแบบจำนวนเต็ม คือ มีค่าเท่ากับจำนวนตัวแปรตัดสินใจ เช่นกัน

การกำหนดความแข็งแรงและการแบ่งส่วนความแข็งแรง Fitness Assignment and Fitness Sharing แล้วใช้การประมาณค่าแบบเชิงเส้น ในการกำหนดค่าความแข็งแรงของสมาชิกในประชากรแต่ละตัว สำหรับการแบ่งส่วนความแข็งแรงจะใช้ฟังก์ชันการแบ่งส่วนแบบสามเหลี่ยม Triangular Sharing Function และระเบียบวิธีการคัดเลือก Selection Method

รูปแบบโครโมโซมที่ได้จากปัญหาในการถอดรหัสนั้นจะขึ้นอยู่กับปัญหา และในปัจจุบันปัญหามีมากมาย จึงทำให้รูปแบบของโครโมโซมมีความแตกต่างกันออกไปตามปัญหานั้นๆ ดังนี้

ก. Binary ทุกตำแหน่งของยีนบนโครโมโซมจะมีค่าเป็นบิต 0 หรือ 1 เช่น โครโมโซม A : 00110010001110 ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่าง Binary

Chromosome A	101100101100101011100101
Chromosome B	111111100000110000011111

ข. Value Encoding หรือ Direct ทุกตำแหน่งของยีนบนโครโมโซมจะมีค่าบางค่า ที่สามารถเชื่อมโยงไปยังปัญหาได้ เช่น ตัวอักษร จำนวนจริง คำสั่ง หรืออื่นๆ รูปแบบโครโมโซมแบบนี้สามารถใช้ได้กับปัญหาที่ค่อนข้างซับซ้อนได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่าง Value Encoding

Chromosome A	1.2324 5.3243 0.4556 2.3293 2.4545
Chromosome B	ABDJEIFJDHDIERJFDLDFLFEGTYTGABA

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่าง Value Encoding (ต่อ)

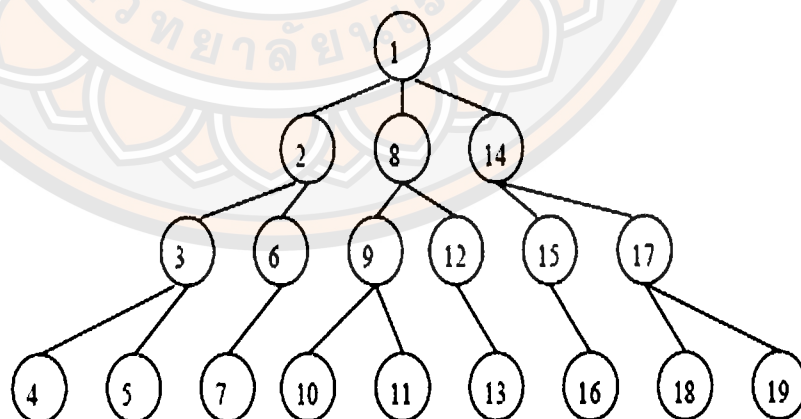
Chromosome C	(back), (back), (right), (forward), (left)
--------------	--

ค. Permutation Encoding เป็นการกระทำลำดับแรกก่อนที่จะเข้ากระบวนการของ Genetic Algorithm ประชากรที่เกิดจากการสุ่ม Random เพื่อนำประชากรเข้าไปในกระบวนการในการสุ่มจะต้องสุ่มให้ได้จำนวนเท่ากับขนาดของรุ่นที่ได้กำหนดไว้โดยที่ยังไม่มีการสนใจค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม B : 9 5 2 1 4 6 7 8 3 ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่าง Permutation Encoding

Chromosome A	1 5 3 2 6 4 7 9 8
Chromosome B	8 5 6 7 2 3 1 4 9

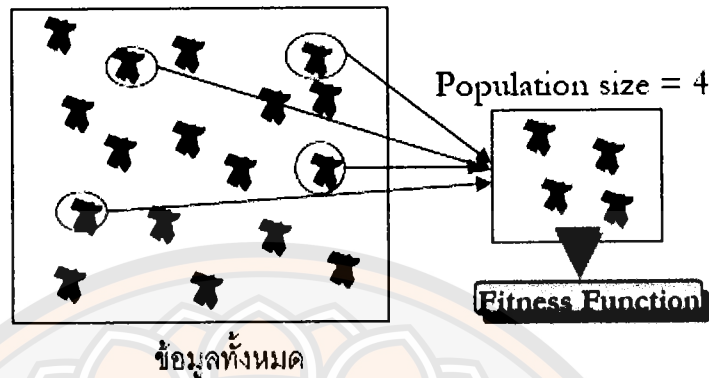
ง. Tree Encoding ทุกตำแหน่งของยีนจะเป็น Node ของแผนผังต้นไม้ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงแผนผัง Tree Encoding

2.4.2.2 Initial Population คือ ลักษณะที่เป็นต้นแบบหรือต้นกำเนิดที่จะนำเข้าไปในกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม โดยการสุ่มเลือกประชากรต้นแบบขึ้นมาเพื่อใช้เป็นจุดเริ่มต้นของขั้นตอนการวิวัฒนาการ ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนแรกที่เกิดขึ้นก่อนที่จะเริ่มเข้า

กระบวนการของเจเนติกอัลกอริทึม โดยประชากรกลุ่มแรกหรือประชากรต้นกำเนิด จะเกิดจากการสุ่มเลือกขึ้นมาจากกลุ่มของประชากรทั้งหมดที่มีอยู่ โดยในการสุ่มเลือกจะทำการสุ่มตามจำนวนของประชากรที่ได้กำหนดไว้เป็น Parameter ของ Algorithm



รูปที่ 2.2 แสดงการสุ่มหาประชากรเริ่มต้นจำนวน 4 โครโมโซม

2.4.2.3 Fitness Function คือ เป็นวิธีการสำหรับประเมินค่าความเหมาะสม เพื่อให้คะแนนแต่ละทางเลือกของคำตอบต่างๆ อย่างเหมาะสม โครโมโซมทุกตัวจะมีค่าความเหมาะสมของตัวเองเพื่อใช้สำหรับพิจารณาว่า โครโมโซมตัวนั้นเหมาะสมหรือไม่ ที่จะนำมาใช้ในการสืบทอดพันธุกรรมสำหรับสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่ โดยวิธีการสำหรับคิดค่าความเหมาะสมนั้น จะใช้สมการที่สอดคล้องกับแต่ละปัญหา เช่น กำหนดให้ค่าความเหมาะสมเท่ากับจำนวนของบิต 1 ทั้งหมดในโครโมโซม A : 100011100 ดังนั้นโครโมโซม A มีค่าความเหมาะสมเท่ากับ 4

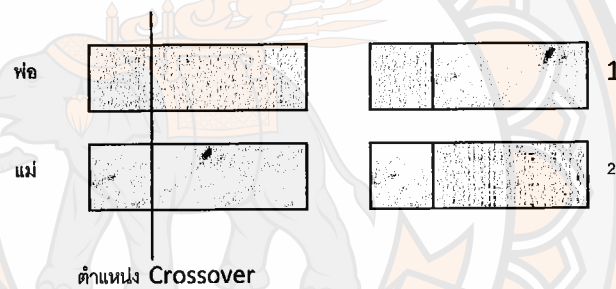
Fitness Function การวัดค่าความเหมาะสม หรือ ฟังก์ชันวัดค่าความเหมาะสม คือ ฟังก์ชันที่ใช้ในการประมาณว่าเส้นทางแต่ละเส้นทางเลือก นั้นมีความเหมาะสมหรือไม่ โครโมโซมทุกตัวจะต้องมีค่าซึ่งบ่งบอกถึงความเหมาะสมที่จะพิจารณาว่าสมควรนำไปสืบสายพันธุ์ต่อหรือไม่สมควร ดังนั้นจึงต้องมีการให้ค่าความเหมาะสมกับแต่ละโครโมโซม เพื่อนำค่าความเหมาะสมไปพิจารณาโดยใช้สมการหาค่าความเหมาะสมที่สอดคล้องกับปัญหา สรุปได้ว่า ค่าความเหมาะสม คือตัวที่ใช้ประเมินว่าแต่ละเส้นทางเลือกนั้นมีความเหมาะสม หรือสามารถใช้แก้ปัญหาได้ดีเพียงใด ตัวอย่างของฟังก์ชันหาค่าความเหมาะสม เช่น ค่าความเหมาะสม = จำนวนของบิต 1 ทั้งหมดในโครโมโซม Fitness Function มี 2 รูปแบบคือ Binary Term Vectors และ Weighted Term Vectors

2.4.2.4 Genetic Operator ซึ่งเป็นวิธีการปรับเปลี่ยนองค์ประกอบของข้อมูลทุกขั้นตอน ได้แก่ Selection, Crossover และ Mutation

ก. Selection เพื่อให้เกิดการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตนั้น โดยคัดเลือกมาเป็นโครโมโซมพ่อและโครโมโซมแม่ในการสืบสายพันธุ์ ทำให้เกิดปัญหาว่าจะอย่างไรให้เกิดการคัดเลือกโครโมโซมที่น่าพอใจ เพื่อที่จะเกิดการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตตามทฤษฎีของ Charles Darwin ทำให้เกิดรูปแบบมากมายในการเลือกโครโมโซมที่น่าพอใจที่สุด เพื่อนำไปสืบสายพันธุ์ทำให้เกิดรูปแบบการ

คัดเลือกมากมายทำให้เกิดผลลัพธ์น่าพอใจที่สุด เช่น การคัดเลือกแบบ Roulette Wheel การคัดเลือกแบบ Ranking การคัดเลือกแบบ Tournament การคัดเลือกแบบ Elitist การคัดเลือกแบบ Steady – State และอื่นๆ มากมายหลายวิธี เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการคัดเลือกโครโมโซมที่ดี

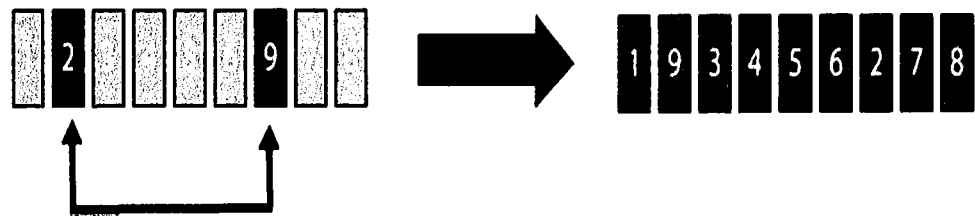
ข. การสลับสายพันธุ์ เป็นกระบวนการที่สำคัญของเจเนติกอัลกอริทึม เมื่อเกิดการสลับสายพันธุ์ขึ้นในทางพันธุศาสตร์ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสิ่งมีชีวิตที่หลากหลาย ซึ่งการสลับสายพันธุ์จะต้องอาศัยวิวัฒนาการเป็นเวลานาน จึงสามารถเลือกเอาคำตอบที่เหมาะสมกับความต้องการได้มากที่สุดและขั้นตอนในการสลับสายพันธุ์ คือ นำ 2 โครโมโซมของพ่อและแม่ มาผสมกันเพื่อให้ได้โครโมโซมใหม่ขึ้นมา จากนั้นใช้วิธีการที่ง่ายที่สุด คือ สุ่มตำแหน่ง Crossover และทำการคัดลอกทุกอย่างที่อยู่หน้าตำแหน่ง Crossover ของพ่อ และคัดลอกทุกอย่างหลังตำแหน่ง Crossover ของแม่รวมกันจะได้ลูกตัวที่ 1 ออกมา จากนั้นทำการคัดลอกทุกอย่างที่อยู่หน้าตำแหน่ง Crossover ของแม่ และคัดลอกหลังตำแหน่ง Crossover ของพ่อรวมกันจะได้ลูกตัวที่ 2 ออกมา ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงการ Crossover

เราสามารถเลือกตำแหน่งอื่นๆ ในการ Crossover ได้ขึ้นอยู่กับ การเข้ารหัส Chromosome ลักษณะของการ Crossover จะสร้างตามลักษณะของปัญหาซึ่งสามารถปรับปรุงได้ตามประสิทธิภาพของ Genetic Algorithm ได้

ค. Mutation เกิดขึ้นหลังจากการ Crossover เสร็จสิ้นจะทำการสุ่มประชากรเปลี่ยนแปลงผลที่ได้จากการ Crossover หมายความว่า รุ่นลูกที่เกิดการผสมจากรุ่นพ่อแม่แล้วจึงนำรุ่นลูกมาดำเนินการ Mutation ต่อไป ซึ่งการ Mutation ทางพันธุศาสตร์จะทำให้ได้ลักษณะใหม่ๆ เกิดขึ้น ขั้นตอนในการ Mutation เมื่อได้ตำแหน่ง Mutation แล้วเปลี่ยนแปลงค่า ณ ตำแหน่งที่สุ่มนั้น ในตัวอย่างต่อไปนี้จะดำเนินการ Mutation กับรูปแบบโครโมโซมแบบ Binary เราจะสุ่มเลือกบิตเพียงเล็กน้อย จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าจาก 1 เป็น 0 หรือจาก 0 เป็น 1 ภายใต้เงื่อนไขของการ Mutation โครโมโซมรูปแบบ Permutation Encoding ดังแสดงในรูปที่ 2.4



Offspring 1 : 1101111000011110
 Offspring 2 : 1101100100110110
 Mutated Offspring 1 : 1100111000011110
 Mutated Offspring 2 : 1101101100110110

รูปที่ 2.4 แสดงการ Mutation กับโครโมโซมรูปแบบ Permutation Encoding

2.4.2.5 Parameter เป็นวิธีการที่ใช้ในการสร้างจำนวนโครโมโซมรุ่นถัดไป ถ้ากำหนดให้จำนวนโครโมโซมในแต่ละรุ่นมากจะทำให้เงินเนติกอัลกอริทึม ประมวลผลได้ช้าลง เช่น ขนาดของประชากร (Population Size) ความน่าจะเป็นของ Crossover หรือ Probability Crossover ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 60 ถึงร้อยละ 95 ความน่าจะเป็นของ Mutation หรือ Probability Mutation ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 0 ถึงร้อยละ 1 และจำนวนโครโมโซมที่ใช้ในการสร้างรุ่นถัดไป ถ้ากำหนดให้จำนวนโครโมโซมในแต่ละรุ่นมากจะทำให้ Genetic Algorithm ประมวลผลได้ช้าลง

2.4.3 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมหรือเงินเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms)

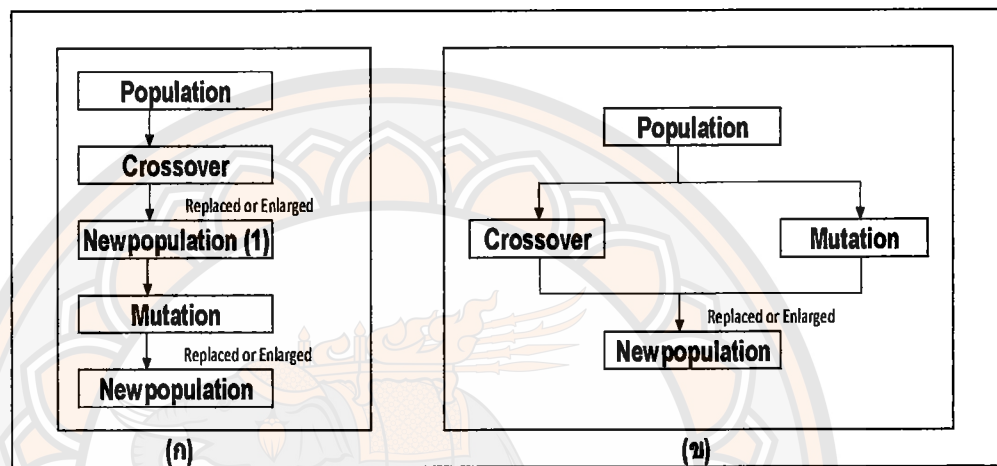
เป็นวิธีการค้นหาคำตอบโดยมีพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Natural Genetic Selection) ซึ่งคิดค้นโดย John Holland เมื่อปี ค.ศ. 1975 โดยนำมาจากแนวคิดที่ว่าสิ่งมีชีวิตทั้งหลายมีทั้งส่วนดีและส่วนที่ไม่ดี ซึ่งลักษณะที่ดีก็ย่อมมีโอกาสอยู่รอดได้มากกว่า และจะได้นับการสนับสนุนให้มีการถ่ายทอดพันธุกรรมไปยังรุ่นลูกหลานได้มากกว่าเช่นกัน

2.4.3.1 ขั้นตอนที่ 1 การสร้างโครโมโซม (Encoding Chromosome)

เริ่มต้นด้วยการสุ่มคำตอบมาจำนวนหนึ่งแล้วแปลง (Encoding) ค่าคำตอบเหล่านั้นให้เป็น “โครโมโซม (Chromosome)” และเรียกกลุ่มโครโมโซมเหล่านี้ว่า “ประชากร (Population)” ส่วนวิธีการ Encode นั้นเป็นการนำโครโมโซมแต่ละตัวที่ประกอบไปด้วยยีนจำนวนหนึ่งมาเรียงต่อกัน ซึ่งสามารถแทนยีนเหล่านี้ได้ 2 รูปแบบ แบบที่หนึ่ง คือ แบบตัวเลขมี 2 ลักษณะ คือ Binary และ Real รูปแบบของโครโมโซมที่เป็น Binary Bit String จะแทนแต่ละยีนด้วย 0 และ 1 ส่วนรูปแบบโครโมโซมที่เป็น Real String จะแทนแต่ละยีนด้วยเลขจำนวนจริง และแบบที่สอง คือ แบบตัวอักษรผสมตัวเลข (Alphanumeric)

2.4.3.2 ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic Operation)

เป็นการนำโครโมโซมทั้งหมดจากขั้นตอนที่ 1 มาเข้าสู่กระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic Operation) ซึ่งมี 2 ขั้นตอน คือ การสลับสายพันธุ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) โดยการสลับสายพันธุ และการกลายพันธุ์ จะแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบอนุกรม (Series) เป็นการทำการสลับสายพันธุก่อนแล้วจึงไปทำการกลายพันธุ์ และแบบขนาน เป็นการทำการสลับสายพันธุไปพร้อมๆ กับการทำการกลายพันธุ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.5

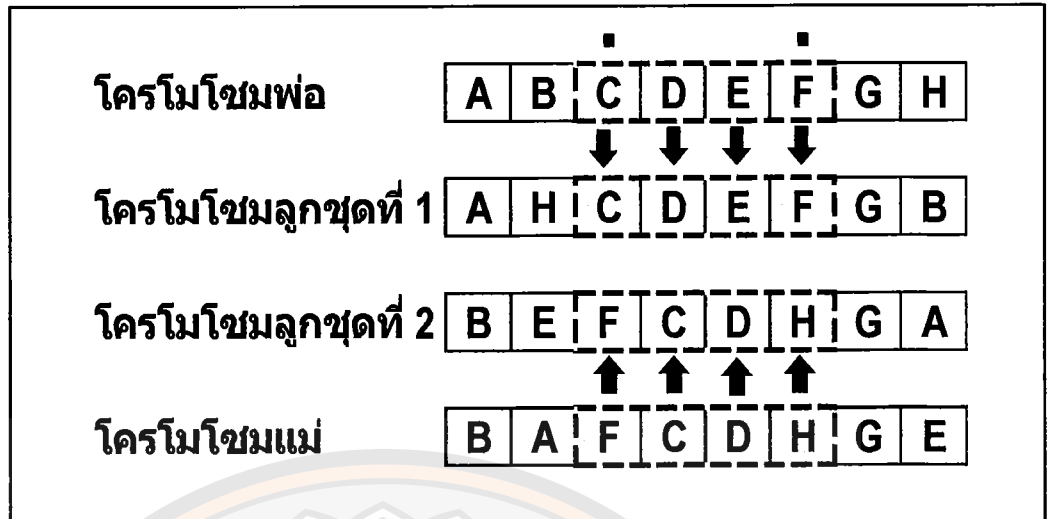


รูปที่ 2.5 (ก) แสดงลำดับการทำกระบวนการ GA แบบอนุกรม

(ข) แสดงลำดับการทำกระบวนการ GA แบบขนาน

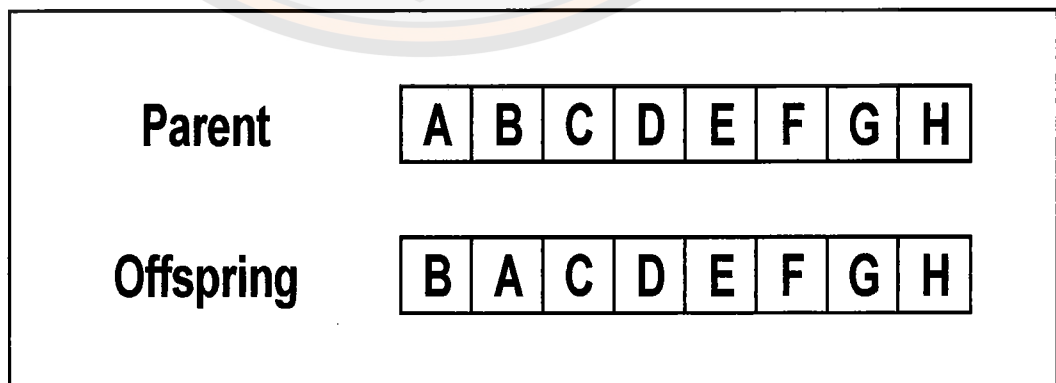
ที่มา : Pongcharoen, 2002

ก. การสลับสายพันธุ (Crossover) เป็นการสุ่มเลือกโครโมโซมพ่อ และโครโมโซมแม่ขึ้นมา 2 โครโมโซม แล้วทำการสลับยีนหรือกลุ่มยีนระหว่างโครโมโซมพ่อ และโครโมโซมแม่ ทำให้เกิดโครโมโซมลูก (Offspring) สองโครโมโซม โดยตัวแปรที่เป็นตัวกำหนดจำนวนโครโมโซมที่ต้องผ่านการสลับสายพันธุ คือ ความน่าจะเป็นของโครโมโซมลูกที่เกิดจากการสลับสายพันธุ (Probabilities of Crossover : P_c) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของประชากร วิธีการสลับสายพันธุ (Crossover) มีหลายวิธี ซึ่งในโครงงานนี้ทำการศึกษาวิธีการ Crossover ทั้งหมด 3 วิธี แต่เลือกใช้แค่หนึ่งวิธีเท่านั้น โดยอ้างอิงจากการศึกษาของ M. Ficko, M. Brezocnik and J. Balic, (2004) คือ วิธี Order Crossover (OX) เป็นการสุ่มเลือกโครโมโซมพ่อแล้วทำการสุ่มเลือกจุดในการตัดสลับ 2 จุดจากโครโมโซมพ่อ จากนั้นจะสับทอหน่วยพันธุกรรมเหล่านั้นไปยังโครโมโซมลูกชุดที่ 1 และโครโมโซมในส่วนที่เหลือของโครโมโซมชุดที่ 1 จะสับทอมาจากโครโมโซมแม่ โดยจะเริ่มต้นหลังจุดตัดสลับจุดที่ 2 และละเว้นค่าที่สับทอมาจากโครโมโซมพ่อแล้ว จากนั้นจะดำเนินการในรูปแบบเดียวกันเพื่อสร้างโครโมโซมลูกชุดที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 2.6 ซึ่งในโครงงานนี้ได้เลือกวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover มาใช้ในการแก้ปัญหา



รูปที่ 2.6 แสดงการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover

ข. การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นการทดแทนยีนที่สูญหายไปจากประชากรในระหว่างกระบวนการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และเป็นการค้นพบยีนใหม่ที่เคยปรากฏในประชากรเริ่มต้นมาก่อน โดยจะทำการสุ่มเลือกโครโมโซมต้นแบบมาคราวละ 1 โครโมโซม แล้วทำการสลับหรือเปลี่ยนแปลงยีน “ภายใน” ตัวโครโมโซมนั้น ซึ่งผลที่ได้จะเป็นโครโมโซมลูก 1 โครโมโซม โดยตัวแปรที่เป็นตัวกำหนดจำนวนโครโมโซมที่ต้องผ่านการกลายพันธุ์ คือ ความน่าจะเป็นของโครโมโซมลูกที่เกิดจากการกลายพันธุ์ (Probabilities of Mutation : P_M) ซึ่งจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดของประชากร วิธีการกลายพันธุ์มีหลายวิธี ซึ่งในโครงงานครั้งนี้จะอ้างอิงข้อมูลจาก Pongcharoen, 2002 คือ การกลายพันธุ์แบบ Two Operation Adjacent Swap Mutation (2OAS) เป็นการสุ่มเลือกโครโมโซมจาก Pop Size โดยนำโครโมโซมที่สุ่มเลือกได้นั้นมาทำการสุ่มเลือกยีนใดยีนหนึ่งเพื่อเป็นยีนตั้งต้น จากนั้นทำการเลือกยีนที่อยู่ติดกันแล้วทำการสลับตำแหน่งของยีนทั้งสองนั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงการกลายพันธุ์แบบ Two Operation Adjacent Swap Mutation (2OAS)

เมื่อทำการสลับสายพันธุ์หรือการกลายพันธุ์เสร็จแล้ว จะเกิดโครโมโซมใหม่ที่เรียกว่า “โครโมโซมลูก (Offspring)” ซึ่งในการนำโครโมโซมลูกไปเก็บในกลุ่มของโครโมโซมหรือประชากรนั้นจะมี 2 แบบ คือ เก็บตามขนาดที่กำหนด (Regular) หรือแบบแทนที่ (Replace) เป็นการนำโครโมโซมลูกที่ได้มาจากการสลับสายพันธุ์ไปแทนที่ (Replace) ตำแหน่งของโครโมโซมพ่อแม่ที่ถูกสุ่มเลือกขึ้นมาสลับสายพันธุ์ หรือกลายพันธุ์นั้น ซึ่งจะเรียกกระบวนการนี้ว่า การให้กำเนิดแบบแทนที่ (Generational Replacement) ดังนั้นขนาดของประชากรรุ่นใหม่จะมีขนาดเท่ากับประชากรเดิม และเก็บแบบขยาย (Enlarge) โครโมโซมลูกที่ได้มาจากการสลับสายพันธุ์หรือการกลายพันธุ์ จะไม่ถูกนำไปแทนที่ตำแหน่งของโครโมโซมพ่อแม่ ดังนั้นขนาดของประชากรรุ่นใหม่จะมีขนาดเท่ากับขนาดของประชากรเดิมบวกด้วยขนาดลูกที่เกิดขึ้นในแต่ละรุ่น ด้วยการจัดเก็บแบบขยายตัวนี้จะทำให้โครโมโซมพ่อแม่ และโครโมโซมลูกมีโอกาสเท่ากันในการที่จะผ่านไปถึงกระบวนการคัดสรรเพื่อเป็นประชากรในรุ่นถัดไป

2.4.3.3 ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณค่าความเหมาะสม (Fitness Computation)

โครโมโซมทั้งหมดที่ผ่านกระบวนการทางพันธุกรรมมาแล้วจะถูกประเมินค่าความเหมาะสมที่จะกลายเป็นโอกาสในการอยู่รอดของแต่ละโครโมโซม โดยกระบวนการคำนวณค่าความเหมาะสมจะอ้างอิงจากการศึกษาของ Gen and Cheng, (1997) ซึ่งจะมี 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นตอนของการถอดรหัสโครงสร้างโครโมโซมให้กลายเป็นโครงสร้างคำตอบ (Decoding Chromosome) การถอดรหัสของโครโมโซมในแต่ละปัญหาจะมีวิธีการถอดรหัสที่แตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับฟังก์ชันเป้าหมาย (Objective Function) ที่กำหนดขึ้น

ขั้นที่ 2 นำแต่ละโครโมโซมไปคำนวณในฟังก์ชันเป้าหมาย $f(x)$ เพื่อประเมินค่าคำตอบ

ขั้นที่ 3 เปลี่ยนผลลัพธ์ของสมการเป้าหมาย เป็นค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ซึ่งขึ้นอยู่กับเป้าหมายของปัญหาว่าต้องการหาค่าคำตอบที่มากที่สุด (Maximize Problem) หรือต้องการหาค่าคำตอบที่น้อยที่สุด (Minimize Problem) ซึ่งมีวิธีการดังนี้

สำหรับปัญหาที่ต้องการหาค่ามากที่สุด (Maximize Problem) ค่าความเหมาะสมจะเท่ากับ ค่าผลลัพธ์ของสมการเป้าหมาย สามารถเขียนสมการได้ดังนี้

$$\text{eval}(V_k) = f(f_k), k = 1, 2, \dots, \text{pop_size} \quad (2.1)$$

เมื่อ $\text{eval}(V_k)$ คือ ค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ของแต่ละโครโมโซม

$f(f_k)$ คือ ฟังก์ชันเป้าหมาย

pop_size คือ ขนาดของประชากร หรือจำนวนโครโมโซม

ส่วนปัญหาที่ต้องการหาค่าน้อยที่สุด (Minimize Problem) ในกรณีนี้จำเป็นต้องมีการปรับค่าจากค่าคำตอบที่น้อยซึ่งเป็นคำตอบที่ดี ให้มีค่าความเหมาะสมมาก และค่าคำตอบมากซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ดี ให้มีค่าความเหมาะสมน้อย ซึ่งในที่นี้จะใช้วิธีการกลับค่าโดยนำแนวคิดมาจาก วัฒนพล ชัยเนตร (2548) ที่นำค่าคำตอบที่แย่ที่สุด (Worst Solution : x_w) มาพิจารณาโดยนำ x_w มาเป็นตัวตั้งแล้วลบด้วยค่าคำตอบของโครโมโซมแต่ละโครโมโซม จากนั้นนำมาเพิ่มพจน์ "+1" เข้ามาในสมการเพื่อให้ได้โครโมโซมที่แย่ที่สุดมีโอกาสในการเข้าสู่กระบวนการคัดสรร เพราะในกรณีที่โครโมโซมตัวที่แย่ที่สุดถูกลบด้วยตัวของมันเองแล้วจะทำให้โอกาสในการอยู่รอดเท่ากับศูนย์ สามารถเขียนได้ดังสมการ 2.2

$$\text{eval}(V_k) = (x_w - x_k) + 1 \quad (2.2)$$

เมื่อ x_w คือ โครโมโซมที่มีค่าคำตอบแย่ที่สุด

x_k คือ ค่าคำตอบของโครโมโซมที่ k โดย $k = 1, 2, \dots, \text{pop_size}$

2.4.3.4 ขั้นตอนที่ 4 การคัดสรร (Selection)

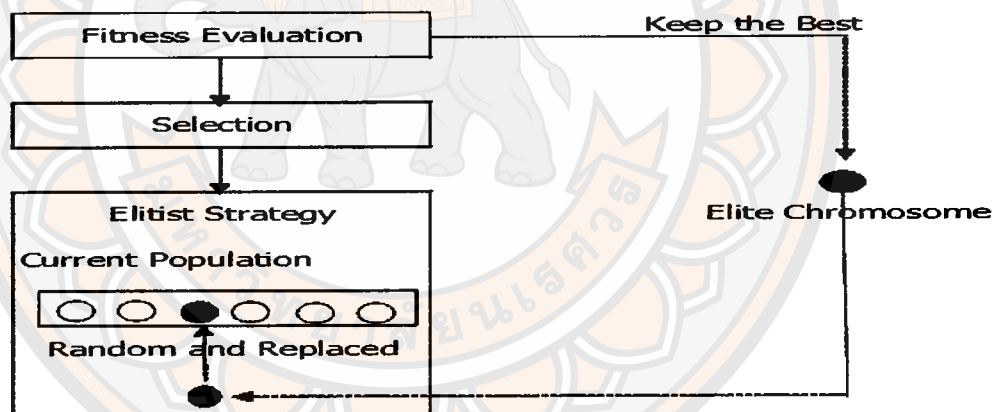
ในโครงงานนี้จะเลือกใช้วิธีการคัดสรรแบบ Stochastic Sampling คือ วิธีการคัดสรรที่มีรูปแบบไม่แน่นอน รูปแบบการคัดสรรประเภทนี้ได้แก่ "รูปแบบการคัดสรรด้วยวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel Selection)" และวิธีการคัดสรรแบบ (Deterministic Sampling) คือ วิธีการคัดสรรที่มีรูปแบบแน่นอน รูปแบบการคัดสรรประเภทนี้ได้แก่ Elitist Selection

ก. รูปแบบการคัดสรรด้วยวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel Selection) รูปแบบการคัดสรรด้วยวงล้อเสี่ยงทายมีวิธีการ คือ โครโมโซมทุกตัวจะถูกจัดสรรลงบนวงล้อเสี่ยงทาย โดย 1 โครโมโซมจะแทน 1 ช่อง ซึ่งจะมีจำนวนช่องบนวงล้อเท่ากับจำนวนโครโมโซมทั้งหมด และความกว้างของแต่ละช่องก็จะถูกกำหนดโดยความน่าจะเป็นในการถูกเลือกสำหรับแต่ละโครโมโซมตามสัดส่วนค่าความเหมาะสมของโครโมโซมนั้นหากการปั่น (Spin) ของวงล้อเสี่ยงทายตกที่ช่องใดโครโมโซมที่ช่องนั้นอ้างถึงก็จะถูกเลือกให้อยู่รอดในรุ่น (Generation) ถัดไป สำหรับโครโมโซม k แทนค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ของโครโมโซม k ด้วย f_k และแทนความน่าจะเป็นในการถูกเลือก (Selection Probability) ของโครโมโซม k ด้วย p_k (Gen & Cheng, 1997) สามารถหาความน่าจะเป็นในการถูกเลือก และเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$p_k = \frac{f_k}{\sum_{j=1}^{\text{Pop_size}} f_j} \quad (2.3)$$

การทำงานของวงล้อเสี่ยงทายเพื่อคัดสรรโครโมโซมที่จะผ่านไปในรุ่นถัดไปนั้น จะเกิดขึ้นจากการหมุนวงล้อเสี่ยงทายเท่ากับจำนวนของโครโมโซมหรือค่า Pop Size โดยที่แต่ละครั้งของการหมุนนั้น หากมาร์คเกอร์ (Marker : ▼) ชี้ไปที่ช่องของโครโมโซมใดโครโมโซมนั้นจะ得以ผ่านไปยังรุ่นถัดไป แล้วจึงหมุนในครั้งต่อไปจนได้ครบทุกโครโมโซม

ข. รูปแบบการคัดสรรด้วย Elitist Selection คือ การรักษาเผ่าพันธุ์ชั้นดีในแต่ละรอบ ในการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม จะมีโครโมโซมตัวที่ดีที่สุดที่จะได้รับโอกาสในการอยู่รอด แต่ก็อาจเกิดกรณีตัวที่ดีที่สุดนั้นไม่สามารถผ่านไปในรุ่นถัดไปได้ ทำให้วิวัฒนาการของโครโมโซมเกิดการไม่ต่อเนื่อง ด้วยเหตุนี้ Murata (1996) จึงได้เสนอกลยุทธ์ในการปกป้องโครโมโซมตัวที่ดีที่สุด (Elite Chromosome) ให้สามารถอยู่รอดต่อไปได้ เรียกว่า กลยุทธ์การรักษาเผ่าพันธุ์ชั้นดี (Elitist Strategy) โดยที่หลังจากโครโมโซมทั้งหมดผ่านขั้นตอนของการประเมินค่าความเหมาะสมแล้ว กลยุทธ์การรักษาเผ่าพันธุ์ชั้นดี จะเลือกเก็บโครโมโซมตัวที่ดีที่สุดเอาไว้ เพื่อนำไปแทนในโครโมโซมรุ่นถัดไป โดยกลยุทธ์การรักษาเผ่าพันธุ์ชั้นดีของ Murata, (1996) นั้นจะสุ่มเลือกโครโมโซมจากประชากรในรุ่นปัจจุบัน (Current Population) ขึ้นมา 1 ตัว แล้วจึงแทนโครโมโซมดังกล่าวนี้ด้วยโครโมโซมที่ดีที่สุดที่ได้จากการเก็บเอาไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

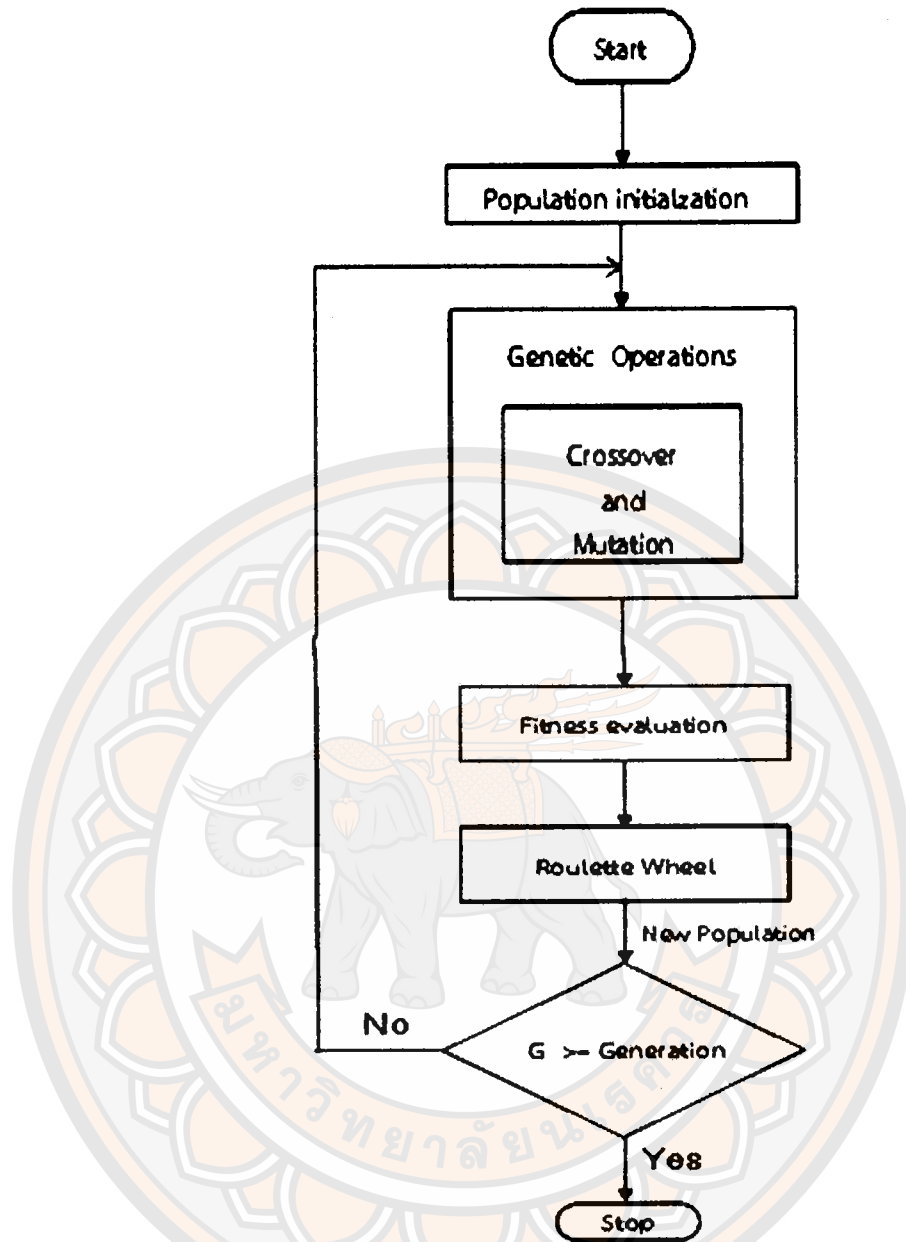


รูปที่ 2.8 แสดงกลไกการทำงานของ Elitist Strategy

ที่มา : Murata, 1996

2.4.3.5 ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบเงื่อนไขหยุดการทำงาน (Termination)

GA จะหยุดการทำงานเมื่อ GA มีการทำงานครบตามจำนวนรุ่น (Number of Generation) ที่กำหนดเอาไว้ ถ้าหากการทำงานยังไม่ครบตามจำนวนรุ่นที่กำหนด ก็จะวนกลับไปทำในกระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic Operations) ซ้ำอีกรอบจนกว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการเจเนติกอัลกอริทึมสามารถสรุปได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 แสดงโครงสร้างการทำงานของเจเนติกอัลกอริทึม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Pongcharoen, 2004

2.4.4 ข้อดีของเจเนติกอัลกอริทึม

เมื่อทำการประยุกต์เจเนติกอัลกอริทึมแล้วจะมีข้อดีอยู่ 3 ประการ ดังนี้

2.4.4.1 เจเนติกเป็นอัลกอริทึมไม่มีข้อจำกัดทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา (Optimization) มากขึ้นเนื่องจากการใช้วิวัฒนาการทางธรรมชาติเจเนติกอัลกอริทึมสามารถแก้ปัญหาวัตถุประสงค์ข้อจำกัดต่อเนื่องหรือไม่ต่อเนื่องหรือพื้นที่ค้นหาแบบผสม

2.4.4.2 วิวัฒนาการของตัวการทำให้เงินเนติกอัลกอริทึมสามารถค้นหาพื้นที่การค้นหาทั้งหมดได้ซึ่งจะไม่เหมือนแบบการค้นหาทั่วไปที่เป็นการค้นหาแบบจุดต่อจุด อาศัยกระบวนการเบนเข้าหากันแบบขั้น

2.4.4.3 เงินเนติกอัลกอริทึมมีความยืดหยุ่นสูงมากสามารถนำไปใช้ประยุกต์กับหลายๆ ปัญหาที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง (นายปรเมศวร์ ธนารุณ และคณะ)

2.5 โปรแกรมภาษา Tcl/Tk

Tcl – Tool Command Language (อ่านว่า Tickle) เป็นภาษาสคริปต์ที่ต้องใช้ตัวแปรภาษา หรืออินเตอร์พรีเตอร์ในการทำงาน คล้ายกับภาษา Perl หรือ Unix shell ดังนั้นการใช้งานจึงต้องมีการใช้ Tcl Shell (Tclsh) และยังมี Tk (อ่านว่า Tee - Kay) เป็น Associated Toolkit สำหรับสร้างกราฟิกยูสเซอร์อินเทอร์เฟซบน X Windows System การเรียกใช้งาน Tk ต้องอาศัย Windowing Shell (Wish) เช่นกัน Tcl/Tk ถูกพัฒนาโดย John K. Ousterhout ในขณะที่เขาเป็นศาสตราจารย์ทางวิศวกรรมไฟฟ้า และวิทยาการคอมพิวเตอร์ University of California, Berkeley โดยตอนแรกนั้นตั้งใจให้ Tcl เป็นคำสั่งภาษาที่ใช้สำหรับสั่งงานแบบอินเทอร์แอกทีฟเท่านั้น แต่ต่อมาได้มีการพัฒนาขยายความสามารถของ Tcl ให้มีมากขึ้น การพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Tcl/Tk นั้นสามารถนำไปใช้งานได้บนหลายๆ แพลตฟอร์ม ตั้งแต่ยูนิกซ์ ลินุกซ์ แมอินทอซ และ วินโดวส์

2.5.1 ข้อดีของภาษาโปรแกรม Tcl

2.5.1.1 Easy to Learn ภาษา Tcl เป็นภาษาโปรแกรมที่ใช้งานง่าย สำหรับนักเขียนโปรแกรมที่มีประสบการณ์สามารถเรียนรู้ Tcl และพัฒนาโปรแกรมด้วย Tcl ได้อย่างรวดเร็ว

2.5.1.2 Cross – Platform Support ภาษา Tcl เป็นภาษาโปรแกรมที่สามารถทำงานได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการ UNIX, Windows, Macintosh และระบบปฏิบัติการอื่นๆ ที่มีใช้กันแพร่หลาย นั่นคือ Tcl Script หนึ่งสามารถนำไปทำงานได้ทั้งบน UNIX, Windows และ Macintosh และในการแสดง GUI จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแต่ละ Platform

2.5.1.3 Ready for Enterprise ภาษา Tcl เป็นภาษาโปรแกรมที่มีความเสถียรภาพสูง เหมาะสำหรับแอปพลิเคชันขนาดใหญ่ และวัตถุประสงค์อื่นๆ ขององค์กร

2.5.1.4 Flexible Integration กับการใช้ Tcl มันจะเป็นการง่ายที่จะประสานกับองค์ประกอบ Component และโปรแกรมอื่นที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น การใช้ Tcl เป็นภาษาสำหรับควบคุมอุปกรณ์ และ Protocols ที่ทำงานเฉพาะอย่าง การเพิ่ม GUI หรือส่วนติดต่อกับเครือข่ายให้กับแอปพลิเคชันเดิม หรือการรวมแอปพลิเคชันที่สร้างจากภาษา Java กับ Code โปรแกรมเดิมของภาษา C/C++

2.5.1.5 Network – Aware Applications ไม่มี Platform ใดที่ให้ความสะดวกในการติดต่อกับเครือข่ายได้ง่ายเท่ากับ Tcl การสร้างเครื่องให้บริการและเครื่องลูกข่ายสามารถทำได้เพียง

2 - 3 นาที ด้วย Code เพียงไม่กี่บรรทัด เพราะ Tcl ได้เตรียมวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับการเพิ่มส่วนติดต่อกับเครือข่ายให้กับแอปพลิเคชันเดิม

2.5.1.6 It's Free โปรแกรม Tcl เป็นฟรีโปรแกรมสามารถหาได้ที่ Tcl Developer Exchange และสามารถทำการแก้ไขให้เหมาะสมกับความต้องการของนักพัฒนาได้

2.5.2 การใช้งาน Tcl/Tk แบบบนอินเทอร์เน็ตแอสคทีฟ

การใช้ Tcl/Tk แบบบนอินเทอร์เน็ตแอสคทีฟคือ การเขียนสคริปต์คำสั่งเก็บไว้ในไฟล์ก่อน จากนั้นจึงเรียก Tclsh หรือ Wish มาแปลคำสั่งในสคริปต์ที่ได้เขียนอีกครั้งหนึ่ง วิธีนี้มีประโยชน์มากกว่าการใช้งานแบบอินเทอร์เน็ตแอสคทีฟ เนื่องจากทำให้สามารถส่งงานได้ต่อเนื่องด้วยชุดคำสั่ง ทำให้ได้ แอปพลิเคชันที่เต็มรูปแบบ สมมติว่าได้ทำการเขียนสคริปต์ไว้ในไฟล์ Myprog.tcl แล้วจะเรียกใช้โปรแกรมที่เขียนมาทำงานที่ยูนิกซ์พร้อมที่ได้ดังนี้

```
$tclsh myprog.tcl
```

หรือ

```
$wish myprog.tcl
```

นอกจากนี้ยังสามารถเรียกชื่อสคริปต์ได้โดยตรง แต่ในไฟล์สคริปต์จะต้องมีคำสั่ง Shell ดังนี้

```
#!/bin/sh
```

```
exec wish "$0" "$@"
```

วิธีการนี้ช่วยป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการติดตั้ง Tcl/Tk ไว้ในไดเรกทอรีที่ต่างกัน หลังจากคำสั่งเชลล์ทั้งสองบรรทัดนี้แล้วจึงจะเป็นคำสั่งอื่นๆ ของโปรแกรมที่เขียนขึ้น นอกจากนี้ถ้าต้องการเรียกชื่อไฟล์สคริปต์จากยูนิกซ์พร้อมทำให้ขึ้นมาทำงานได้เองโดยไม่ต้องเรียก Tclsh หรือ Wish ก่อนก็ต้องใช้คำสั่ง

```
chmod u+x myprog.tcl
```

เพื่อเป็นการเปลี่ยนโหมดไฟล์ให้เป็น Execute จึงจะทำงานได้ หากนำโปรแกรม Power ที่เคยทำแบบอินเทอร์เน็ตแอสคทีฟ มาเขียนแบบ Tcl Scrip File สามารถเขียนได้ดังรูปที่ 2.10

```
#!/usr/local/bin/tcl8.0/unix/tclsh
```

```
set base [lindex $argv 0]
```

```
set p [lindex $argv 1]
```

```
set result 1
```

รูปที่ 2.10 รูปแสดงลักษณะการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Tcl

```
puts "Program : $argv0"

puts "Base : $base"

puts "Power : $p"

while {$p > 0} {

set result [expr $result*$base]

    set p [expr $p-1]

}

puts stdout "Result is $result"
```

รูปที่ 2.10 (ต่อ) รูปแสดงลักษณะการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Tcl

สำหรับบรรทัดแรกเป็นการระบุตำแหน่งของ Tclsh เพื่อให้ไฟล์ Script นี้สามารถทำงานได้ทันที ซึ่งจะต้องทำการเปลี่ยน Mode ของไฟล์ในสามารถ Execute ได้ก่อน

2.6 ทฤษฎีการออกแบบการทดลอง (The Design of the Experiment)

การออกแบบการทดลองทางสถิติ (Statistical Design of Experiment) หมายถึง กระบวนการในการวางแผนการทดลอง เพื่อจะได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้วิเคราะห์ โดยวิธีการทางสถิติทำให้ผู้ศึกษาสามารถหาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้ ส่วนคำว่า การทดลอง (Experiment) หมายถึง การทดสอบ (Test) หรือชุดของการทดสอบที่มีการเปลี่ยนแปลงกับตัวแปรขาเข้า (Input Variable) ของกระบวนการหรือระบบ เพื่อสังเกตหรือบ่งชี้ถึงเหตุการณ์เปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นกับผลตอบสนองขาออก (Output Response) การทดลองส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายตัวและหลายวัตถุประสงค์ของผู้ทำการทดลอง คือ หาผลกระทบของปัจจัยเหล่านี้กับผลตอบสนองของระบบ จะเรียกการวางแผนและดำเนินการทดลองว่า กลยุทธ์ของการทดลอง มีวิธีการที่หลากหลายซึ่งผู้ทดลองสามารถเลือกนำไปใช้ได้ ดังนั้นในการวางแผนและดำเนินการทดลองใดๆ จึงจำเป็นต้องมีการเลือกใช้กลยุทธ์ของการทดลองให้เหมาะสม ซึ่งในการศึกษานี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะกลยุทธ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เท่านั้นซึ่งแบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยดังนี้ การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Designs) เขาวานี สารานุกรมพันธุ. 2548

2.6.1 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Designs)

การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น การทดลองส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการศึกษาถึงผลปัจจัย (Factor) ตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ในกรณีเช่นนี้การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลจะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด เช่น กรณีที่มี 2 ปัจจัย คือ A และ B ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ดังนั้นในการทดลอง 1 การทำซ้ำ (Replicate) จะประกอบด้วย การทดลองร่วมปัจจัยทั้งหมด ab การทดลอง และกล่าวได้ว่าปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ซึ่งกันและกัน เมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล ผลที่เกิดจากปัจจัยนั้นๆ ซึ่งเรียกว่า ผลหลัก (Main Effect) และในบางการทดลองอาจพบว่าความแตกต่างของผลตอบสนองที่เกิดขึ้นบนระดับต่างๆ ของปัจจัยหนึ่งจะมีค่าไม่เท่ากันที่ระดับอื่นๆ ทั้งหมดของปัจจัยอื่น หมายความว่า ผลตอบสนองของปัจจัยหนึ่งจะขึ้นกับระดับของปัจจัยอื่นๆ นั่นเอง และเรียกเหตุการณ์แบบนี้ว่า Interaction คือ การมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันระหว่างปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.2 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial Designs)

การออกแบบกรณีที่มีปัจจัยที่ต้องพิจารณา k ปัจจัย และปัจจัยทุกตัวประกอบด้วย 3 ระดับ เรียกการออกแบบนี้ว่า การออกแบบเชิงแฟคทอเรียลแบบ 3^k ซึ่งระดับทั้งสามของแต่ละปัจจัยมีค่าเป็น ต่ำ กลาง และสูง สัญลักษณ์ที่ใช้แทนระดับทั้งสามอาจใช้เป็นตัวเลข 0, 1, 2 ตามลำดับ หรือเป็นตัวเลข -1, 0, 1 ก็ได้ ในการทดลองเรพลิเคตที่สมบูรณ์สำหรับการออกแบบเช่นนี้จะประกอบด้วยข้อมูลทั้งสิ้น $3 \times 3 \times 3 \times \dots \times 3 = 3^k$ ข้อมูล โดยการทดลองร่วมปัจจัยในการออกแบบ 3^k จะแทนด้วยตัวเลข k ตัว ซึ่งตัวเลขตัวแรกแทนระดับของปัจจัย A ตัวเลขตัวที่สองแทนระดับของปัจจัย B, ..., และตัวเลขตัวที่ k แทนระดับของปัจจัย k

2.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA)

ในการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะเป็นการวิเคราะห์อัตราส่วนความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม (Between - Group Variance) และความแปรปรวนภายในกลุ่ม (Within - Group Variance) ความแปรปรวนระหว่างกลุ่มเป็นค่าที่เกิดจากความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มต่างๆ ถ้าค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มต่างๆ แตกต่างกันมาก ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่มก็จะมากตามไปด้วย สำหรับความแปรปรวนภายในกลุ่มเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าคะแนนแต่ละตัวที่รวบรวมมานั้นภายในแต่ละกลุ่มมีการกระจายมากหรือน้อยค่าที่คำนวณได้ เรียกว่า ความคลาดเคลื่อน

การวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยทั่วไปจะใช้เพื่อวิเคราะห์ผลจากการทดลองเชิงแฟคทอเรียล ตัวอย่างเช่น การทดลองเชิงแฟคทอเรียลในกรณีที่มีปัจจัยที่จะทำการศึกษา 2 ปัจจัย คือ A และ B โดยปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ซึ่งทั้งหมดนี้จะถูกจัดให้อยู่

ในรูปของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล นั่นคือ ในแต่ละเรพลิเคตของการทดลองจะประกอบด้วยในแต่ละเรพลิเคตของการทดลอง ab การทดลอง โดยปกติจะมีจำนวนเรพลิเคตทั้งหมด n ครั้ง รูปแบบทั่วไปของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล 2 ปัจจัยและมีการซ้ำทั้งหมด n ครั้ง เมื่อกำหนดให้ y_{ijk} คือผลตอบสนองที่เกิดจากระดับที่ i ของปัจจัย A (เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$) และลำดับที่ j ของปัจจัย B (เมื่อ $j = 1, 2, \dots, b$) สำหรับเรพลิเคตที่ k (เมื่อ $k = 1, 2, \dots, n$)





บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

สำนักหอสมุด

18 ก.ค. 2556

3.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทาง

โครงการนี้จะศึกษาเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางภายในประเทศไทยทั้งหมด 77 จังหวัด และวางแผนการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวสำหรับสถานที่ที่การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย แนะนำในพื้นที่เขตภาคเหนือตอนล่าง 8 จังหวัด ลักษณะการจัดเส้นทางที่เหมาะสม คือ การจัดเส้นทางการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เพื่อต้องการระยะทางที่สั้น และประหยัด ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด สามารถยอมรับได้ และวางแผนการเดินทางเป็นเพียงแนวทางช่วยในการตัดสินใจ เท่านั้น โดยอาศัยหลักการทำงานของด้วยวิธีการหาค่าตอบด้วยวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม

3.2 การศึกษาวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทาง

ในการศึกษาโครงการนี้ เป็นการศึกษาวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทาง และวางแผนการเดินทางด้วยการนำวิธีเงินเนติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา

3.2.1 สมมติฐานของการแก้ปัญหา

3.2.1.1 ในการเลือกพิจารณานั้น ผู้ใช้สามารถเลือกพิจารณาทางหลวงสายหลักระหว่าง จังหวัด หรือการเดินทางเพื่อการเดินทางท่องเที่ยวอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

3.2.1.2 การเดินทางระหว่างจังหวัดหนึ่งไปยังจังหวัดหนึ่งนั้น ไม่คำนึงถึงระยะทางการเดินทางภายในจังหวัด และจะพิจารณาเฉพาะเส้นทางหลวงสายหลักเท่านั้น

3.2.1.3 ในการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวจะพิจารณาอ้างอิงด้วยทางหลวงสายรองเขต จังหวัดภาคเหนือตอนล่างทั้ง 8 จังหวัด เท่านั้น และการเดินทางจะไม่คำนึงถึงระยะทางการเดินทาง ภายในสถานที่

3.2.1.4 ข้อมูลระยะทางอ้างอิงจากเว็บไซต์ของกรมทางหลวง

3.2.1.5 ข้อมูลสถานที่ท่องเที่ยวแนะนำอ้างอิงจากเว็บไซต์ของการท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย

3.2.2 ขอบเขตความสามารถของโปรแกรม

กำหนดค่าพารามิเตอร์ของอัตราการตัดสลับและกลายพันธุ์ดังนี้ (มาลิณี หลวงคลัง, ยุพา ภัทร อนิลบล)

3.2.2.1 กำหนดจำนวนประชากร 70

3.2.2.2 กำหนดจำนวนรุ่นคำตอบ 25

3.2.2.3 กำหนดจำนวนยีน ตั้งแต่ 2 - 78

3.2.2.4 กำหนดอัตราการตัดสลับสายพันธุ์ 0.95

3.2.2.5 กำหนดอัตราการกลายพันธุ์ 0.001

3.2.2.6 กำหนดชุดเลขสุ่ม 111, 300, 555, 1,122, 5,115

3.2.2.7 กำหนดการเลือกเส้นทางการเดินทางสายหลักหรือการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวในเขตภาคเหนือตอนล่างอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น

3.3 ศึกษาทฤษฎีและหลักการของวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม

วิธีเงินเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีที่อาศัยหลักการสร้างคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยใช้กระบวนการทางพันธุกรรมในการคำนวณหาค่าคำตอบที่เหมาะสม จากคำตอบที่เป็นไปได้ เพื่อคัดสรรคำตอบที่เหมาะสมออกมา และทำการตรวจสอบเงื่อนไขให้เป็นไปตามข้อกำหนด วิธีเงินเนติกอัลกอริทึม เป็นวิธีการที่ให้คำตอบได้รวดเร็ว เมื่อเทียบกับการหาคำตอบโดยใช้หลักการคำนวณที่ยุ่งยาก

3.4 ศึกษาการวางแผนการเดินทาง

การวางแผนการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวในเขตภาคเหนือตอนล่างทั้ง 8 จังหวัด จะนำคำตอบที่เหมาะสมจากการประมวลผลด้วยวิธีเงินเนติกอัลกอริทึมมาทำการวางแผนการเดินทาง โดยการวางแผนการเดินทางนี้จะเป็นเพียงตัวช่วยในการตัดสินใจเท่านั้น

3.5 การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมโดยอาศัยหลักการเงินเนติกอัลกอริทึม

การออกแบบ เริ่มต้นจากการนำข้อมูลระยะทางเส้นทางสายหลัก และระยะทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยว มาสร้างในรูปแบบของฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Notepad เป็นหน้าจอแสดงผลตัวเลือก ซึ่งในการศึกษาโครงการนี้ก็เพื่อต้องการให้ปัญหาการเดินทางมีความสะดวกมากขึ้น โดยผู้ใช้สามารถกำหนดจังหวัด หรือสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างที่ต้องการเดินทางไป ผู้ใช้สามารถกำหนดจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของการเดินทางที่ต้องการได้ จากนั้นโปรแกรมจะประมวลผลตามหลักวิธีการของเงินเนติกอัลกอริทึม โดยโปรแกรมจะนำตัวเลือกที่ผู้ใช้กำหนดมาทำการสร้างโครโมโซมคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด และทำการสุ่มหาคำตอบที่เป็นไปได้ที่เหมาะสมที่สุดของปัญหานั้นๆ ออกมาเป็นผลลัพธ์ ในรูปแบบระยะทางการเดินทางทั้งหมด ลำดับการเดินทางจากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสิ้นสุด ในกรณีเลือกพิจารณาสถานที่ท่องเที่ยวจะนำคำตอบที่เหมาะสมมาทำการวางแผนการเดินทางสำหรับเป็นแนวทางในการตัดสินใจของผู้ใช้งาน

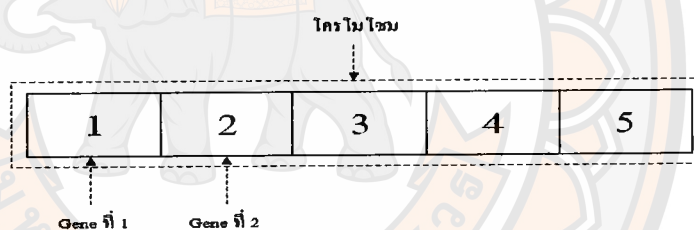
3.5.1 การกำหนดรูปแบบโครโมโซม

เริ่มต้นจากขั้นตอนการกำหนดลักษณะของยีน โดยใช้หมายเลขแทนจังหวัดทั้ง 77 จังหวัด และสถานที่ท่องเที่ยวในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง 8 จังหวัด สำหรับเป็นข้อมูลนำเข้า (Input) ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างการกำหนดยีน

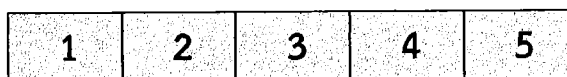
เชียงใหม่	หมายเลข 1	พิพิธภัณฑสถานบ้านจำทวี	หมายเลข 1
เชียงราย	หมายเลข 2	วัดจุกหามณี	หมายเลข 2
ลำปาง	หมายเลข 3	วัดพระศรีมหาธาตุวรมหาวิหาร	หมายเลข 3
ลำพูน	หมายเลข 4	ศาลสมเด็จพระนเรศวรมหาราช	หมายเลข 4
แม่ฮ่องสอน	หมายเลข 5	อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า	หมายเลข 5

ซึ่งลักษณะของโครโมโซมจะประกอบด้วยยีนหลายๆ ตัวมาเรียงต่อกันเป็นคำตอบของปัญหาการเดินทางที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยลักษณะขององค์ประกอบโครโมโซม ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 องค์ประกอบของโครโมโซม

ตัวอย่าง พนักงานขายต้องการเดินทางไปยัง 5 จังหวัด ดังต่อไปนี้ คือ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง ลำพูน และแม่ฮ่องสอน จากตัวอย่างนี้ความน่าจะเป็นของคำตอบในการจัดเรียงเส้นทาง การเดินทางที่ได้ เป็นดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลักษณะการจัดเรียงโครโมโซม

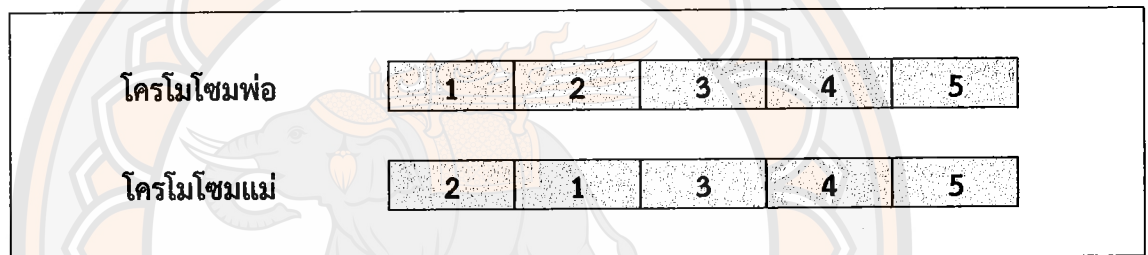
กรณีที่ 1 การเดินทางอิสระความน่าจะเป็นของคำตอบที่ได้เท่ากับ $5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$ หรือ $5!$ หรือ $n!$

กรณีที่ 2 การเดินทางที่กำหนดจุดเริ่มต้นอย่างเดียว ความน่าจะเป็นของคำตอบที่ได้เท่ากับ $1 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$ หรือ $4!$ หรือ $(n - 1)!$

กรณีที่ 3 การเดินทางที่กำหนดจุดสิ้นสุดอย่างเดียว ความน่าจะเป็นของคำตอบที่ได้เท่ากับ $4 \times 3 \times 2 \times 1 \times 1$ หรือ $4!$ หรือ $(n - 1)!$

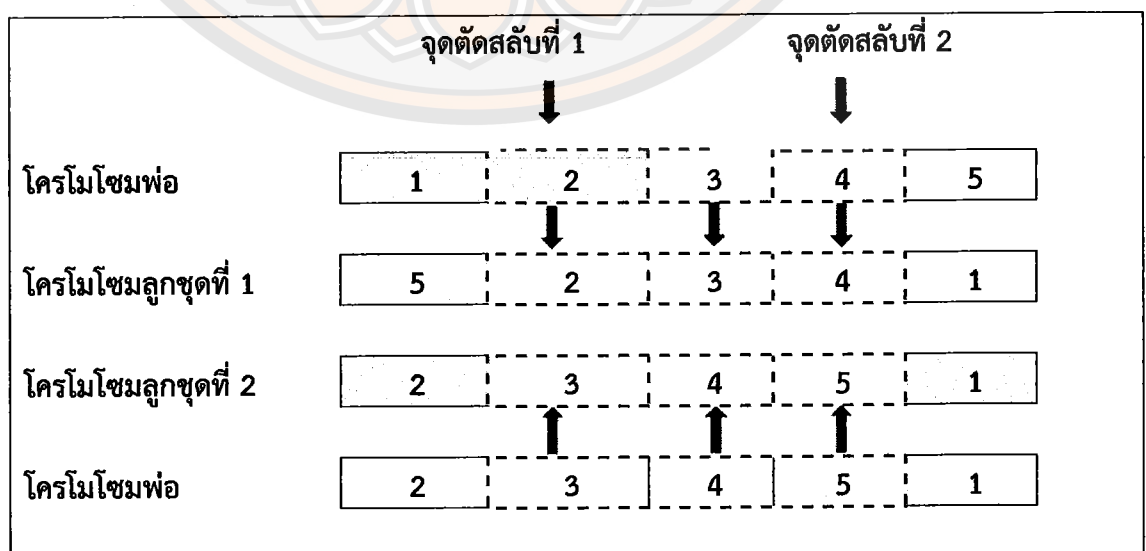
3.5.2 ขั้นตอนการทำงานของโครโมโซม

โปรแกรมจะนำเข้าข้อมูลจากไฟล์ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ และผู้จัดทำจะกำหนดค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรมอัตโนมัติ เมื่อโปรแกรมได้รับคำสั่งจากการเลือกของผู้ใช้แล้ว โปรแกรมจะทำการสุ่มเลือกยีน ซึ่งในการศึกษาของโครงการนี้ ผู้ใช้สามารถเลือกจังหวัดที่ต้องการเดินทางไปได้ทั้ง 77 จังหวัด ของประเทศไทย หรือ 77 ยีน และสามารถเลือกสถานที่ท่องเที่ยวในเขตพื้นที่ของภาคเหนือตอนล่างทั้ง 288 แห่ง หรือ 288 ยีน โดยโปรแกรมจะสุ่มเลือกยีนมาเรียงต่อกันที่ละตัวในโครโมโซม ผู้จัดทำต้องออกคำสั่งเพื่อป้องกันการซ้ำกันของยีนแต่ละตัวที่ทำการเลือกมา และเก็บโครโมโซมนี้เป็นโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างโครงสร้างโครโมโซม

โปรแกรมจะสุ่มเลือกโครโมโซมคำตอบที่เป็นไปได้ของรุ่นพ่อแม่ เพื่อทำการสลับสายพันธุ์เป็นการกำเนิดโครโมโซมรุ่นลูก สำหรับโครงการนี้เราจะศึกษาการสลับสายพันธุ์ด้วยวิธี Order Crossover (OX) แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงการสลับสายพันธุ์ด้วยวิธี Order Crossover (OX)

จากนั้นโปรแกรมจะทำการกลายพันธุ์ของโครโมโซมแบบ Two Operation Adjacent Swam Mutation (2OAS) สมมติให้โครโมโซมคำตอบที่เหมาะสมจากการสลับสายพันธุ์ ดังรูปที่ 3.5

Parent	1	2	3	4	5
Offspring	2	1	3	4	5

รูปที่ 3.5 แสดงการกลายพันธุ์แบบ Two Operation Adjacent Swam Mutation (2OAS)

ขั้นตอนต่อมา โปรแกรมจะทำการรวมโครโมโซมของคำตอบที่เป็นไปได้ของรุ่นพ่อแม่ เพื่อทำการคำนวณผลลัพธ์ของรุ่นลูกแต่ละตัว ซึ่งผลลัพธ์จะเป็นการบ่งบอกความแข็งแรงของโครโมโซมลูก และความแข็งแรงนี้จะเป็นตัวบ่งบอกถึงที่น่าจะเป็น ถ้าค่าความแข็งแรงโครโมโซมมีมากจะมีค่าความน่าจะเป็นที่เป็นไปได้สูง ค่าความแข็งแรงโครโมโซมมีน้อยก็จะมีค่าความน่าจะเป็นที่เป็นได้น้อยลงด้วย จากนั้นโปรแกรมจะสุ่มเลือกประชากรใหม่เข้ามาให้เท่ากับจำนวนประชากรเดิม กำหนดให้เป็นโครโมโซมรุ่นพ่อแม่ตัวใหม่ แล้วทำการตรวจสอบการวนซ้ำให้เท่ากับจำนวนรุ่นประชากร ถ้ายังไม่ครบโปรแกรมจะต้องวนซ้ำจนกว่าจะได้ตามที่กำหนด และทำการตรวจสอบเลือกคำตอบที่เหมาะสมที่สุดจากคำตอบทั้งหมด เพื่อนำมาแสดงเป็นผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินทาง และระยะทางการเดินทางทั้งหมด ในกรณีเลือกพิจารณาสถานที่ท่องเที่ยวจะนำคำตอบที่เหมาะสมมาทำการวางแผนการเดินทางสำหรับเป็นแนวทางในการตัดสินใจของผู้ใช้งาน

3.5.3 ขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธีแบบเนเบอร์ฮูด (Neighborhoods Search)

โครโมโซมคำตอบที่ได้จากวิธีเจเนติกอัลกอริทึม นั้น พบว่าคำตอบการจัดเส้นทางยังไม่เหมาะสมมีการเลือกกระโดดไปมาอย่างไม่มีระเบียบ ทำให้ระยะทางระหว่างยีนส์มากส่งผลให้ระยะทางรวมของการจัดเส้นทางนั้นมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการปรับปรุงคำตอบที่ได้ให้ดีขึ้นโดยวิธีแบบเนเบอร์ฮูด (Neighborhoods Search) เป็นการนำคำตอบที่ได้จากวิธีเจเนติกอัลกอริทึม มาทำการปรับปรุงคู่ยีนที่มีระยะทางระหว่างยีนมากที่สุด ซึ่งระยะทางระหว่างยีนแสดงในตารางที่ 3.2 นำแต่ละโครโมโซมมาทำการเปลี่ยนตำแหน่ง เพื่อลดระยะทางระหว่างยีน

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างระยะทางระหว่างคูยีน

From	To	Distances (Km.)
1	2	60
2	3	50
3	4	80
4	5	75
5	6	70

จากตารางที่ 3.2 พบว่าระยะทางระหว่างยีนที่ 1 - 2, 2 - 3, 3 - 4, 4 - 5, 5 - 6 มีระยะทาง 60, 50, 80, 75, 70 ตามลำดับ คูยีนที่ 3 - 4 มีระยะทางระหว่างยีนมากที่สุด ดังนั้นจึงควรปรับปรุงคำตอบ โดยเปลี่ยนตำแหน่งยีนที่ 3 - 4 ไม่ให้อยู่ติดกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.7 (Pongcharoen, 2008)

1	2			5	6
---	---	--	--	---	---

รูปที่ 3.6 โครโมโซมคำตอบที่ได้จากวิธีเจเนติกอัลกอริทึม

1		2		5	6
1		2	5		6

รูปที่ 3.7 การปรับปรุงโครโมโซมคำตอบด้วยวิธีแบบเนเบอร์ฮูด

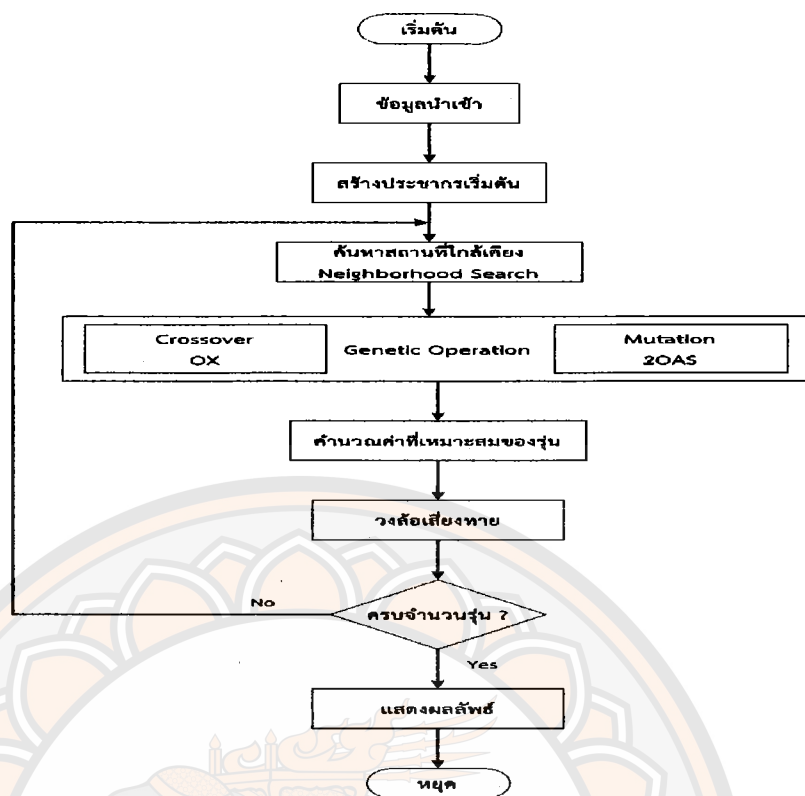
3.5.3.1 ทำการสุ่มเลือกโครโมโซมที่ได้จากวิธีเจเนติกอัลกอริทึม

3.5.3.2 คำนวณระยะทางระหว่างคูยีนของโครโมโซมที่ถูกเลือกมา เลือกคูยีนที่มีระยะทางระหว่างกันมากที่สุดมาทำการปรับปรุง

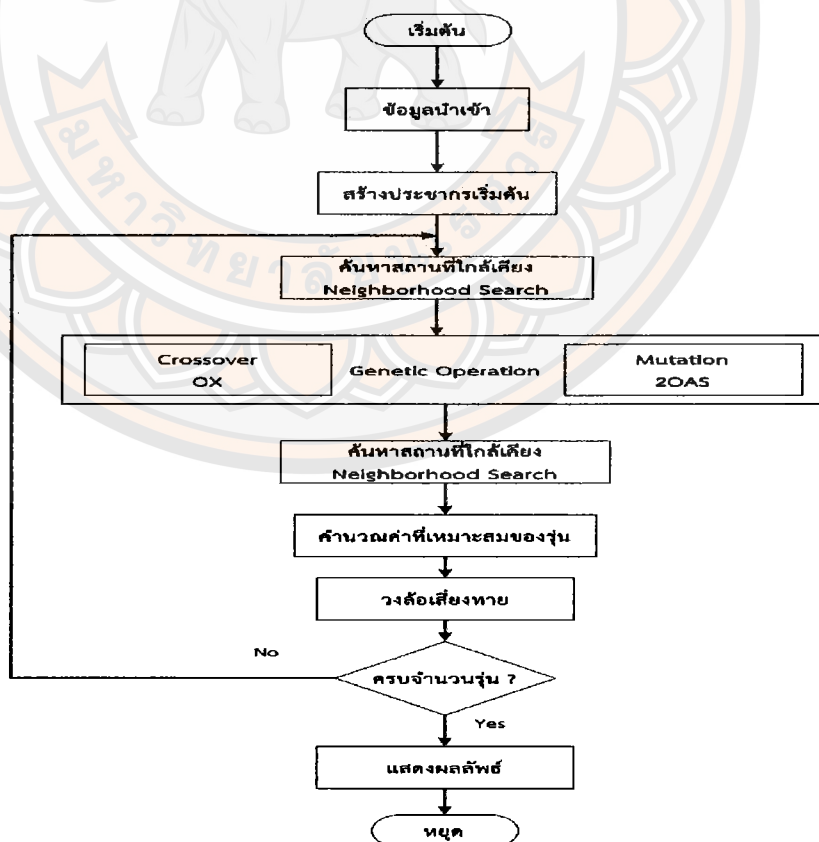
3.5.3.3 ทำการปรับปรุงโดยการเปลี่ยนตำแหน่งคูยีนนั้นๆ ให้อยู่ตำแหน่งที่ห่างกัน

3.5.3.4 คำนวณระยะทางรวมของโครโมโซมที่ได้จากวิธีเจเนติกอัลกอริทึม และเนเบอร์ฮูด เลือกระยะทางที่น้อยที่สุดแทนที่โครโมโซมเดิม

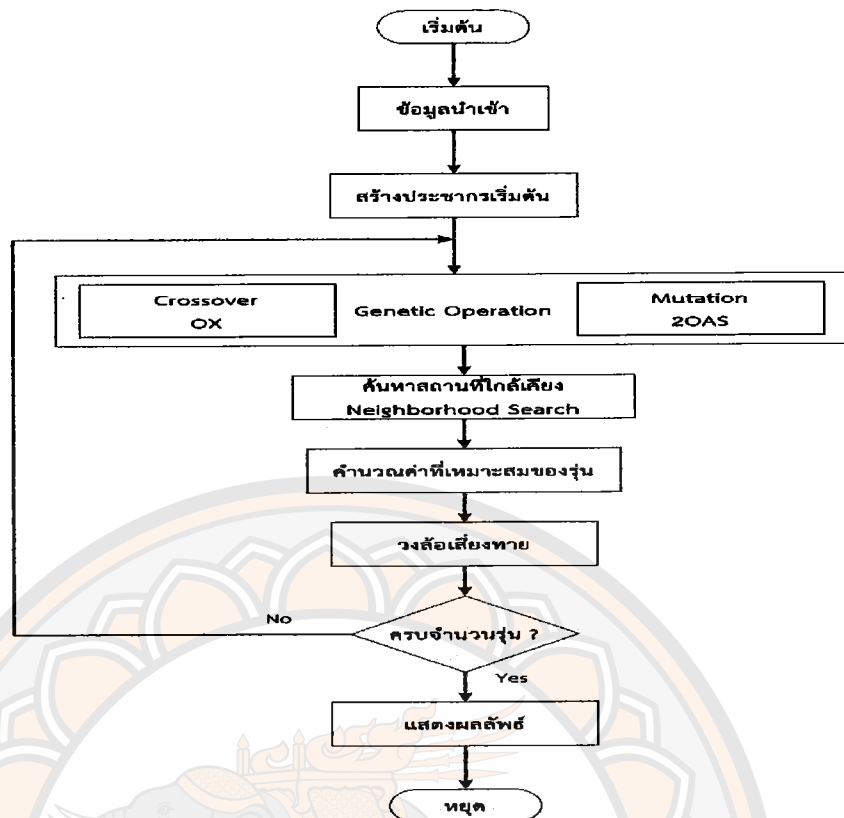
สำหรับขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพคำตอบด้วยวิธีแบบเนเบอร์ฮูด จะใช้ทั้งหมด 3 แบบประกอบไปด้วย วิธีเนเบอร์ฮูดก่อนการสลับสายพันธุและการกลายพันธุ วิธีเนเบอร์ฮูดก่อน/หลัง การสลับสายพันธุและการกลายพันธุ วิธีเนเบอร์ฮูดหลังการสลับสายพันธุและการกลายพันธุ



รูปที่ 3.8 ขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีเนเบอร์ฮูดแบบที่ (1)



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีเนเบอร์ฮูดแบบที่ (2)



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีในเบอร์ฮูดแบบที่ (3)

3.6 การออกแบบการทดลอง

ออกแบบการทดลองด้วยการเปรียบเทียบค่าคำตอบการประมวลผลจากโปรแกรมช่วยจัดเส้นทาง การเดินทางของโครงการเดิม (มาลิณี หลวงคลัง, ยุพาทิธร อนิลบล) กับการศึกษาค่าพารามิเตอร์เพิ่มเติม และวิธีการที่นำหลักการ Neighborhood เข้ามาปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้น (Pongcharoen, P. et al. (2008)

3.7 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

เมื่อเราได้ทำการประมวลผลคำตอบของปัญหาการเดินทางในรูปแบบของการจัดเส้นทางลำดับเส้นทาง การเดินทาง และระยะทางรวมทั้งหมดในการเดินทางแล้ว เราจะสามารถตรวจสอบความถูกต้องของการประมวลผลคำตอบส่วนของการลำดับการจัดเส้นทาง การเดินทาง ส่วนของระยะเส้นทาง รวมทั้งหมด ส่วนของการลำดับการจัดเส้นทาง การเดินทาง คือ การตรวจสอบลำดับการเดินทางว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดหรือไม่ ส่วนของระยะเส้นทางรวมทั้งหมด คือ การตรวจสอบด้วยการคำนวณระยะทาง และตรวจสอบการวางแผนการเดินทางว่าเป็นไปตามเงื่อนไขหรือไม่

3.8 สรุปผลและนำเสนอผลของโครงการวิจัย

ผลที่ได้จากโครงการวิจัยสามารถตอบสนองความต้องการในการจัดเส้นทางการเดินทางได้หลายเส้นทาง การวางแผนการเดินทาง และการประมวลผลให้คำตอบที่มีความน่าเชื่อถือมากหรือไม่



บทที่ 4

ผลการดำเนินโครงการ

4.1 ผลการออกแบบและการพัฒนาโปรแกรมสำหรับการจัดเส้นทางการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวโดยอาศัยหลักการของ GA

จากการศึกษาทฤษฎีของวิธีการ GA แล้วนำมาพัฒนาเป็นโปรแกรมสำหรับการวางแผนการจัดเส้นทางในการเดินทางที่ให้ค่าคำตอบของระยะทางที่เหมาะสมนั้น ตัวโปรแกรมประกอบไปด้วย 3 ส่วนหลัก นั่นคือ ส่วนของข้อมูลนำเข้า ส่วนของการประมวลผล และส่วน of ข้อมูลนำออก ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 โดยรูปแบบของส่วนต่างๆ มีลักษณะดังนี้

4.1.1 ข้อมูลนำเข้า (InputData)

File	Edit	Format	View	Help
K1		K1	0	
K1		K2	0	
K1		K3	0	
K1		K4	0	
K1		K5	65	
K1		K6	0	
K1		K7	0	
K1		K8	0	
K1		K9	0	
K1		K10	51	
K1		K11	31	
K1		K12	42	
K1		K13	0	
K1		K14	0	
K1		K15	42	
K1		K16	0	
K1		K17	42	
K1		K18	59	
K1		K19	0	
K1		K20	0	

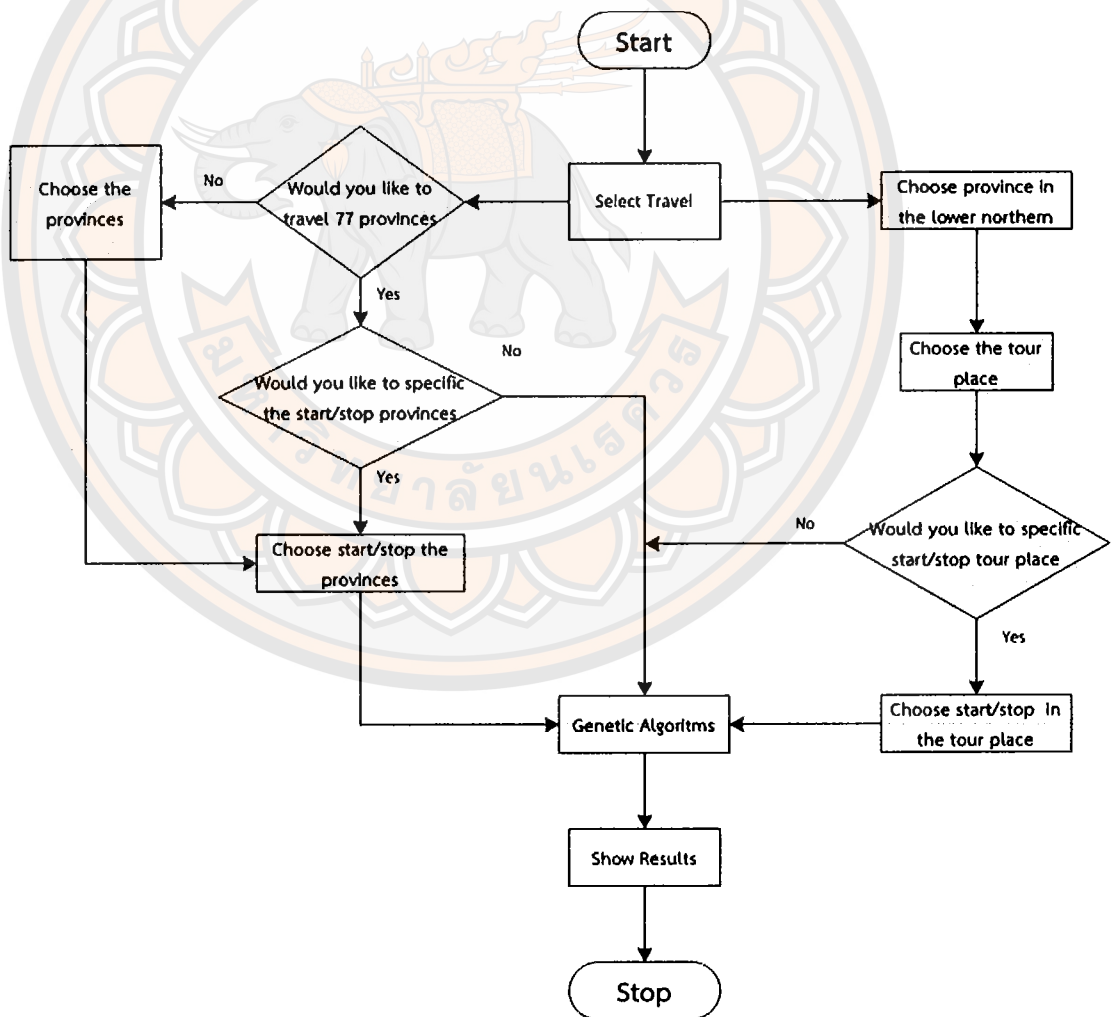
File	Edit	Format	View	Help
U288		U270	79	
U288		U271	79	
U288		U272	58	
U288		U273	79	
U288		U274	79	
U288		U275	58	
U288		U276	79	
U288		U277	58	
U288		U278	0	
U288		U279	79	
U288		U280	0	
U288		U281	22	
U288		U282	11	
U288		U283	0	
U288		U284	79	
U288		U285	79	
U288		U286	0	
U288		U287	20	
U288		U288	0	

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างแฟ้มข้อมูลระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้น/สิ้นสุดการเดินทาง

รูปแบบของแฟ้มข้อมูลนำเข้า เป็นแฟ้มข้อมูลที่มีค่าระยะทางระหว่างอำเภอที่มีสถานที่ท่องเที่ยวตามที่เว็บไซต์การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยแนะนำ ในเขต 8 จังหวัด ของภาคเหนือตอนล่างประกอบไปด้วย กำแพงเพชร นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ พิจิตร พิษณุโลก สุโขทัย ตาก และ อุทัยธานี ซึ่งจะเก็บค่าระยะทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ ในแต่ละอำเภอ ตั้งแต่อำเภอของ

สถานที่ท่องเที่ยวแห่งแรกจนถึงอำเภอของสถานที่ท่องเที่ยวแห่งสุดท้าย มีจำนวนอำเภอ 67 อำเภอ สถานที่ท่องเที่ยวรวมทั้งหมด 288 แห่ง ซึ่งจะเรียงลำดับสถานที่ท่องเที่ยวที่ 1 - 288 ดังนี้ K1, ..., K24, N25, ..., N69, PB70, ..., PB119, PC120, ..., PC141, PL142, ..., PL167, S168, ..., S186, T187, ..., T244, U245, ..., U288 ดังแสดงในภาคผนวก ก และภาคผนวก ข สำหรับคอลัมน์แรก ซ้ายมือแสดงจุดเริ่มต้นการเดินทางคอลัมน์ที่สองแสดงจุดสิ้นสุดการเดินทาง และคอลัมน์ที่สามแสดง ระยะทางตั้งแต่จุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดการเดินทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.1 โดยโปรแกรมจะโหลด แฟ้มข้อมูลนี้เข้าไปเก็บไว้ในฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการบอกระยะทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นถึง สิ้นสุดของ 8 จังหวัด ในเขตภาคเหนือตอนล่าง สำหรับให้โปรแกรมเรียกข้อมูล เพื่อดำเนินการคำนวณ ระยะทางรวมทั้งหมดของเส้นทางที่โปรแกรมสามารถหามาได้ และแผนการเดินทางในแต่ละสถานที่ ท่องเที่ยว

4.1.2 การประมวลผล (Processing)

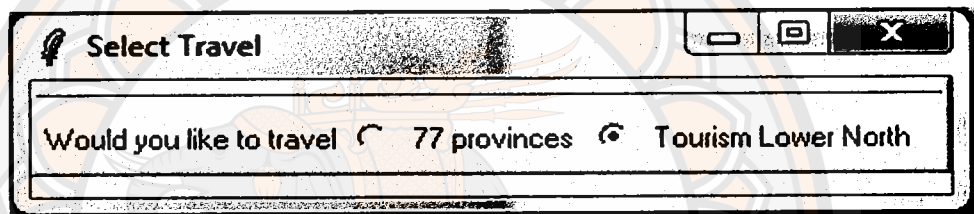


รูปที่ 4.2 แผนผังการทำงานโดยรวมของโปรแกรม

ที่มา : ปรับปรุงจาก มาลินี หลวงคลัง, ยุพาทิร อนิลบล. ปริญญาานิพนธ์ 2554

4.1.2.1 หน้าต่าง Select Travel เป็นหน้าต่างแรกของโปรแกรม ซึ่งจะให้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการเดินทางไปทั้ง 77 จังหวัด หรือต้องการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวในเขตภาคเหนือตอนล่างโดยผู้ใช้ต้องทำการเลือกคำตอบใดคำตอบหนึ่ง หากผู้ใช้เลือก Travel 77 Province โปรแกรมจะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่าง Select Province และจะให้ทำการเลือกว่าต้องการเดินทางไปในทุกจังหวัดหรือไม่ หากผู้ใช้เลือกตอบ Yes โปรแกรมจะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่าง Select Province Data และจะทำการเลือกจังหวัดทุกจังหวัดที่มีอยู่ 77 จังหวัด แต่ถ้าหากผู้ใช้เลือกตอบ No โปรแกรมจะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่าง Select Province Data เหมือนกัน แต่จะให้ผู้ใช้เป็นผู้เลือกจังหวัดที่ต้องการเดินทางไปท่องเที่ยวด้วยตนเอง

สำหรับโครงงานเล่มนี้ต้องการอธิบายถึงการจัดเส้นทางการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยว จึงเลือก Tourism Lower North เมื่อผู้ใช้เลือกแล้วโปรแกรมจะเชื่อมต่อไปหน้าต่างรายชื่อสถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดที่ผู้ใช้เลือก ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 หน้าต่างทางเลือกการเดินทาง

4.1.2.2 หน้าต่าง Tourist Place of the 8 Lower North Provinces หน้าต่างนี้เป็นหน้าต่างที่ประกอบไปด้วยรายชื่อจังหวัดในเขตภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งมีทั้งหมด 8 จังหวัด ได้แก่ กำแพงเพชร นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ พิจิตร พิษณุโลก สุโขทัย ตาก และอุทัยธานี ดังแสดงในรูปที่ 4.4 สำหรับการใช้งานผู้ใช้จะเป็นผู้เลือกจังหวัดที่ต้องการเดินทางไปด้วยตนเอง ซึ่งสามารถกำหนดจุดเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดได้ตามความต้องการของผู้ใช้ นั่นคือ เมื่อผู้ใช้เลือกจังหวัดแล้วโปรแกรมจะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่าง Tourist Attractions in the Provinces ดังแสดงในรูปที่ 4.5 ในที่นี้คือรายชื่อสถานที่ท่องเที่ยวของจังหวัดนั้นๆ แล้วให้ผู้ใช้เลือกสถานที่ท่องเที่ยวในจังหวัดนั้นที่ต้องการเดินทางไป เมื่อเลือกเสร็จแล้วให้กดปุ่ม Next เพื่อกลับไปยังหน้าต่าง Tourist Place of the 8 Lower North Provinces เหมือนเดิม แล้วสามารถเลือกจังหวัดอื่นเพิ่มได้และทำตามขั้นตอนเหมือนที่กล่าวมาข้างต้น หลังจากนั้นในด้านล่างของหน้าต่างจะมีคำถามให้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการระบุสถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้น/สิ้นสุดหรือไม่ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ปุ่มด้านล่างสุดของหน้าต่างประกอบด้วย ปุ่ม Next เมื่อผู้ใช้เลือกปุ่มนี้ โปรแกรมจะเริ่มทำการค้นหาคำตอบโดยนำข้อมูลที่ผู้ใช้ได้เลือกไว้ก่อนหน้าทำการจัดเส้นทางการเดินทางตามเงื่อนไขที่ผู้ใช้เลือกไว้ จนได้คำตอบของการจัดเส้นทางการเดินทางตามเงื่อนไขต่างๆ ปุ่ม Reset เป็นปุ่มที่ทำการล้างข้อมูลเดิมที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกไปแล้ว และปุ่ม Cancel เป็นปุ่มที่ที่ต้องการยกเลิกและออกจากหน้าต่างนี้ ดังแสดงในรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.6 หน้าต่าง Choose the Start Tourism Place

รูปที่ 4.7 หน้าต่าง Choose the Finish Tourism Place

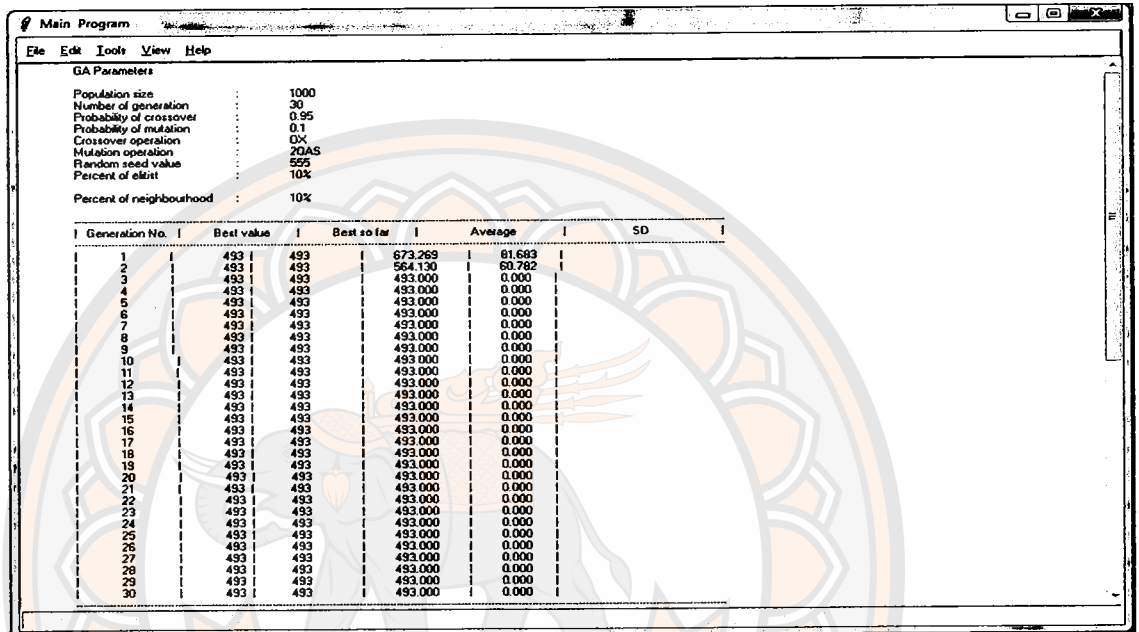
Choose the Start/Stop Tourism Place เป็นหน้าต่างที่เก็บข้อมูลของสถานที่ท่องเที่ยวที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกไว้ในการเดินทาง และนำสถานที่ท่องเที่ยวเหล่านั้นมาทำการเลือกจุดเริ่มต้น/สิ้นสุด สำหรับการเดินทางนั้นๆ หรือไม่ต้องการเลือกก็สามารถทำได้ หลังจากนั้นกดปุ่ม Next แล้วจะมีหน้าต่างให้เลือกเวลาว่าต้องการท่องเที่ยวในสถานที่นั้นจำนวนกี่ชั่วโมง เมื่อเลือกเสร็จก็ทำการกดปุ่ม Next เข้าสู่กระบวนการแสดงผลลัพธ์ของโปรแกรม ซึ่งจะได้กล่าวในหัวข้อถัดไป

Banana market:	1
Ban Hang R.5:	1
Wat Sri ariyabot :	1
Khaothampra:	1
Phaisali Forest:	1
Wat Bangmafo:	1
Wat Kiriwang :	1
Buengsamphan:	1
Chanika Farm:	1
Wat Mahathat :	1

รูปที่ 4.8 หน้าต่างกำหนดเวลาการท่องเที่ยว

4.1.3 ข้อมูลนำออก (Output Data)

ข้อมูลนำออกจะมีลักษณะเป็นหน้าต่างที่รายงานผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของโปรแกรม โดยอาศัยการจัดเส้นทางด้วยหลักการของ GA ในการหาคำตอบ ซึ่งหน้าต่างนี้จะแสดงผลลัพธ์ของจำนวนสถานที่ท่องเที่ยวทั้งหมดที่ทำการเดินทางไป สถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นในการเดินทาง สถานที่ท่องเที่ยวสิ้นสุดในการเดินทาง เส้นทางการเดินทางที่ดีที่สุด และระยะทางรวมของเส้นทางที่โปรแกรมสามารถหาได้รวมถึงแผนการเดินทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9

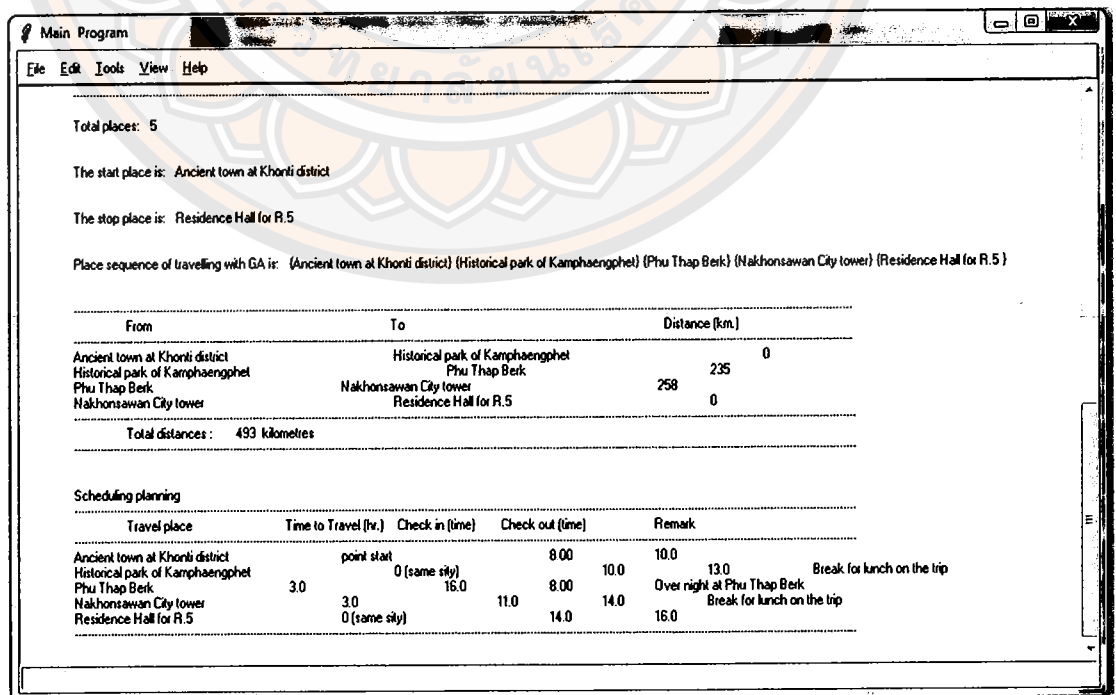


GA Parameters

Population size : 1000
 Number of generation : 30
 Probability of crossover : 0.95
 Probability of mutation : 0.1
 Crossover operation : DX
 Mutation operation : 20AS
 Random seed value : 555
 Percent of elitist : 10%
 Percent of neighbourhood : 10%

Generation No.	Best value	Best so far	Average	SD
1	493	493	673.269	61.693
2	493	493	564.130	60.762
3	493	493	493.000	0.000
4	493	493	493.000	0.000
5	493	493	493.000	0.000
6	493	493	493.000	0.000
7	493	493	493.000	0.000
8	493	493	493.000	0.000
9	493	493	493.000	0.000
10	493	493	493.000	0.000
11	493	493	493.000	0.000
12	493	493	493.000	0.000
13	493	493	493.000	0.000
14	493	493	493.000	0.000
15	493	493	493.000	0.000
16	493	493	493.000	0.000
17	493	493	493.000	0.000
18	493	493	493.000	0.000
19	493	493	493.000	0.000
20	493	493	493.000	0.000
21	493	493	493.000	0.000
22	493	493	493.000	0.000
23	493	493	493.000	0.000
24	493	493	493.000	0.000
25	493	493	493.000	0.000
26	493	493	493.000	0.000
27	493	493	493.000	0.000
28	493	493	493.000	0.000
29	493	493	493.000	0.000
30	493	493	493.000	0.000

รูปที่ 4.9 หน้าต่างรายงานผลลัพธ์ (1)



Total places: 5

The start place is: Ancient town at Khontri district

The stop place is: Residence Hall for R.5

Place sequence of travelling with GA is: (Ancient town at Khontri district) (Historical park of Kamphaengphet) (Phu Thap Berk) (Nakhonsawan City tower) (Residence Hall for R.5)

From	To	Distance (km.)
Ancient town at Khontri district	Historical park of Kamphaengphet	0
Historical park of Kamphaengphet	Phu Thap Berk	235
Phu Thap Berk	Nakhonsawan City tower	258
Nakhonsawan City tower	Residence Hall for R.5	0
Total distances : 493 kilometres		

Scheduling planning

Travel place	Time to Travel (hr.)	Check in (time)	Check out (time)	Remark
Ancient town at Khontri district	point start		8.00	10.0
Historical park of Kamphaengphet	3.0	0 (same city)	11.0	10.0
Phu Thap Berk		15.0	8.00	13.0
Nakhonsawan City tower			11.0	14.0
Residence Hall for R.5		0 (same city)	14.0	16.0

รูปที่ 4.10 หน้าต่างรายงานผลลัพธ์ (2)

4.2 ผลการทดสอบโปรแกรม

ในการทดสอบโปรแกรมจะใช้ค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้ในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.2.2 ขอบเขตความสามารถของโปรแกรม สำหรับแก้ปัญหาทุกๆ ปัญหา ซึ่งค่าพารามิเตอร์มีดังนี้

จำนวนประชากร	70
จำนวนรุ่นคำตอบ	25
อัตราการตัดสลั้บ	0.95
อัตราการกลายพันธุ์	0.001
กำหนดชุดเลขสุ่ม	111, 300, 555, 1,122, 5,115

4.2.1 ตัวอย่างที่ 1

การทดลองใช้โปรแกรมจัดเส้นทางการเดินทางที่ผู้ใช้มีการระบุสถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นการเดินทางและสิ้นสุดการเดินทาง

4.2.1.1 สถานที่ท่องเที่ยวที่ทำการเลือก

กำแพงเพชร : Ancient town at Khonti district, Banana market, Bang temple, Ban Hang R.5

นครสวรรค์ : Archaeological of Wat Phoprasat, Buddha's footprint

เพชรบูรณ์ : Agro - Tourism Centre Nam Nao, Bangrachan Rapids

พิจิตร : Agricultural Garden Wangthapshai, Buengsifai

พิษณุโลก : Art and culture of Naresuan university, City wall moat

สุโขทัย : Ban Tung Luang, Luang pho pi

ตาก : Ancient House, Doi Hua Mot

อุทัยธานี : Ban Karung Ancient Town, Ban Khok Mo Textile Group, Ban Natapho, Ban Samothong Hot Spring

สถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นในการเดินทาง : Ancient town at Khonti district

สถานที่ท่องเที่ยวสิ้นสุดในการเดินทาง : Ban Khok Mo Textile Group

4.2.1.2 ค่าคำตอบที่เป็นไปได้จากการใช้ค่าพารามิเตอร์ข้างต้นแก้ปัญหาด้วยกระบวนการของ GA ค่าคำตอบที่ได้ คือ การเดินทางทั้งหมด 20 แห่ง มีลำดับการเดินทางเรียงตามลำดับก่อน - หลัง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ระยะทางระหว่างสถานที่ กรณีเลือกจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด

From	To	Distance (km.)
Ancient town at Khonti district	Ban Samothong Hot Spring	125
Ban Samothong Hot Spring	Art and culture of Naresuan university	0 (same city)
Art and culture of Naresuan university	Ban Tung Luang	58
Ban Tung Luang	Bang temple	62
Bang temple	Banana market	0 (same city)
Banana market	Buddha's footprint	184
Buddha's footprint	Archaeological of Wat Phoprasat	74
Archaeological of Wat Phoprasat	Ban Karung Ancient Town	84
Ban Karung Ancient Town	Ancient House	48
Ancient House	Luang pho pi	121
Luang pho pi	Doi Hua Mot	50
Doi Hua Mot	Bangrachan Rapids	22
Bangrachan Rapids	Agro - Tourism Centre Nam Nao	0 (same city)
Agro - Tourism Centre Nam Nao	City wall moat	226
City wall moat	Ban Hang R.5	109
Ban Hang R.5	Ban Natapho	224
Ban Natapho	Bueng si fai	14
Bueng si fai	Agricultural Garden Wangthapshai	0 (same city)
Agricultural Garden Wangthapshai	Ban Khok Mo Textile Group	257
Total distances		1,658

ที่มา : จากหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ Main Program กรณีเลือกจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด

ระยะทางรวมในการเดินทางทั้งหมด 1,658 กิโลเมตร เป็นคำตอบของการกำหนดเลขสุ่ม 1,122 ซึ่งให้ค่าของคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่โปรแกรมสามารถหาได้ และมีแผนการเดินทาง ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แผนการเดินทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยว กรณีเลือกจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด

Tourist places	Time to Travel (hr.)	Check in (time)	Check out (time)	Remark
Ancient town at Khonti district	0	8	10	
Ban Samothong Hot Spring	2	12	15	Break for lunch on the trip
Art and culture of Naresuan university	0	15	17	
Ban Tung Luang	1	18	10	Overnight at Ban Tung Luang
Bang temple	1	11	14	Break for lunch on the trip
Banana market	0	14	16	
Buddha's footprint	3	8	10	Overnight at Buddha's footprint
Archaeological of Wat Phoprasat	1	11	14	Break for lunch on the trip
Ban Karung Ancient Town	1	15	17	
Ancient House	1	18	10	Overnight at Ancient House
Luang pho pi	2	12	15	Break for lunch on the trip
Doi Hua Mot	1	16	18	
Bangrachan Rapids	1	8	10	Overnight at Bangrachan Rapids
Agro - Tourism Centre Nam Nao	0	10	13	Break for lunch on the trip
City wall moat	3	16	18	
Ban Hang R.5	2	8	10	Overnight at Ban Hang R.5
Ban Natapho	3	13	16	Break for lunch on the trip
Bueng si fai	1	17	10	Overnight at Bueng si fai
Agricultural Garden Wangthapshai	0	10	13	Break for lunch on the trip
Ban Khok Mo Textile Group	3	16	18	

ที่มา : จากหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ Main Program กรณีเลือกจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุด

4.2.2 ตัวอย่างที่ 2

การทดลองใช้โปรแกรมจัดเส้นทางการเดินทางที่มีเงื่อนไขการเดินทางที่มีผู้ใช้มีการระบุสถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นการเดินทาง

4.2.2.1 สถานที่ท่องเที่ยวที่ทำการเลือก

กำแพงเพชร : Ancient town at Khonti district, Banana market, Bang temple, Ban Hang R.5

นครสวรรค์ : Archaeological of Wat Phoprasat, Buddha's footprint

เพชรบูรณ์ : Agro - Tourism Centre Nam Nao, Bangrachan Rapids

พิจิตร : Agricultural Garden Wangthapshai, Buengsi fai

พิษณุโลก : Art and culture of Naresuan university, City wall moat

สุโขทัย : Ban Tung Luang, Luang pho pi

ตาก : Ancient House, Doi Hua Mot

อุทัยธานี : Ban Karung Ancient Town, BanKhok Mo Textile Group, Ban Natapho, Ban Samothong Hot Spring

สถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นในการเดินทาง : Ban Khok Mo Textile Group

4.2.2.2 คำคำตอบที่เป็นไปได้จากการใช้ค่าพารามิเตอร์ข้างต้นแก้ปัญหาด้วยกระบวนการของ GA คำคำตอบที่ได้ คือ การเดินทางทั้งหมด 20 แห่ง มีลำดับการเดินทางเรียงตามลำดับก่อน - หลัง ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ระยะทางระหว่างสถานที่ กรณีเลือกจุดเริ่มต้นอย่างเดียว

From	To	Distance (km.)
Ban Khok Mo Textile Group	Buddha's footprint	183
Buddha's footprint	Ban Karung Ancient Town	105
Ban Karung Ancient Town	Art and culture of Naresuan university	0 (same city)
Art and culture of Naresuan university	Bueng si fai	71
Bueng si fai	Ban Hang R.5	82
Ban Hang R.5	Bang temple	0 (same city)
Bang temple	Ban Samothong Hot Spring	125

ตารางที่ 4.3 (ต่อ) ระยะทางระหว่างสถานที่ กรณีเลือกจุดเริ่มต้นอย่างเดียว

From	To	Distance (km.)
Ban Samothong Hot Spring	City wall moat	79
City wall moat	Archaeological of Wat Phoprasat	132
Archaeological of Wat Phoprasat	Ban Natapho	146
Ban Natapho	Agricultural Garden Wangthapshai	11
Agricultural Garden Wangthapshai	Ancient town at Khonti district	116
Ancient town at Khonti district	Banana market	0 (same city)
Banana market	Doi Hua Mot	70
Doi Hua Mot	Luang pho pi	121
Luang pho pi	Ban Tung Luang	65
Ban Tung Luang	Ancient House	152
Ancient House	Bangrachan Rapids	65
Bangrachan Rapids	Agro - Tourism Centre Nam Nao	0 (same city)
Total distances		1,523

ที่มา : จากหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ Main Program กรณีเลือกจุดเริ่มต้นอย่างเดียว

ระยะทางรวมในการเดินทางทั้งหมด 1,523 กิโลเมตร เป็นคำตอบของการกำหนดเลขสุ่ม 5,115 ซึ่งให้ค่าของคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่โปรแกรมสามารถหาได้ และมีแผนการเดินทาง ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แผนการเดินทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยว กรณีเลือกจุดเริ่มต้นอย่างเดียว

Tourist places	Time to Travel (hr.)	Check in (time)	Check out (time)	Remark
Ban Khok Mo Textile Group	0	8.00	10.00	
Buddha's footprint	3	13.00	16.00	Break for lunch on the trip
Ban Karung Ancient Town	2	18.00	10.00	Overnight at Ban Karung Ancient Town

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แผนการเดินทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยว กรณีเลือกจุดเริ่มต้นอย่างเดียว

Tourist places	Time to Travel (hr.)	Check in (time)	Check out (time)	Remark
Art and culture of Naresuan university	0	10.00	13.00	Break for lunch on the trip
Bueng si fai	1	14.00	16.00	
Ban Hang R.5	1	17.00	10.00	Overnight at Ban Hang R.5
Bang temple	0	10.00	13.00	Break for lunch on the trip
Ban Samothong Hot Spring	2	15.00	17.00	
City wall moat	1	18.00	10.00	Overnight at City wall moat
Archaeological of Wat Phoprasat	2	12.00	15.00	Break for lunch on the trip
Ban Natapho	2	17.00	10.00	Overnight at Ban Natapho
Agricultural Garden Wangthapshai	1	11.00	14.00	Break for lunch on the trip
Ancient town at Khonti district	2	16.00	18.00	
Banana market	0	18.00	10.00	Overnight at Banana market
Doi Hua Mot	1	11.00	14.00	Break for lunch on the trip
Luang pho pi	2	16.00	18.00	
Ban Tung Luang	1	8.00	10.00	Overnight at Ban Tung Luang
Ancient House	2	12.00	15.00	Break for lunch on the trip
Bangrathan Rapids	1	16.00	18.00	
Agro - Tourism Centre Nam Nao	0	18.00	10.00	Overnight at Agro - Tourism Centre Nam Nao

ที่มา : จากหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ Main Program กรณีเลือกจุดเริ่มต้นอย่างเดียว

4.2.3 ตัวอย่างที่ 3

การทดลองใช้โปรแกรมจัดเส้นทางการเดินทางที่มีผู้ใช้ไม่มีการระบุสถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นและสิ้นสุดการเดินทาง

4.2.3.1 สถานที่ท่องเที่ยวที่ทำการเลือก

กำแพงเพชร : Ancient town at Khonti district, Banana market, Bang temple, Ban Hang R.5

นครสวรรค์ : Archaeological of Wat Phoprasat, Buddha's footprint

เพชรบูรณ์ : Agro - Tourism Centre Nam Nao, Bangrachan Rapids

พิจิตร : Agricultural Garden Wangthapshai, Buengsisai

พิษณุโลก : Art and culture of Naresuan university, City wall moat

สุโขทัย : Ban Tung Luang, Luang pho pi

ตาก : Ancient House, Doi Hua Mot

อุทัยธานี : Ban Karung Ancient Town, BanKhok Mo Textile Group, Ban Natapho, Ban Samothong Hot Spring

4.2.3.2 คำคำตอบที่เป็นไปได้จากการใช้ค่าพารามิเตอร์ข้างต้นจัดเส้นทางการเดินทางด้วยกระบวนการของ GA คำคำตอบที่ได้ คือ การเดินทางทั้งหมด 20 แห่ง มีลำดับการเดินทางเรียงลำดับก่อน - หลัง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.5 ระยะทางระหว่างสถานที่ กรณีไม่เลือกทั้งจุดเริ่มต้น/สิ้นสุด

From	To	Distance (km.)
Ban Khok Mo Textile Group	Agricultural Garden Wangthapshai	34
Agricultural Garden Wangthapshai	City wall moat	65
City wall moat	Bueng si fai	71
Bueng si fai	Ban Tung Luang	118
Ban Tung Luang	Ban Natapho	282
Ban Natapho	Ban Hang R.5	187
Ban Hang R.5	Banana market	0 (same city)
Banana market	Ancient town at Khonti district	0 (same city)
Ancient town at Khonti district	Bang temple	0 (same city)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) ระยะทางระหว่างสถานที่ กรณีไม่เลือกทั้งจุดเริ่มต้น/สิ้นสุด

From	To	Distance (km.)
Bang temple	Ban Samothong Hot Spring	125
Ban Samothong Hot Spring	Art and culture of Naresuan university	0 (same city)
Art and culture of Naresuan university	Archaeological of WatPhoprasat	132
Archaeological of WatPhoprasat	Buddha's footprint	60
Buddha's footprint	Ban Karung Ancient Town	105
Ban Karung Ancient Town	Ancient House	48
Ancient House	Luang pho pi	121
Luang pho pi	Doi Hua Mot	50
Doi Hua Mot	Bangrachan Rapids	22
Bangrachan Rapids	Agro - Tourism Centre Nam Nao	0 (same city)
Total Distances		1,420

ที่มา : จากหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ Main Program กรณีไม่เลือกทั้งจุดเริ่ม/สิ้นสุด

ระยะทางรวมในการเดินทางทั้งหมด 1,420 กิโลเมตร เป็นคำตอบของการกำหนดเลขสุ่ม 300 ซึ่งให้ค่าของคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่โปรแกรมสามารถหาได้ และมีแผนการเดินทาง ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แผนการเดินทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยว กรณีไม่เลือกทั้งจุดเริ่มต้น/สิ้นสุด

Tourist places	Time to Travel (hr.)	Check in (time)	Check out (time)	Remark
Ban Khok Mo Textile Group	0	8.00	10.00	
Agricultural Garden Wangthapshai	1	11.00	14.00	Break for lunch on the trip
City wall moat	1	15.00	17.00	
Bueng si fai	1	18.00	10.00	Overnight at Buengsisifai

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) แผนการเดินทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยว กรณีไม่เลือกทั้งจุดเริ่มต้น/สิ้นสุด

Tourist places	Time to Travel (hr.)	Check in (time)	Check out (time)	Remark
Ban Tung Luang	2	12.00	15.00	Break for lunch on the trip
Ban Natapho	4	8.00	10.00	Overnight at Ban Natapho
Ban Hang R.5	3	13.00	16.00	Break for lunch on the trip
Banana market	0	16.00	18.00	
Ancient town at Khonti district	0	18.00	10.00	Overnight at Ancient town at Khonti district
Bang temple	0	10.00	13.00	Break for lunch on the trip
Ban Samothong Hot Spring	2	15.00	17.00	
Art and culture of Naresuan university	0	17.00	10.00	Overnight at Art and culture of Naresuan university
Archaeological of Wat Phoprasat	2	12.00	15.00	Break for lunch on the trip
Buddha's footprint	1	16.00	18.00	
Ban Karung Ancient Town	2	8.00	10.00	Overnight at Ban Karung Ancient Town
Ancient House	1	11.00	14.00	Break for lunch on the trip
Luang pho pi	2	16.00	18.00	
Doi Hua Mot	1	8.00	10.00	Overnight at Doi Hua Mot
Bangrachan Rapids	1	11.00	14.00	Break for lunch on the trip
Agro -Tourism Centre Nam Nao	0	14.00	16.00	

ที่มา : จากหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ Main Program กรณีไม่เลือกทั้งจุดเริ่ม/สิ้นสุด

4.2.4 ตัวอย่างที่ 4

การทดลองใช้โปรแกรมจัดเส้นทางการเดินทางที่มีการเดินทางทั้งหมด 288 แห่ง และผู้ใช้ระบบสถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้น/สิ้นสุดการเดินทางแห่งเดียวกันโดยสถานที่ท่องเที่ยวอ้างอิงจากภาคผนวก ก

สถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นในการเดินทาง : Ancient town at Khonti district

สถานที่ท่องเที่ยวสิ้นสุดในการเดินทาง : Ancient town at Khonti district

ระยะทางรวมในการเดินทางทั้งหมด 44,408 กิโลเมตร เป็นคำตอบของการกำหนดเลขสุ่ม 111 ซึ่งให้ค่าของคำตอบที่เหมาะสมที่สุดที่โปรแกรมสามารถทำได้

4.3 ผลการทดสอบคำตอบด้วยวิธีเนเบอร์ฮูด

การทดลองใช้โปรแกรมจัดเส้นทางการเดินทางที่ผู้ใช้มีการระบุสถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นการเดินทางและสิ้นสุดการเดินทาง มีสถานที่ท่องเที่ยวที่ทำการเลือกดังนี้

กำแพงเพชร : Ancient town at Khonti district, Banana market, Bang temple, Ban Hang R.5

นครสวรรค์ : Archaeological of Wat Phoprasat, Buddha's footprint

เพชรบูรณ์ : Agro - Tourism Centre Nam Nao, Bangrachan Rapids

พิจิตร : Agricultural Garden Wangthapshai, Buengsisai

พิษณุโลก : Art and culture of Naresuan university, City wall moat

สุโขทัย : Ban Tung Luang, Luang pho pi

ตาก : Ancient House, Doi Hua Mot

อุทัยธานี : Ban Karung Ancient Town, Ban Khok Mo Textile Group, Ban Natapho, Ban Samothong Hot Spring

สถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นในการเดินทาง : Ancient town at Khonti district

สถานที่ท่องเที่ยวสิ้นสุดในการเดินทาง : Ban Khok Mo Textile Group

ค่าคำตอบที่เป็นไปได้ ของกระบวนการของ GA ด้วยวิธีการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีเนเบอร์ฮูด ค่าคำตอบที่ได้หลังการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีเนเบอร์ฮูด 3 วิธี ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบระยะทางด้วยวิธีเนเบอร์ฮูดแต่ละวิธี

วิธีปรับปรุงเนเบอร์ฮูด	ระยะทางรวมทั้งหมด (ก.ม.)
วิธีเนเบอร์ฮูดอยู่ก่อนการสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์	1724
วิธีเนเบอร์ฮูดอยู่หลังการสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์	1696
วิธีเนเบอร์ฮูดอยู่ก่อนและหลัง การสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์	1696

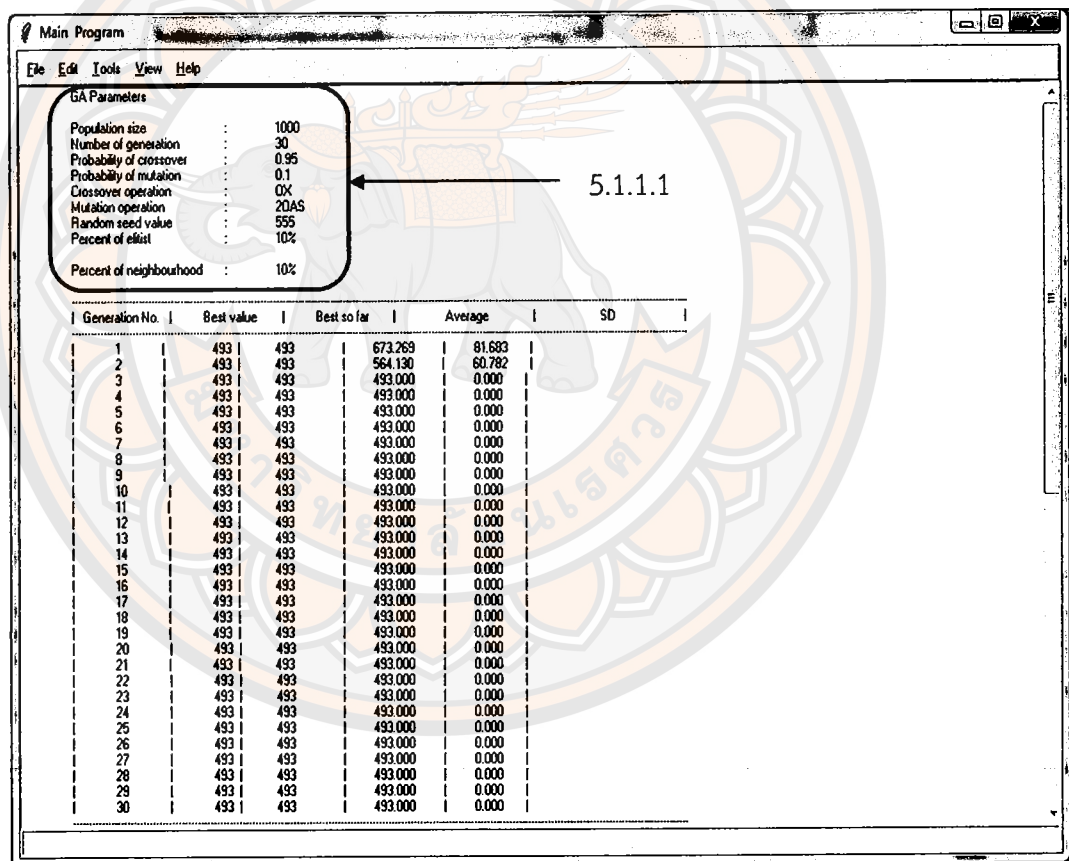
บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและจัดทำโปรแกรมการวางแผนการจัดเส้นทางเดินทาง เพื่อการท่องเที่ยวในเขตภาคเหนือตอนล่าง ด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึม สามารถสรุปผลการดำเนินโครงการ และข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

5.1.1 โปรแกรมจะแสดงผลออกมาในรูปแบบของหน้าต่าง Main Program ซึ่งเป็นหน้าต่างแสดงผลลัพธ์จากการเรียกใช้โปรแกรม ดังแสดงในรูปที่ 5.1



The screenshot shows a window titled "Main Program" with a menu bar (File, Edit, Tools, View, Help). A "GA Parameters" dialog box is open, listing parameters such as Population size (1000), Number of generation (30), Probability of crossover (0.95), Probability of mutation (0.1), Crossover operation (OX), Mutation operation (2DAS), Random seed value (555), Percent of elitist (10%), and Percent of neighbourhood (10%). An arrow labeled "5.1.1" points to the GA Parameters dialog. Below the dialog is a table with columns: Generation No., Best value, Best so far, Average, and SD. The table shows results for 30 generations, with Best value and Best so far both at 493, and Average and SD at 493.000 and 0.000 respectively.

Generation No.	Best value	Best so far	Average	SD
1	493	493	673.269	81.683
2	493	493	564.130	60.782
3	493	493	493.000	0.000
4	493	493	493.000	0.000
5	493	493	493.000	0.000
6	493	493	493.000	0.000
7	493	493	493.000	0.000
8	493	493	493.000	0.000
9	493	493	493.000	0.000
10	493	493	493.000	0.000
11	493	493	493.000	0.000
12	493	493	493.000	0.000
13	493	493	493.000	0.000
14	493	493	493.000	0.000
15	493	493	493.000	0.000
16	493	493	493.000	0.000
17	493	493	493.000	0.000
18	493	493	493.000	0.000
19	493	493	493.000	0.000
20	493	493	493.000	0.000
21	493	493	493.000	0.000
22	493	493	493.000	0.000
23	493	493	493.000	0.000
24	493	493	493.000	0.000
25	493	493	493.000	0.000
26	493	493	493.000	0.000
27	493	493	493.000	0.000
28	493	493	493.000	0.000
29	493	493	493.000	0.000
30	493	493	493.000	0.000

รูปที่ 5.1 หน้าต่าง Main Program แสดงผลลัพธ์ (1)

File Edit Tools View Help

Total places: 6 5.1.1.1

The start place is: Wat Sri aiyabot 5.1.1.2

The stop place is: Wanglum Waterfall 5.1.1.3

Place sequence of travelling with GA is: (Wat Sri aiyabot) (Banana market) Kaono-Kaokaew (Wat Kiiwang) (Wat Hua Dong) (Wanglum Waterfall) 5.1.1.4

From	To	Distance (km.)
Wat Sri aiyabot	Banana market	0
Banana market	Kaono-Kaokaew	97
Kaono-Kaokaew	Wat Kiiwang	37
Wat Kiiwang	Wat Hua Dong	106
Wat Hua Dong	Wanglum Waterfall	157

Total distances: 397 kilometres 5.1.1.6

Scheduling planning

Travel place	Time to Travel (hr.)	Check in (time)	Check out (time)	Remark
Wat Sri aiyabot	0	8.00	10.0	Lunch break
Banana market	0.0	10.0	13.0	
Kaono-Kaokaew	2.0	15.0	17.0	Over night Lunch break
Wat Kiiwang	1.0	18.0	8.00	
Wat Hua Dong	2.0	10.0	13.0	
Wanglum Waterfall	2.0	15.0	17.0	

5.1.1.8 5.1.1.9 5.1.1.10 5.1.1.11

รูปที่ 5.2 หน้าต่าง Main Program แสดงผลลัพธ์ (2)

สำหรับหน้าต่างแสดงผลลัพธ์ กรณีตัวอย่างที่ผู้ใช้ได้ทำการเลือกจังหวัดหรือสถานที่ต่างๆ และจุดเริ่มต้น/สิ้นสุดแล้ว ภายในหน้าต่างจะแสดงข้อมูลให้ผู้ใช้ทราบ ดังต่อไปนี้

5.1.1.1 ค่าพารามิเตอร์

5.1.1.2 จำนวนสถานที่ท่องเที่ยวทั้งหมดที่ต้องการเดินทางไป

5.1.1.3 สถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นในการเดินทาง

5.1.1.4 สถานที่สิ้นสุดในการเดินทาง

5.1.1.5 ลำดับเส้นทางสถานที่ท่องเที่ยวในการเดินทางที่เหมาะสม

5.1.1.6 ระยะทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยว

5.1.1.7 ระยะทางรวมทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทาง

5.1.1.8 แสดงตารางการวางแผนในการเดินทาง

5.1.1.9 แสดงระยะเวลาในการเดินทาง

5.1.1.10 แสดงระยะเวลาในการท่องเที่ยวในสถานที่หนึ่งๆ ที่ทำการเลือก

5.1.1.11 แผนการพักรับประทานอาหาร และการพักค้างคืน

5.1.2 การวางแผนการเดินทางจากโปรแกรมช่วยในการจัดเส้นทางที่สร้างขึ้นมีศักยภาพในการคำนวณเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม สำหรับการวางแผนการจัดเส้นทางการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยว

5.1.3 การพัฒนาโปรแกรมช่วยในการวางแผนการจัดเส้นทางการเดินทาง ถูกออกแบบให้สามารถใช้งานได้ง่าย และสะดวก เพื่อรองรับการใช้งานจากบุคคลทั่วไป

5.1.4 การพัฒนาโปรแกรมทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกการเดินทางไปทุกจังหวัด หรือเลือกการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวไปทุกสถานที่ สำหรับในเขตภาคเหนือตอนล่าง 8 จังหวัด

5.1.5 กระบวนการทำงานของ GA สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทาง และการจัดตารางการวางแผนในการเดินทางรวมถึงการกำหนดเวลาเริ่มต้น และเวลาสิ้นสุดของการเดินทางในแต่ละวันได้จริง

5.1.6 การพัฒนาโปรแกรมช่วยในการวางแผนการจัดเส้นทางเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวที่เหมาะสม มีวัตถุประสงค์เพื่อหาระยะทาง และแผนการเดินทางที่เหมาะสมที่สุดในการเดินทาง ซึ่งจะทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทาง โดยสามารถพัฒนาโปรแกรมช่วยในการวางแผนการจัดเส้นทางที่เหมาะสมนี้ได้ ด้วยโปรแกรม Tcl and the Tk Version 8.4

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การศึกษาและวิจัยโครงการครั้งนี้ได้ศึกษาเฉพาะเส้นทางหลวงที่เป็นเส้นทางหลัก ระยะทางระหว่างจังหวัดกับจังหวัด และเส้นทางรองระยะทางระหว่างอำเภอกับอำเภอของภาคเหนือตอนล่างจำนวน 8 จังหวัด เท่านั้น ยังมีเส้นทางรองอื่นๆ อีก อย่างเช่น เส้นทางระหว่างตำบลกับตำบลที่สามารถนำไปศึกษาต่อได้

5.2.2 การศึกษาการวางแผนการจัดเส้นทางเดินทางในครั้งนี้ ไม่ได้พิจารณาการขับชียานพาหนะที่เกิน 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง การเดินทางหลังช่วงเวลาที่กำหนด 18.00 น. ถึง 06.00 น. และสภาพการจราจร ดังนั้น จากข้อมูลดังกล่าว ความเร็วในการขับชีย เวลาในการเดินทาง สภาพการจราจร ก็สามารถนำไปศึกษาต่อได้

5.2.3 การศึกษาและวิจัยในโครงการนี้ พัฒนาโปรแกรมช่วยในการวางแผนการเดินทางเพื่อการท่องเที่ยวในเขตภาคเหนือตอนล่างเท่านั้น ในภาคอื่นๆ ยังสามารถนำไปศึกษาและพัฒนาต่อได้

5.2.4 โครงการวิจัยเล่มนี้ได้ใช้วิธีในการสลับสายพันธุ์ 1 วิธี คือ OX : Order Crossover และวิธีการกลายพันธุ์ 1 วิธี คือ 2OAS : Two Operation Adjacent Swap Mutation ยังเหลือวิธีการสลับสายพันธุ์และวิธีการกลายพันธุ์อื่นๆ ที่น่าสนใจในการศึกษา เช่น CX, PMX, Sub Tour Chunk Crossover, Alternating Edges Crossover, Two Operation Adjacent Random Mutation และ Centre Inverse Mutation เป็นต้น

5.2.5 โปรแกรมช่วยในการวางแผนการจัดเส้นทางเดินทางที่ถูกพัฒนาขึ้นมา นี้ นอกจากจะสามารถจัดเส้นทางที่ต้องการเดินทางที่เหมาะสมระหว่างจังหวัด และการเดินทางระหว่างสถานที่ท่องเที่ยวในเขตภาคเหนือตอนล่าง ในประเทศแล้ว โปรแกรมยังสามารถเปลี่ยนฐานข้อมูลในการคำนวณได้โดยผู้ใช้งาน ตัวอย่างเช่น

5.2.5.1 จัดเส้นทางระหว่างอำเภอหรือสถานที่ท่องเที่ยวนอกเหนือจาก 8 จังหวัด ของภาคเหนือตอนล่าง

5.2.5.2 จัดเส้นทางการเดินทางระหว่างประเทศที่ต้องการ

5.2.5.3 สามารถประยุกต์ใช้กับตารางความสัมพันธ์แบบ From to Chart สำหรับปัญหาการตั้งศูนย์กระจายสินค้า



เอกสารอ้างอิง

- ปรเมศวร์ ธารารุณ, ปริญญา เกษร, เรวัตน์ ชีระแนว (2545). การใช้โปรแกรมกระบวนการเชิงพันธุกรรมแก้ปัญหาด้านการเดินทางของพนักงานขาย : กรณีศึกษาภายในประเทศไทย ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2550). ทฤษฎีขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม. สืบค้นเมื่อ 29 กรกฎาคม 2555, จาก http://archive.lib.cmu.ac.th/full/T/2550/comp0950ns_ch2.pdf.
- มาลินี หลวงคลัง, ยูพาทิธร อนิลบล. (2554). โปรแกรมช่วยจัดเส้นทางโดยใช้วิธีเจเนติกอัลกอริทึมกรณีศึกษา ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร
- สิทธิศักดิ์ กันทะหล้า. (2551). รายงานเจเนติกอัลกอริทึม. สืบค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2555, จาก <http://cpe.rsu.ac.th/ut/courses/T151/cpe489/portfolio/481005/Report.doc>.
- อดิธร ศรีประเสริฐ. (2553). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าผลิตภัณฑ์เครื่องโดยวิธีมูลค่าประหยัด. วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์โลจิสติกส์เชิงยุทธศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
- Pongcharoen, P., Warattapop, C., and Pongcharoen, S. (2008). Improving Artificial Immune System Performance : Inductive Bias and Alternative Mutations, pp. 220-231, 2008.



ภาคผนวก ก

**สัญลักษณ์แทนชื่อจังหวัด 8 จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง
และลำดับการจัดเรียงสถานที่จังหวัด**

สัญลักษณ์แทนชื่อจังหวัด

K = Kamphaengphet

K1 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 1, K2 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 2, ..., K24 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 24

N = Nakhonsawan

N25 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 25, N26 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 26, ..., N69 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 69

PB = Phetchabun

PB70 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 70, PB71 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 71, ..., PB119 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 119

PC = Phichit

PC120 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 120, PC122 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 122, ..., PC141 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 141

PL = Phitsanulok

PL142 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 142, PC143 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 143, ..., PC167 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 167

S = Sukhothai

S168 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 168, S169 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 169, ..., S186 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 186

T = Tak

T187 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 187, T188 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 188, ..., T244 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 244

U = Uthaitani

U245 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 245, U246 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 246, ..., U288 = สถานที่ท่องเที่ยวลำดับที่ 288



ภาคผนวก ข

นิยามศัพท์แทนรายชื่อสถานที่ท่องเที่ยว

ตารางที่ ข.1 ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและสัญลักษณ์แทนสถานที่

กำแพงเพชร	Kamphaengphet	สัญลักษณ์
เมืองโบราณที่ ตำบลคณฑี	Ancient town at Khonti district	K1
ตลาดกล้วยไข่	Banana market	K2
หลวงพ่เพชร วัดบาง	Bang temple	K3
บ้านห้าง ร.5	Ban Hang R.5	K4
บ้านปางมะนาว (โครงการคลองลาน 2)	Ban Pangmanow Klong-lan Project II	K5
ศาลหลักเมืองกำแพงเพชร	City Pillar Shrine	K6
อุทยานประวัติศาสตร์กำแพงเพชร	Historical park of Kamphaengphet	K7
พิพิธภัณฑสถานจังหวัดกำแพงเพชรเฉลิม พระเกียรติ	Kamphaeng Phet Province Museum. Honor	K8
พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติกำแพงเพชร	Kamphaengphet National museum	K9
วัดป่าเขาเขียว (หลวงพ่อดิ่ง)	Khao Kheow forest temple	K10
อ่างเก็บน้ำคลองน้ำแดงเพื่อการเกษตร	Klong-Num-Daeng Reservoir for agriculture.	K11
อุทยานแห่งชาติคลองลาน	Klong-lan National park	K12
พิพิธภัณฑท์ท้องถิ่นวัดปราสาท	Local museum of Wat Prasat	K13
เมืองไตรตรึงษ์	Muang Tri-troung	K14
อุทยานแห่งชาติแม่วงก์	Mae-wong National park	K15
บ่อน้ำพุร้อนพระร่วง (บึงสาป)	Praruang Hot spring	K16
ศูนย์ส่งเสริมหัตถกรรมเครื่องเงินชาวเขา	Silver tribal handicraft promotion center.	K17
แหล่งน้ำมันสิริกิติ์	Sirikit oil source	K18
สิริจิตอุทยาน	Sirijit Park	K19
ศาลพระอิศวร	Shiva shrine.	K20
ศูนย์วัฒนธรรมชาวเขา	Tribal Cultural Center.	K21
หอไตรวัดคูยาง	Wat Hor-tri Kuyang	K22
วัดพระสี่อริยาบท	Wat Sri ariyabot	K23
หลวงพ่อุมงค์ วัดสว่างอารมณ์	Wat Swang Arom	K24

ตารางที่ ข.2 ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและสัญลักษณ์แทนสถานที่

นครสวรรค์	Nakhonsawan	สัญลักษณ์
แหล่งโบราณคดีวัดโพธิ์ประสาท	Archaeological of Wat Phoprasat	N25
อาคารแสดงพันธุ์สัตว์น้ำบึงบอระเพ็ด เฉลิมพระเกียรติ ๘๐ พรรษา ๕	Aquarium building of Bungboraphet Honor 80th Anniversary	N26
บ้านมอญ	Ban Mon	N27
บึงบอระเพ็ด	Bung Boraphet	N28
รอยพระพุทธรบาท	Buddha's footprint	N29
เมืองโบราณจันเสนและพิพิธภัณฑสถานจันเสน	Chan Sen Ancient City and Chan Sen Museum.	N30
วัดจอมคีรีนาคพรต	Chomkirinakbanphot	N31
สะพานเดชาติวงศ์	Dechatiwang Bridge	N32
เขาหน่อ-เขาแก้ว	Kaono-Kaokaew	N33
เขากล้าขุนนาค	Khao Tham Bunnak	N34
เขากล้าพระ	Khaothamphra	N35
เมืองโบราณโคกไม้เดน	Khokmaiden Ancient Town	N36
เมืองเก่าเวสาลี	Muangkao Wesali	N37
หอคมเมือง นครสวรรค์	Nakhonsawan City tower	N38
หอวัฒนธรรมจังหวัดนครสวรรค์	Nakhonsawan Culture Hall	N39
ฟาร์มนกกระจอกเทศ นครสวรรค์	Ostrich Farm, Nakhonsawan.	N40
ป่าไพศาลี	Phaisali Forest	N41
สวนกล้วยไม้พิไลพร	Philaiporn Orchid Garden	N42
พุทธศาสนสถานหลวงพ่อดำ	Places of Worship Luang Pho Dam	N43
ศาลาที่ประทับ ร.5 หน้าวัดเขื่อนแดง	Residence Hall for R.5	N44
อุทยานสวรรค์	Sawan Park	N45
ศาลเจ้าแม่หน้าผา	Shrine of Chaomae Napha	N46
ศาลเจ้าพ่อเทพารักษ์-เจ้าแม่ทับทิม	Shrine of Chaopo Tapharak - Chaomae Tabtim	N47
สระทะเล	Sra Ta Le	N48
วนอุทยานถ้ำเพชร-ถ้ำทอง	Thamphet-Thamthong Park	N49

ตารางที่ ข.3 ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและสัญลักษณ์แทนสถานที่

นครสวรรค์	Nakhonsawan	สัญลักษณ์
ถ้ำบ่อยา	Tham Bo Ya	N50
ชุมชนชาวไทยทรงดำบ้านไผ่สิงห์	The back community in Thailand, Ban Phaising	N51
ทุ่งหินเทิน	Tung Hin Thern	N52
น้ำตกวังน้ำวัง	Wang Nam Wing Waterfall	N53
เขื่อนวังรอ	Wang Ro Dam	N54
วัดบางมะฝ่อ	Wat Bangmafo	N55
ตลาดน้ำวัดบางประมุง	Wat Bangpramung Floating market	N56
วัดช่องแค	Wat Chong Kae	N57
วัดเขาดินใต้หรือวัดพระหน่อฉรรินทรไถล วารินคงคาราม	Wat Khao Din Tai	N58
วัดคีรีวงศ์	Wat Kiriwang	N59
วัดเกยไชยเหนือ	Wat Koey chai nua	N60
วัดเกาะหงษ์	Wat Kohong	N61
วัดเกรียงไกรกลาง	Wat Kraingkriklang	N62
วัดหนองกล้วย	Wat Nongklap	N63
วัดพระปรารค์เหลือง	Wat Phraprangluang	N64
วัดศรีสวรรค์สังฆาราม (วัดถือน้ำ)	Wat Srisawansangkham	N65
วัดป่าสิริวัฒนวิสุทธิ์	Wat Siriwattanawisut forest	N66
วัดถ้ำพรสวรรค์	Wat Thampornswan	N67
วัดวรนาถบรรพต	Wat Woranatbanpot	N68
กลุ่มทอผ้าบ้านท่ามะกรูด	Weaving Group Ban Tamakrud	N69
เพชรบูรณ์	Phetchabun	สัญลักษณ์
ศูนย์บริการท่องเที่ยวเชิงเกษตรอ.น้ำ หนาว	Agro-Tourism Centre Nam Nao	PB70
แก่งบางระจัน	Bangrachan Rapids	PB71
ไร่ บี เอ็น	BN Farm	PB72
บึงสามพัน	Buengsamphan	PB73
ไร่ชนิกา	Chanika Farm	PB74

ตารางที่ ข.4 ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและสัญลักษณ์แทนสถานที่

เพชรบูรณ์	Phetchabun	สัญลักษณ์
อนุสรณ์เงินฮ่อ	Chin Ho Memorial	PB75
ดงรอยเท้าไดโนเสาร์	Dinosaur footprints	PB76
สถานีทดลองเกษตรที่สูงเขาค้อ	Highland Agricultural Experiment Station Khao Kho	PB77
หมู่บ้านท่องเที่ยวชาวตอย (ม้ง) เล่าลือ	Hmong Villages	PB78
อ่างเก็บน้ำชลประทานห้วยป่าแดง	Huai Pa Daeng Reservoir irrigation.	PB79
ไร่กำนันจุล (ฟาร์มสเตย์)	Kamnanchun Farm	PB80
เขาค้อ	Khao Kho	PB81
หอสมุดนานาชาติเขาค้อ	Khao Kho International Library	PB82
เขารัง	Khao Rang	PB83
จุดชมวิวกุ๊ค้อ	Khao Kho View Point	PB84
หลักเมืองหล่มเก่า	Lom Kao City pillar	PB85
อนุสรณ์สถานผู้เสียสละเขาค้อ	Monument of sacrifices oneself Khao Kho	PB86
ฐานอิทธิ (พิพิธภัณฑสถานอาวุธ)	Museum of Weapons	PB87
หอวัฒนธรรมนครบาลเพชรบูรณ์	Nakornban Phetchabun Cultural Hall	PB88
อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว	Nam Nao National Park.	PB89
เนินมหัศจรรย์	Nernmahatsachan	PB90
สวนรุกขชาติหนองนารี	Nongnari Arboretum	PB91
ศาลเจ้าพ่อหลักเมืองเพชรบูรณ์	Pillar Shrine Phetchabun	PB92
พุทธธรรมสถานพระธาตุผาซ่อนแก้ว	Pha Shon Kaew	PB93
อนุสาวรีย์พ่อขุนผาเมือง	Pho Khun Pha Muang Monument.	PB94
พระตำหนักเขาค้อ	Phratamnak Khao Kho	PB95
ภูทับเบิก	Phu Thap Berk	PB96
ภูแก้ว แอดเวนเจอร์ ปาร์ค	PhuKaew Adventure Park.	PB97
สวนกุพนา	Phuphana Garden	PB98
อ่างเก็บน้ำรัตนัย	Rattanai Reservoir	PB99
เจดีย์พระบรมสารีริกธาตุเขาค้อ	Relic Pagoda Khao Kho	PB100

ตารางที่ ข.5 ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและสัญลักษณ์แทนสถานที่

เพชรบูรณ์	Phetchabun	สัญลักษณ์
สวนรุกขชาติซับชมภู	Sapchomphu Arboretum	PB101
ศาลสมเด็จพระนเรศวรมหาราช	Shrine of King Naresuan	PB102
น้ำตกศรีดิษฐ์	Sridit Waterfall	PB103
อุทยานประวัติศาสตร์ศรีเทพ	Sri Thep Historical Park	PB104
ทุ่งทานตะวันที่บ้านสามพัน	Sunflower fields at Bungsampan	PB105
จุดชมวิวยุทธศาสตร์ตาก (ถ้ำผาหงษ์)	Sunset View Point (Tam Pha Hong)	PB106
อุทยานแห่งชาติตาดหมอก	Tatmok National Park	PB107
ถ้ำฤๅษีสุมบัตติ	Tam Ruisombat	PB108
วนอุทยานน้ำตกธารทิพย์	Thantip Waterfall Park	PB109
ถ้ำใหญ่น้ำหนาว (ภูน้ำริน)	Tham Yai Nam Nao (Phu Nam Rin).	PB110
หมู่บ้านวัฒนธรรมชาวเขาน้อย	Tribal Cultural Village Ban Kheknoi	PB111
อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง (หนองแม่นา)	Tung Salaeng Luang National Park (Nong Mae na)	PB112
น้ำตกวังตุ้ม	Wangtum Waterfall	PB113
วัดช้างเผือก	Wat Changpuak	PB114
วัดมหาธาตุ	Wat Mahathat	PB115
วัดพระแก้ว	Wat Phrakaew	PB116
วัดศรีมงคล (วัดนาทราย)	Wat Srimonkon	PB117
วัดไตรภูมิ	Wat Triphum	PB118
วัดวิเชียรบำรุง	Wat Wichianbamrung	PB119
พิจิตร	Phichit	สัญลักษณ์
สวนเกษตรวังทับไทร	Agricultural Garden Wangthapshai	PC120
บึงสีไฟ	Bueng si fai	PC121
เหมืองแร่ทองคำเขาพนมพา	Gold mining Khao phanom pha	PC122
ขจรฟาร์ม (ฟาร์มนกกระจกเทศ)	Kha chorn Farm	PC123
อุทยานเมืองเก่าพิจิตร	Muangkao Park	PC124
วนอุทยานนครไชยบุรี	Nakhonchaibowon Park	PC125

ตารางที่ ข.6 ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและสัญลักษณ์แทนสถานที่

พิจิตร	Phichit	สัญลักษณ์
ศาลเจ้าแม่ทับทิม	Shrine of Chao Mae Taptim	PC126
ไร่องุ่นดงเจริญ (ไร่องุ่นขจรฟาร์ม)	Vineyards of Dongcharoen	PC127
วัดบ้านน้อย	Wat Ban Noi	PC128
วัดหิรัญญาราม หรือ วัดบางคลาน	Wat Hiranyaram or Wat BangKlan	PC129
วัดหัวดง	Wat Hua Dong	PC130
วัดห้วยเขน	Wat Huay Khen	PC131
วัดเขารูปช้าง	Wat Khao Rup Chang	PC132
วัดนครชุม	Wat Nakhonchum	PC133
วัดโพธิ์ประทับช้าง	Wat Phoprathapchang	PC134
วัดพระพุทธรูปบาทเขารวก	Wat Phraphuttabatkhaoruk	PC135
วัดโรงช้าง	Wat Rong Chang	PC136
พระพุทธรูปเกตุมงคลหรือ หลวงพ่อโต ตะพานหิน วัดเทวปราสาท	Wat Tewaprasat	PC137
วัดทับคล้อ (สวนโพธิ์สัตว์)	Wat Thap Klo (Phothisat Garden)	PC138
วัดท่าหลวง	Wat Ta Luang	PC139
วัดท่าช้าง	Wat Ta Chang	PC140
วัดยางสามต้น (วัดไตรยาง)	Wat Yangsamton (Wat Tri Yang)	PC141
พิษณุโลก	Phitsanulok	สัญลักษณ์
หอศิลป์และวัฒนธรรมมหาวิทยาลัย นเรศวร	Art and culture of Naresuan university	PL142
กำแพงเมืองคูเมือง	City wall moat	PL143
เขตห้ามล่าสัตว์ป่าเขาน้อย-เขาประดู่	Hunting forest region Khonoi- Kaopradu	PL144
เขตห้ามล่าสัตว์ป่าถ้ำผาท่าพล	Hunting forest region Phatapon Cave	PL145
พิพิธภัณฑ์พื้นบ้านจ่าทวี (จำลองเอกทวิ- พิมพ์ บูรณเขตต์)	Jha Tawee Folk Museum	PL146
อุทยานแห่งชาติแก่งเจ็ดแคว	Kaeng Chet Khwae National Park	PL147
น้ำตกแก่งซอง	Kaeng Shong waterfall	PL148

ตารางที่ ข.7 ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและสัญลักษณ์แทนสถานที่

พิษณุโลก	Phitsanulok	สัญลักษณ์
น้ำตกแก่งโสภา	Kaeng Sopha Waterfall	PL149
อุทยานแห่งชาติน้ำตกชาติตระการ	Numtok Chat Trakan National Park	PL150
เสาหลักเมืองพิษณุโลก	Pillar Phitsanulok	PL151
อนุสาวรีย์พ่อขุนบางกลางท่าว	Phokunbangklangtao Monument	PL152
ถ้ำพระวังแดง	Phra Wang Daeng Cave	PL153
อุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า	Phu Hin Rong Kla National Park	PL154
อุทยานแห่งชาติภูสอยดาว	Phu Soi Dao National Park	PL155
น้ำตกปอย	Poi waterfall	PL156
ศาลสมเด็จพระนเรศวรมหาราช	Shrine of King Naresuan	PL157
พิพิธภัณฑ์ผ้ามหาวิทยาลัยนเรศวร	Textile Museum Naresuan University	PL158
สวนนกไทยศึกษา	Thailand bird Garden	PL159
อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง	Tung Salaeng Luang National Park	PL160
น้ำตกวังนกแอ่นหรือสวนรุกชาติสกุณ- ทยาน	Wang Nok Aen or Rukkhachat Sakuno Garden	PL161
วัดเจติยยอดทอง	Wat Chedee Yodthong	PL162
วัดจุฬามณี	Wat Jhulamane	PL163
วัดนางพญา	Wat Nangpaya	PL164
วัดพระศรีมหาธาตุวรมหาวิหาร	Wat Phrassrimahathat	PL165
วัดราชบูรณะ	Wat Ratburana	PL166
วัดราชคีรีหิรัญยาราม	Wat Ratkirihiyanyaram	PL167
สุโขทัย	Sukhothai	สัญลักษณ์
บ้านทุ่งหลวง	Ban Tung Luang	S168
สวนบุญชอบ เอ็มเอ็ม	Bunchob emaim Garden	S169
หลวงพ่อบี้	Luang pho pi	S170
หลวงพ่อศิลา	Luang pho sila	S171
พิพิธภัณฑ์ปลาในวรรณคดีเฉลิมพระ เกียรติ	Museum of fish in the literature.	S172
สวนหลวงพระร่วงเฉลิมพระเกียรติ (ทุ่งแม่ ระวิง)	Phraruang Garden	S173

ตารางที่ ข.9 ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและสัญลักษณ์แทนสถานที่

ตาก	Tak	สัญลักษณ์
บ่อน้ำร้อนห้วยน้ำนก	Huaynumnak Hot spring	T195
เจดีย์ยุทธหัตถีหรือ เจดีย์เฉลิมพระเกียรติ พระเจ้ารามคำแหงมหาราช	luthheete Royal Pagoda or Pagoda Ramkhamhaeng the Great God	T196
อุทยานแห่งชาติขุนพะวอ	Khunpawo National park	T197
อุทยานแห่งชาติตากสินมหาราช	King Taksin National park	T198
อุทยานแห่งชาติคลองวังเจ้า	Klongwangchao National Park	T199
ประติมากรรมกระตงสาย	Krathong Sai Sculpture	T200
อุทยานแห่งชาติลานสาง	Lansang National park	T201
น้ำพุร้อนแม่กาษาและถ้ำแม่อุษา	Mae-Kasa Hot springs	T202
น้ำตกแม่กาษา	Mae-Kasa waterfall	T203
อุทยานแห่งชาติแม่เมย	Mae Moey National Park	T204
หาดทรายทองแม่ปิงเมืองตาก	Mae-ping Golden sands.	T205
แม่สอด	Maesod	T206
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่ต๋น	Mae Tun Wildlife Sanctuary.	T207
หนองน้ำมณีบรรพต	Maneebanpot tarn	T208
แม่น้ำเมย	Moey river	T209
เมืองเก่าท่าสองยาว	Muangkao Tasongyaw	T210
อุทยานประวัติศาสตร์เมืองตากเก่า	Muangtakkao Historical Park.	T211
น้ำตกนางครวญ	Nangkruan Waterfall	T212
เนินพิศวง	Nernpitsawong	T213
วนอุทยานไม้กลายเป็น (ฟอสซิลไม้ กลายเป็นหินใหญ่ที่สุดใน (ตาก)	Petrified Wood Park	T214
อุทยานแห่งชาติน้ำตกพาเจริญ	Pha Charoen Waterfall National Park.	T215
ผาสามเงา	Pha Sam Ngao	T216
ศูนย์บริการวิชาการด้านพืชและปัจจัย ผลิตตาก	Plant Science Center and Production inputs	T217
พระธาตุหินกิวที่ตอยดินจี	Relics Hin-kiw	T218
ตลาดริมเมย	Rimmoeuy Market	T219

ตารางที่ ข.10 ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและสัญลักษณ์แทนสถานที่

ตาก	Tak	สัญลักษณ์
ไร่กุหลาบ อ.พบบพระ	Rose Ranch of Phop Phra	T220
สะพานแขวนสมโภชกรุงรัตนโกสินทร์ 200 ปี	Rope bridge Rattanakosin 200 years.	T221
ศาลเจ้าพ่อพะวอ	Shrine of jao-po-phawo	T222
ศาลสมเด็จพระนเรศวรมหาราช	Shrine of King Naresuan	T223
ศาลสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช	Shrine of King Taksin	T224
สวนเทพพิทักษ์	Tappitak Graden	T225
วัดไทยวัฒนาราม	Thaiwattanaram temple	T226
สะพานมิตรภาพไทย-พม่า	The bridge Thailand-Myanmar	T227
น้ำตกทีลอซู	Thi Lo Su waterfall	T228
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอุ้มผาง	Umphang Wildlife Sanctuary.	T229
วัดโบสถ์มณีศรีบุญเรือง	Wat Bot-maneesribunraung	T230
วัดชลประทานรังสรรค์	Wat Chunpratanrangsarit	T231
วัดดอนแก้ว	Wat Donkaew	T232
วัดดอยข่อยเขาแก้วและวัดกลางสวนดอกไม้	Wat Doi-khoi-khao-kaew	T233
วัดเขาถ้ำ	Wat Khao-thum	T234
วัดสมเด็จพระนารายณ์มหาราช	Wat King Narai	T235
วัดมณีบรรพตวรวิหาร	Wat Manee Banphot	T236
วัดมงคลคีรีเขตร์ (ครูบาสร้อย)	Wat Mongkonkirikhet	T237
วัดมณีไพรสณฑ์	Wat Muneepriison	T238
วัดพระบรมธาตุ	Wat Praborommatad	T239
วัดพระพุทธรูปทอถอยโล้น	Wat Praputtabat-Doilon	T240
วัดโพธิคุณ หรือ วัดห้วยเตย	Wat Pothikun or Huay-toey	T241
วัดสีตลาราม หรือ วัดน้ำหัก	Wat Seetalaram	T242
คอกช้างเผือก	White elephant stables.	T243
ริมสายธารลานกระทงสาย	Yard for Krathong Sai	T244

ตารางที่ ข.11 ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและสัญลักษณ์แทนสถานที่

อุทยาน	Uthai Thani	สัญลักษณ์
เมืองโบราณบ้านการุ้ง	Ban Karung Ancient Town	U245
แหล่งทอผ้าพื้นเมืองบ้านโคกหม้อ	Ban Khok Mo Textile Group	U246
บ้านนาตาโพ	Ban Natapho	U247
น้ำพุร้อนบ้านสมอทอง	Ban Samothong Hot Spring	U248
เมืองโบราณบึงคอกช้าง	Bueng Khok Chang Ancient Town	U249
บึงทับแต้	Bueng Thap Tae	U250
สวนพฤกษศาสตร์	Botanical Garden	U251
ศูนย์แสดงและสาธิตการทอผ้าพื้นเมือง (กลุ่มทอผ้าไพจิตร)	Center and Demonstration of traditional weaving	U252
ตลาดนัดวัว-ควาย หนองหญ้าปล้อง	Cow - Buffalo Market Nong Ya Plong	U253
น้ำตกไซเบอร์ หรือน้ำตกหินลาด	Cyber or Hin lat Waterfall	U254
สวนป่าห้วยระบำ	Huay Rabam Forest Park	U255
หุบป่าตาด	Hup Pa Tat	U256
พิพิธภัณฑประวัติศาสตร์และวัฒนธรรม ท้องถิ่น	Kaeng Shong waterfall	U257
เขาปฐวี	Khao Pathawi	U258
เขาผาแรด	Kao Pha Rat	U259
เขาพระยาพายุเร็ว	Khao Phrayapairua	U260
เขาปลาร้า	Khao Plara	U261
เขาสะแกกรัง	Khao Sa Kae Krang	U262
เกาะเทโพ	Koh Tephoo	U263
หลวงพ่อโตวัดผาทั่ง	Luang Pho To Wat Phathang	U264
เมืองอุไทยธานีเก่า	Muang Uthai Thani Kao	U265
น้ำตกผาร่มเย็น	Pha Rom Yen Waterfall	U266
พระแสงดาบศัสตราวุธประจำเมือง อุทัยธานี	Phra Saeng Dap of Uthai Thani	U267
ลำน้ำสะแกกรัง	Sakae Krang River	U268
ศูนย์วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและ สิ่งแวดล้อม	Science Technology and Environment Center	U269

ตารางที่ ข.12 ชื่อสถานที่ท่องเที่ยวและสัญลักษณ์แทนสถานที่

อุทยาน	Uthai Thani	สัญลักษณ์
น้ำตกตาดดาว	Tat Dao Waterfall	U270
วนอุทยานถ้ำเขาวง	Tham Khaowong Park	U271
ถ้ำเขาน้องชัย	Tham Khao Khong Chai	U272
ถ้ำเกร็ดดาว	Tham Kret Dao	U273
ถ้ำพวย	Tham Phu Wai	U274
เขื่อนทับเสลา	Thap Salao Dam	U275
ศูนย์วัฒนธรรมชาวบ้านอีมาด-อีทราย	Tribal Cultural Center Ban Emat - Eshai	U276
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร-ห้วย ขาแข้ง	Thungyai Naresuan Wildlife Sanctuary - Huay Kha Khaeng	U277
วัดจันทาราม (วัดท่าซุง)	Wat Chantaram (Wat Ta Sung)	U278
วัดเขาวงพระมหจรรย์	Wat Khaowongphrommachan	U279
วัดมณีสถิตยภิภูธาราม	Wat Manisathitkapitatharam	U280
วัดหนองขุนชาติ	Wat Nong Khun Chat	U281
วัดหนองพลวง	Wat Nong Phluang	U282
วัดสังกัสรัตนคีรี	Wat Sangkatranttanakiri	U283
วัดถ้ำเขาตะพาน	Wat Thamkhaotaphap	U284
วัดถ้ำเขาวง	Wat Tham Khaowong	U285
วัดธรรมโฆษก (วัดโรงโค)	Wat Thamkhosok (Wat Rong Kho)	U286
วัดทัพทัน	Wat Thap Than	U287
วัดอุโบสถาราม	Wat Uposatharam	U288



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการทดสอบโปรแกรม

มหาวิทยาลัยรัตนนคร

ตัวอย่างการทดสอบโปรแกรม

การทดลองใช้โปรแกรมแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางที่ผู้ใช้มีการระบุจังหวัดเริ่มต้นการเดินทางและสิ้นสุดการเดินทาง สำหรับสถานที่ท่องเที่ยวที่ทำการเลือก

กำแพงเพชร : Ancient town at Khonti district, Banana market, Bang temple, Ban Hang R.5

นครสวรรค์ : Archaeological of WatPhoprasat, Buddha's footprint

เพชรบูรณ์ : Agro - Tourism Centre Nam Nao, Bangrathan Rapids

พิจิตร : Agricultural Garden Wangthapshai, Buengsifai

พิษณุโลก : Art and culture of Naresuan university, City wall moat

สุโขทัย : Ban Tung Luang, Luang pho pi

ตาก : Ancient House, Doi Hua Mot

อุทัยธานี : Ban Karung Ancient Town, Ban Khok Mo Textile Group, Ban Natapho, Ban Samothong Hot Spring

สถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นในการเดินทาง : Ancient town at Khonti district

สถานที่ท่องเที่ยวสิ้นสุดในการเดินทาง : Ban Khok Mo Textile Group

กรณีที่ 1 จะใช้ค่าพารามิเตอร์ในการทดสอบโปรแกรม ดังนี้

จำนวนประชากร	1,000
จำนวนรุ่นคำตอบ	30
อัตราตัดสลั้บ	0.95
อัตราการกลายพันธุ์	0.10
กำหนดชุดเลขสุ่ม	555

จากการใช้ค่าพารามิเตอร์ข้างต้นแก้ปัญหา ค่าคำตอบที่ได้ คือ การเดินทางทั้ง 20 แห่ง มีลำดับการเดินทางเรียงลำดับ ก่อน – หลัง ดังแสดงในตารางที่ ค.1 ระยะทางรวมในการเดินทางทั้งหมด 1,652 กิโลเมตร ซึ่งจะให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดของทีโปรแกรมสามารถหาได้

กรณีที่ 2 จะใช้ค่าพารามิเตอร์ในการทดสอบโปรแกรม ดังนี้

จำนวนประชากร	1,000
จำนวนรุ่นคำตอบ	150
อัตราตัดสลั้บ	0.95
อัตราการกลายพันธุ์	0.10

กำหนดชุดเลขสุ่ม 555

จากการใช้ค่าพารามิเตอร์ข้างต้นแก้ปัญหา ค่าคำตอบที่ได้ คือ การเดินทางทั้ง 20 แห่ง มีลำดับการเดินทางเรียงลำดับ ก่อน – หลัง ดังแสดงในตารางที่ ค.2 ระยะทางรวมในการเดินทางทั้งหมด 1,616 กิโลเมตร ซึ่งจะให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดของที่โปรแกรมสามารถหาได้

กรณีที่ 3 จะใช้ค่าพารามิเตอร์ในการทดสอบโปรแกรม ดังนี้

จำนวนประชากร	1,000
จำนวนรุ่นคำตอบ	250
อัตราตัดสลับ	0.95
อัตราการกลายพันธุ์	0.10
กำหนดชุดเลขสุ่ม	555

จากการใช้ค่าพารามิเตอร์ข้างต้นแก้ปัญหา ค่าคำตอบที่ได้ คือ การเดินทางทั้ง 20 แห่ง มีลำดับการเดินทางเรียงลำดับ ก่อน – หลัง ดังแสดงในตารางที่ ค.3 ระยะทางรวมในการเดินทางทั้งหมด 1,602 กิโลเมตร ซึ่งจะให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดของที่โปรแกรมสามารถหาได้

กรณีที่ 4 จะใช้ค่าพารามิเตอร์ในการทดสอบโปรแกรม ดังนี้

จำนวนประชากร	1,000
จำนวนรุ่นคำตอบ	750
อัตราตัดสลับ	0.95
อัตราการกลายพันธุ์	0.10
กำหนดชุดเลขสุ่ม	555

จากการใช้ค่าพารามิเตอร์ข้างต้นแก้ปัญหา ค่าคำตอบที่ได้ คือ การเดินทางทั้ง 20 แห่ง มีลำดับการเดินทางเรียงลำดับ ก่อน – หลัง ดังแสดงในตารางที่ ค.4 ระยะทางรวมในการเดินทางทั้งหมด 1,515 กิโลเมตร ซึ่งจะให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดของที่โปรแกรมสามารถหาได้

กรณีที่ 5 จะใช้ค่าพารามิเตอร์ในการทดสอบโปรแกรม ดังนี้

จำนวนประชากร	1,000
จำนวนรุ่นคำตอบ	10,000
อัตราตัดสลับ	0.95
อัตราการกลายพันธุ์	0.10
กำหนดชุดเลขสุ่ม	555

จากการใช้ค่าพารามิเตอร์ข้างต้นแก้ปัญหา คำคำตอบที่ได้ คือ การเดินทางทั้ง 20 แห่ง มีลำดับการเดินทางเรียงลำดับ ก่อน – หลัง ดังแสดงในตารางที่ ค.5 ระยะทางรวมในการเดินทางทั้งหมด 1,614 กิโลเมตร ซึ่งจะให้คำตอบที่เหมาะสมที่สุดของที่โปรแกรมสามารถหาได้

ตารางที่ ค.1 กรณีที่ 1

From	To
Ancient town at Khonti district	Agricultural Garden Wangthapshai
Agricultural Garden Wangthapshai	Bueng si fai
Bueng si fai	Ban Hang R.5
Ban Hang R.5	Ancient House
Ancient House	Doi Hua Mot
Doi Hua Mot	Banana market
Banana market	Bang temple
Bang temple	Luang pho pi
Luang pho pi	Ban Tung Luang
Ban Tung Luang	Agro-Tourism Centre Nam Nao
Agro -Tourism Centre Nam Nao	Bangrachan Rapids
Bangrachan Rapids	City wall moat
City wall moat	Art and culture of Naresuan university
Art and culture of Naresuan university	Archaeological of Wat Phoprasat
Archaeological of Wat Phoprasat	Buddha's footprint
Buddha's footprint	Ban Karung Ancient Town
Ban Karung Ancient Town	Ban Natapho
Ban Natapho	Ban Samothong Hot Spring
Ban Samothong Hot Spring	Ban Khok Mo Textile Group
เวลาในการรันผลลัพธ์ : 59 วินาที	

ตารางที่ ค.2 กรณีที่ 2

From	To
Ancient town at Khonti district	Banana market
Banana market	Bang temple
Bang temple	Ban Hang R.5
Ban Hang R.5	Luang pho pi
Luang pho pi	Doi Hua Mot
Doi Hua Mot	Ancient House
Ancient House	City wall moat
City wall moat	Art and culture of Naresuan university
Art and culture of Naresuan university	Ban Tung Luang
Ban Tung Luang	Agro-Tourism Centre Nam Nao
Agro-Tourism Centre Nam Nao	Bangrachan Rapids
Bangrachan Rapids	Agricultural Garden Wangthapshai
Agricultural Garden Wangthapshai	Bueng si fai
Bueng si fai	Archaeological of Wat Phoprasat
Archaeological of Wat Phoprasat	Buddha's footprint
Buddha's footprint	Ban Samothong Hot Spring
Ban Samothong Hot Spring	Ban Karung Ancient Town
Ban Karung Ancient Town	Ban Natapho
Ban Natapho	Ban Khok Mo Textile Group
เวลาในการรันผลลัพธ์ : 4.40 นาที	

ตารางที่ ค.3 กรณีที่ 3

From	To
Ancient town at Khonti district	Ban Hang R.5
Ban Hang R.5	Bang temple
Bang temple	Ancient House
Ancient House	Doi Hua Mot
Doi Hua Mot	Banana market
Banana market	Luang pho pi

ตารางที่ ค.3 (ต่อ) กรณีที่ 3

From	To
Luang pho pi	City wall moat
City wall moat	Bangrachan Rapids
Bangrachan Rapids	Agro-Tourism Centre Nam Nao
Agro-Tourism Centre Nam Nao	Art and culture of Naresuan university
Art and culture of Naresuan university	Ban Tung Luang
Ban Tung Luang	Agricultural Garden Wangthapshai
Agricultural Garden Wangthapshai	Bueng si fai
Bueng si fai	Archaeological of Wat Phoprasat
Archaeological of Wat Phoprasat	Buddha's footprint
Buddha's footprint	Ban Samothong Hot Spring
Ban Samothong Hot Spring	Ban Karung Ancient Town
Ban Karung Ancient Town	Ban Natapho
Ban Natapho	Ban Khok Mo Textile Group
เวลาในการรันผลลัพธ์ : 10.35 นาที	

ตารางที่ ค.4 กรณีที่ 4

From	To
Ancient town at Khonti district	Bang temple
Bang temple	Ancient House
Ancient House	Doi Hua Mot
Doi Hua Mot	Ban Hang R.5
Ban Hang R.5	Banana market
Banana market	Ban Tung Luang
Ban Tung Luang	Luang pho pi
Luang pho pi	City wall moat
City wall moat	Art and culture of Naresuan university
Art and culture of Naresuan university	Bangrachan Rapids
Bangrachan Rapids	Agro-Tourism Centre Nam Nao
Agro-Tourism Centre Nam Nao	Agricultural Garden Wangthapshai
Agricultural Garden Wangthapshai	Bueng si fai

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) กรณีที่ 4

From	To
Bueng si fai	Archaeological of Wat Phoprasat
Archaeological of Wat Phoprasat	Buddha's footprint
Buddha's footprint	Ban Samothong Hot Spring
Ban Samothong Hot Spring	Ban Karung Ancient Town
Ban Karung Ancient Town	Ban Natapho
Ban Natapho	Ban Khok Mo Textile Group
เวลาในการรันผลลัพธ์ : 32.41 นาที	

ตารางที่ ค.5 กรณีที่ 5

From	To
Ancient town at Khonti district	Bang temple
Bang temple	Banana market
Banana market	Ban Hang R.5
Ban Hang R.5	Bueng si fai
Bueng si fai	Agricultural Garden Wangthapshai
Agricultural Garden Wangthapshai	Ban Tung Luang
Ban Tung Luang	Luang pho pi
Luang pho pi	Doi Hua Mot
Doi Hua Mot	Ancient House
Ancient House	City wall moat
City wall moat	Art and culture of Naresuan university
Art and culture of Naresuan university	Bangrachan Rapids
Bangrachan Rapids	Agro-Tourism Centre Nam Nao
Agro-Tourism Centre Nam Nao	Buddha's footprint
Buddha's footprint	Archaeological of Wat Phoprasat
Archaeological of Wat Phoprasat	Ban Natapho
Ban Natapho	Ban Samothong Hot Spring
Ban Samothong Hot Spring	Ban Karung Ancient Town
Ban Karung Ancient Town	Ban Khok Mo Textile Group
เวลาในการรันผลลัพธ์ : 2.30 ชั่วโมง	



ภาคผนวก ง

ตารางแสดงตัวการจัดเรียงอำเภอโดย

Microsoft Excel

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ ง.1 แสดงระยะทางระหว่างอำเภอ

ลำดับ	จังหวัด	สถานที่ต้นทาง	สถานที่ปลายทาง	ระยะทาง(ก.ม.)
1	Kamphaengphet	Phrankratai	Pangsilathong	78
2		Pangsilathong	Muang	46
3		Muang	Lankrabu	59
4		Lankrabu	Khlonglan	98
5		Khlonglan	Khanuworalaksaburi	89
6		Khanuworalaksaburi	Banpotpisai	27
7	Nakhonsawan	Banpotpisai	Chumsang	50
8		Chumsang	Kao Liao	31
9		Kao Liao	Krokpra	41
10		Krokpra	Maepoen	84
11		Maepoen	Maewong	27
12		Maewong	Muang	73
13		Muang	Nongbua	72
14		Nongbua	Paisali	43
15		Paisali	Phayuhakiri	73
16		Phayuhakiri	Takfa	66
17		Takfa	Takhli	22
18		Takhli	Thatako	61
19		Thatako	Buengsamphan	80
20	Phetchabun	Buengsamphan	Khaokho	128
21		Khaokho	Lomkao	74
22		Lomkao	Lomsak	29

ตารางที่ ง.2 แสดงระยะทางระหว่างอำเภอ

ลำดับ	จังหวัด	สถานที่ต้นทาง	สถานที่ปลายทาง	ระยะทาง(ก.ม.)	
23	Phetchabun	Lomsak	Muang	42	
24		Muang	Nongpai	61	
25		Nongpai	Num Nao	190	
26		Num Nao	Srithep	253	
27		Srithep	Wichianburi	31	
28		Wichianburi	Bangmonnak	118	
29		Phichit	Bangmonnak	Dongcharoen	29
30	Dongcharoen		Muang	65	
31	Muang		Phopratachang	21	
32	Phopratachang		Phothale	34	
33	Phothale		Saklek	75	
34	Saklek		Taphanhin	45	
35	Taphanhin		Thapklo	20	
36	Thapklo		Wangshaiphun	31	
37	Wangshaiphun		Chattrakan	137	
38	Chattrakan		Muang	106	
39	Muang		Nakhonthai	98	
40	Nakhonthai		Noenmaprang	125	
41	Phitsanulok		Noenmaprang	Phrompiram	91
42			Phrompiram	Wangthong	42
43			Wangthong	Watbot	27
44			Watbot	Bandanlanhoi	110

ตารางที่ ง.3 แสดงระยะทางระหว่างอำเภอ

ลำดับ	จังหวัด	สถานที่ต้นทาง	สถานที่ปลายทาง	ระยะทาง(ก.ม.)
45	Sukhothai	Bandanlanhoi	Khirimat	38
46		Khirimat	Muang	28
47		Muang	Sawankhalok	39
48		Sawankhalok	Srisatchanalai	27
49		Srisatchanalai	Thungsaliang	44
50		Thungsaliang	Bantak	115
51	Tak	Bantak	Maeramat	95
52		Maeramat	Maesot	56
53		Maesot	Muang	65
54		Muang	Phoppbra	130
55		Phoppbra	Samngao	180
56		Samngao	Tasongyang	154
57		Tasongyang	Umphang	249
58		Umphang	Wangchao	257
59		Wangchao	Banrai	268
60		Banrai	Huaykhot	38
61	Uthaitani	Huaykhot	Lansak	32
62		Lansak	Muang	58
63		Muang	Nongchang	22
64		Nongchang	Nongkhayang	10
65		Nongkhayang	Sawang arom	28
66		Sawang arom	Thapthan	15
67		Thapthan	Muang(กำแพงเพชร)	152

ตารางที่ ง.4 แสดงตัวอย่างระยะทางระหว่างอำเภอของจังหวัดสุโขทัย

ลำดับ	ชื่อสถานที่ท่องเที่ยว	อำเภอต้นทาง	อำเภอปลายทาง	ระยะทาง (ก.ม.)
1	Ban Tung Luang	Khirimat	Muang	28
2	Bunchob emaim Garden	Muang	Bandanlanhoi	28
3	Luang pho pi	Bandanlanhoi	Thungsaliam	43
4	Luang pho sila	Thungsaliam	Muang	68
5	Museum of fish in the literature.	Muang	Sawankhalok	39
6	Phraruang Garden	Sawankhalok	Muang	39
7	Ramkhamhaeng National Museum.	Muang	Khirimat	28
8	Ramkhamhaeng or Khao Luang National Park	Khirimat	Khirimat	0
9	Sai Rung Waterfall	Khirimat	Muang	28
10	Sangkhalok Sukhothai Museum	Muang	Srisatchanalai	65
11	Sathorn Gold Textile Museum	Srisatchanalai	Sawankhalok	27
12	Sawankavoranayok National Museum	Sawankhalok	Muang	39
13	Shrine of Phra Mae ya	Muang	Srisatchanalai	65
14	Sri Satchanalai Historical Park	Srisatchanalai	Srisatchanalai	0
15	Sri Satchanalai National Park	Srisatchanalai	Srisatchanalai	0
16	Study and Conservation Tao Sangkhalok Centure	Srisatchanalai	Muang	65
17	Sukhothai Historical Park	Muang	Muang	0
18	Wat Changlom	Muang	Srisatchanalai	65
19	Wat Phiphatmongkon	Srisatchanalai	Khirimat	92

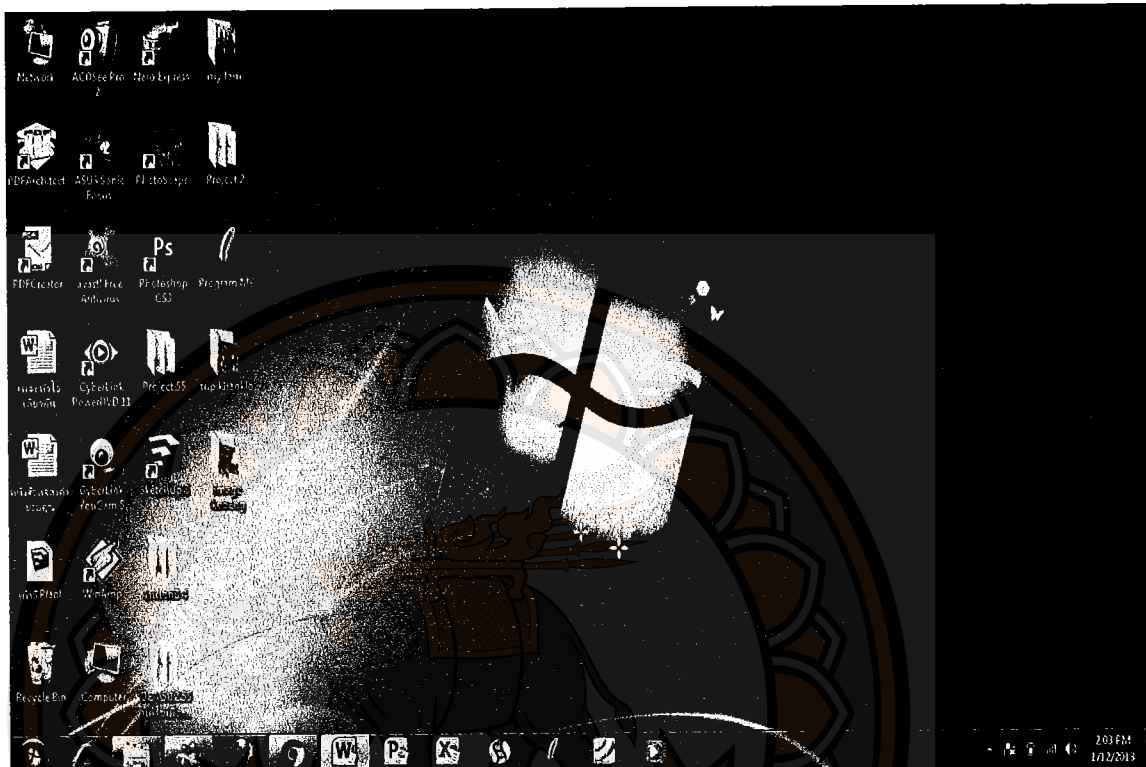


ภาคผนวก จ
คู่มือการใช้โปรแกรม

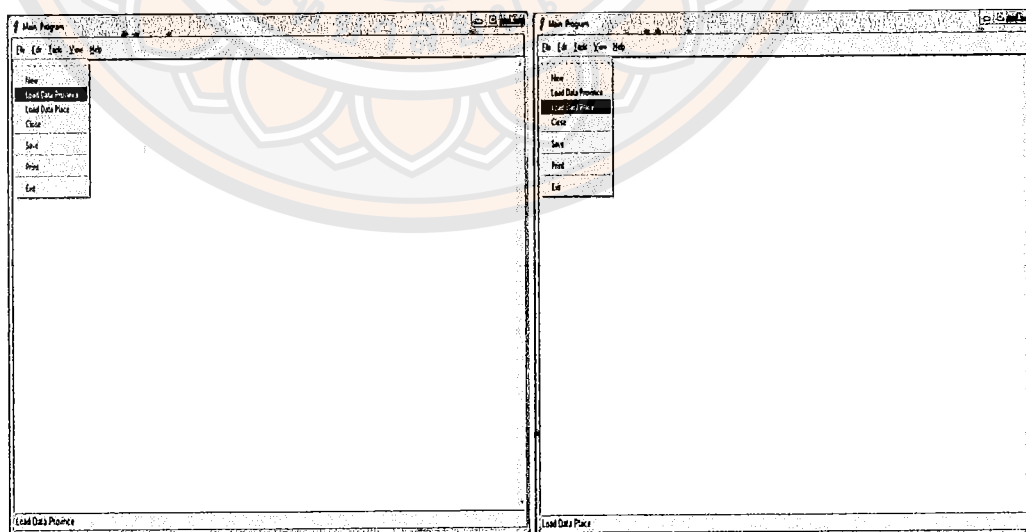
มหาวิทยาลัยรัตนนคร

ขั้นตอนการใช้โปรแกรม

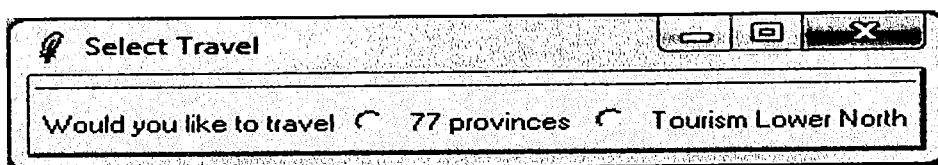
1. ดับเบิลคลิกที่ Program Caldist 3. Tcl - Shortcut



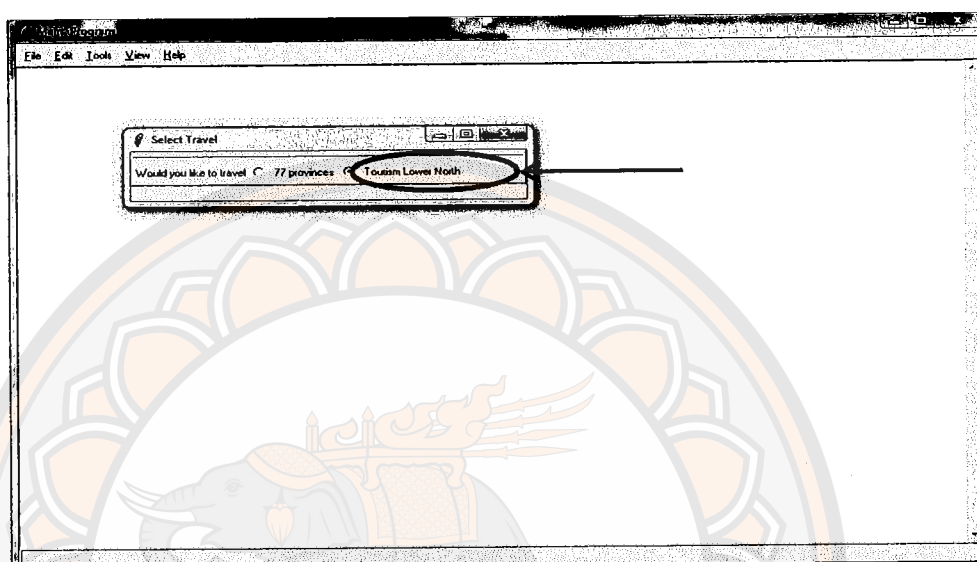
2. คลิกที่ file แล้วไปที่ Load Data Province หรือ Load Data Place



3. โปรแกรมจะถามผู้ใช้ว่าต้องการเดินทาง 77 จังหวัด Travel 77 Province หรือต้องการเดินทางท่องเที่ยวภาคเหนือตอนล่าง Tourism Lower Northern



สำหรับตัวอย่างนี้จะเลือก Tourism Lower North



4. โปรแกรมจะถามผู้ใช้ว่าต้องการเดินทางไปท่องเที่ยวในจังหวัดไหนของ 8 จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง

ในตัวอย่างนี้จะเลือกจังหวัดกำแพงเพชร และพิษณุโลก

Tourism place of the 8 lower north provinces

Kamphaengphet Nakhonsawan Phetchabun Phichit

Phitsanulok Sukhothai Tak Uthaitхани

Would you like to specific the start place Yes No

Would you like to specific the finish place Yes No

Next Reset Cancel

5. เมื่อเลือกจังหวัดแล้วโปรแกรมจะให้เลือกสถานที่ท่องเที่ยวที่ต้องการเดินทางไป เมื่อเลือกสถานที่ที่ต้องการเดินทางไปเสร็จแล้วก็ คลิกที่ Next แล้วจะกลับไปยังหน้าต่าง Tour Place of the 8 Lower North Provinces แล้วผู้ใช้สามารถเลือกจังหวัดอื่นๆ ได้อีก

Tour place list Kamphaengphet

Ancient town at Khonli district Banana market Bang temple Ban Hang R.5 Ban Pangmanow Klonglan Project II City Pillar Shrine

Historical park of Kamphaengphet Kamphaeng Phet Province Museum Honor Kamphaengphet National museum Khao Kheow forest temple Klong-Hum-Daeng Reservoir for agriculture Klonglan National park

Local museum of Wat Prasat Muang Tri-koung Mae-wong National park Phanuang Hot spring Siwei tibial handicraft promotion center Sirkat oil source

Sirkat Park Shiva shrine Tibal Cultural Center Wat Hor-in Kuyang Wat Sa anyabot Wat Swang Aron

Next

Tour place list Phitsanulok

Art and culture of Naresuan university City wall moat Hunting forest region Khonzi-Kaopradu Hunting forest region Phatapon Cave Jha Tawee Folk Museum Kaeng Chet Khwae National

Kaeng Shong waterfall Kaeng Sopha Waterfall Numbok Chat Trakan National Park Pillar Phitsanulok Phokunbangklongao Monument Pha Wang Daeng Cave

Phu Hin Rong Kla National Park Phu Soi Dao National Park Poi waterfall Shrine of King Naresuan Teakle Museum Naresuan University Thailand bird Garden

Tung Salaeng Luang National Park Wang Nok Aen or Rukhachai Sakuno Garden Wat Chedee Yoothong Wat Jhukananee Wat Nangpaya Wat Phrasimshathat

Wat Raiburana Wat Rattakichingaram

Next

5. เมื่อเลือกสถานที่ท่องเที่ยวเสร็จแล้วโปรแกรมจะให้ผู้ใช้เลือกว่าต้องการระบุจุดเริ่มต้นให้เลือก Yes แต่ถ้าไม่ต้องการระบุให้เลือก No ในกรณีนี้ต้องการระบุสถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้น/สิ้นสุดในการเดินทาง จึงเลือก Yes ทั้งหมด

Tourism place of the 8 lower north provinces

Kamphaengphet Nakhonsawan Phetchabun Phichit

Phitsanulok Sukhothai Tak Uthaihani

Would you like to specific the start place Yes No

Would you like to specific the finish place Yes No

Next Reset Cancel

6. ผู้ใช้เลือกสถานที่ท่องเที่ยวเริ่มต้นในการเดินทางที่ต้องการในกรณีนี้เลือก Ancient Town At Khonti District เป็นจุดเริ่มต้นในการเดินทาง คลิก OK โปรแกรมจะย้อนกลับไปหน้าจอต่าง Tour Place of the 8 Lower North Provinces

Choose the start tour place

Ancient town at Khonti district Bang temple Ban Pangmanow Klong-lan Project II Muang Toi-young Phanuang Hot spring Wal Swang Arom Art and culture of Naresuan university

Shrine of King Naresuan Wal Phrassimahathal

OK

7. ถ้าผู้ใช้ต้องการระบุสถานที่ท่องเที่ยวสิ้นสุดในการเดินทางให้เลือก Yes แต่ถ้าไม่ต้องการระบุให้เลือก No ในกรณีนี้ต้องการระบุสถานที่ท่องเที่ยวสิ้นสุดในการเดินทาง จึงเลือก Yes

Tourism place of the 8 lower north provinces

Kamphaengphet Nakhonsawan Phetchabun Phichit

Phitsanulok Sukhothai Tak Uthaihani

Would you like to specific the start place Yes No

Would you like to specific the finish place Yes No

Next Reset Cancel

8. ผู้ใช้เลือกสถานที่ท่องเที่ยวสิ้นสุดในการเดินทางที่ต้องการ ในกรณีนี้เลือก Muang Tri – Troung เป็นจุดสิ้นสุดในการเดินทาง แล้วคลิก OK

Choose the finish tour place

Ancient town at Khonit district Bang temple Ban Pangmanow Klong-lan Project II Muang Tri-Troung Phanuang Hot spring Wat Swang Avon Art and culture of Naresuan university

Shrine of King Naresuan Wat Phrasimahaathai

OK

9. เมื่อเลือกทุกขั้นตอนเรียบร้อยแล้วให้คลิกปุ่ม Next แล้วโปรแกรมจะเชื่อมต่อไปยังหน้าต่างที่ให้กำหนดเวลาท่องเที่ยว

Tourism place of the 8 lower north provinces

Kamphaengphet Nakhonsawan Phetchabun Phichit

Phitsanulok Sukhothai Tak Uthaihani

Would you like to specific the start place Yes No

Would you like to specific the finish place Yes No

Next Reset Cancel

10. ให้ผู้ใช้กำหนดเวลาในการท่องเที่ยวแต่ละสถานที่

Choose the tourism time

Banana market:	1
Ban Hang R.5:	1
Wat Sri ariyabot :	1
Khaothamphra:	1
Phaisali Forest:	1
Wat Bangmafo:	1
Wat Kiriwang :	1
Buengsamphan:	1
Chanika Farm:	1
Wat Mahathat :	1

Next | Cancel

11. โปรแกรมจะแสดงผลพร้อมออกมาในรูปของหน้าต่างแสดงผลพร้อม

File Edit Tools View Help

Total places: 6
 The start place is: Wat Sri ariyabot
 The stop place is: Wangtum Waterfall

Place sequence of travelling with GA is: (Wat Sri ariyabot) (Banana market) Kaono-Kaokaew (Wat Kiriwang) (Wat Hua Dong) (Wangtum Waterfall)

From	To	Distance (km.)
Wat Sri ariyabot	Banana market	0
Banana market	Kaono-Kaokaew	97
Kaono-Kaokaew	Wat Kiriwang	37
Wat Kiriwang	Wat Hua Dong	106
Wat Hua Dong	Wangtum Waterfall	157
Total distances:		397 kilometres

Scheduling planning

Travel place	Time to Travel (hr.)	Check in (time)	Check out (time)	Remark
Wat Sri ariyabot	0	8.00	10.0	
Banana market	0.0	10.0	13.0	lunch break
Kaono-Kaokaew	2.0	15.0	17.0	
Wat Kiriwang	1.0	18.0	8.00	Over night
Wat Hua Dong	2.0	10.0	13.0	lunch break
Wangtum Waterfall	2.0	15.0	17.0	