



การเลือกเส้นทางปลอดภัยที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการวางแผนการเดินทาง
The Development of an Optimal Safe Path for Trip Planning

ทิชาลักษณ์ สุวรรณพฤษ์
Thichaluk Suwannapruek

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of
Master of Science in Management of Information Technology
Prince of Songkla University**

2554

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเลือกเส้นทางปลอดภัยที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการวางแผนการเดินทาง
ผู้เขียน นางสาวทิชาลักษณ์ สุวรรณพฤษ์
สาขาวิชา การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

คณะกรรมการสอบ

.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล)

.....ประธานกรรมการ
(ดร.วัชรวิไล ตั้งคุปตานนท์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล)

.....กรรมการ
(ดร.เดือนเพ็ญ กษกรจารุพงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยี
สารสนเทศ

.....
(ศาสตราจารย์ ดร.อมรรัตน์ พงศ์ดารา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อวิทยานิพนธ์	การเลือกเส้นทางปลอดภัยที่เหมาะสมที่สุด สำหรับการวางแผนการเดินทาง
ผู้เขียน	นางสาวทิวาลักษณ์ สุวรรณพฤษ์
สาขาวิชา	การจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา	2553

บทคัดย่อ

ในแต่ละปี อุบัติเหตุบนท้องถนนในประเทศไทยได้ก่อให้เกิดจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจำนวนมาก และไม่ได้มีแนวโน้มที่จะลดลงแต่อย่างใด ดังนั้นหากสามารถวางแผนการเดินทางเพื่อหลีกเลี่ยงถนนที่มีความเสี่ยงสูง ก็อาจทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนลดลงได้ การศึกษานี้เป็นการพัฒนาวิธีการเพื่อเลือกเส้นทางที่ปลอดภัยที่ดีที่สุดสำหรับการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังจุดอื่น ด้วยการใช้อัลกอริทึมของ Dijkstra เป็นพื้นฐานแล้วเพิ่มปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับอุบัติเหตุบนท้องถนน คือค่าดัชนีความรุนแรงของถนนและทางแยก จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์เพื่อให้ได้เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด เส้นทางนี้อาจถือได้ว่าเป็นเส้นทางที่น่าจะปลอดภัยที่สุดเพราะถนนและทางแยกที่มีความรุนแรงมากกว่าจะถูกตัดทิ้งไป นอกจากนี้ ยังได้ทำการดัดแปลงอัลกอริทึมของ Dijkstra ให้รวมเอาทางแยกและถนนที่อยู่ถัดไปที่เชื่อมต่อกับทางแยกที่กำลังพิจารณา การทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 6 โหนด พบว่า อัลกอริทึมที่ปรับปรุงใหม่ทั้งสองให้ผลลัพธ์ไม่ต่างกันนัก แต่เมื่อโครงข่ายมีขนาดใหญ่ขึ้น พบว่า ทั้ง 2 วิธีให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงข่าย

Thesis Title The Development of an Optimal Safe Path for Trip Planning
Author Miss Thichaluk Suwannapruek
Major Program Management of Information Technology
Academic Year 2010

ABSTRACT

Road accidents in Thailand have caused a lot of fatalities and injuries each year and records have shown no improvement in reducing these numbers. If a trip planning to avoid high risk roads can be done then it may help decreasing road accident rate. This study attempts to develop a method to select an optimal safe path for traveling from one point to another. Based on Dijkstra's algorithm, an additional factor related to road accidents, a severity index, has been included for each road segment and junction. Then they were solved to obtain a shortest path. This path can be considered as an optimal safe path because road segments and junctions with higher severity index will not be selected. Another modification of Dijkstra's algorithm was also made by including the next adjacent junction and road segment while searching for an optimal path. A test case of six-node network was used to compare the result of the two algorithms. The results showed that both algorithms similarly improved the results, but differed in some cases. However, for larger network sizes, we found that these two methods give different results depending on the nature of the network.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(9)
บทที่	
1. บทนำ	14
1.1 ความสำคัญและที่มา	14
1.2 การตรวจเอกสาร	16
1.3 วัตถุประสงค์	18
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	18
1.5 ขอบเขตของงานวิจัย	18
1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย	19
2. ทฤษฎีและหลักการ	20
2.1 การแก้ปัญหาด้านเส้นทางของกราฟ	20
2.2 คิว (Queue)	23
2.3 โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้	25
2.4 กราฟ (Graph)	27
2.5 ฮีป (Heap)	29
3. วิธีการวิจัย	34
3.1 การออกแบบการหาเส้นทางที่มีความปลอดภัย	34
3.2 หลักการทำงานของ Dijkstra algorithm	41
3.3 การพัฒนาการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ	43
3.4 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม	49
	(6)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	54
4.1 การทดสอบ และผลการทดสอบ	54
4.2 สรุปผลการเปรียบเทียบการค้นหาเส้นทางปลอดภัย	67
5. บทสรุปและข้อเสนอแนะ	70
5.1 สรุปผลการวิจัย	70
5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับวิจัยครั้งต่อไป	70
บรรณานุกรม	71
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก : การทดลองหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมต่อการทดสอบ	75
ภาคผนวก ข : การทดสอบด้วยโครงข่ายขนาดต่าง ๆ จำนวน 50 ครั้ง	77
ภาคผนวก ค : การทดสอบด้วยโครงข่ายจริง	94
ภาคผนวก ง : ตัวอย่างการทำงานของการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ	102
ภาคผนวก จ : บทความวิชาการ	105
ประวัติผู้เขียน	113

รายการตาราง

ตารางที่	หน้า	
2 - 1	การเปรียบเทียบลักษณะงานและเวลาในการทำงานของแต่ละอัลกอริทึม	23
3 - 1	รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับโหนดและพิกัด Longitude ของโหนด	39
3 - 2	รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับจุดต้นและจุดปลายของเส้นทาง	39
3 - 3	รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับค่าความรุนแรงของอุบัติเหตุ	40
3 - 4	รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับอุบัติเหตุ	40
3 - 5	รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างกราฟ	41
3 - 6	รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่	41
3 - 7	ตัวอย่างการเดินทางจากรูปที่ 3 - 5	48
3 - 8	ตัวอย่างการเดินทางจากรูปที่ 3 - 10	49
3 - 9	แสดงตัวอย่างการทดสอบจำนวนครั้งในการสุ่มต้นทาง - ปลายทางของอัลกอริทึม	51
3 - 10	ตัวอย่างการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม	52
ก - 1	การทดสอบเพื่อหาจำนวนครั้งที่เหมาะสม ในการนำไปทดสอบกับโครงข่ายขนาดต่าง ๆ	75

รายการภาพประกอบ

รูปที่		หน้า
2 - 1	ตัวอย่างโครงสร้าง Priority queue	24
2 - 2	โครงสร้างแบบต้นไม้	25
2 - 3	ตัวอย่าง Binary tree	26
2 - 4	ตัวอย่าง Complete binary tree	26
2 - 5	ตัวอย่างกราฟ	27
2 - 6	โครงสร้างข้อมูลกราฟแบบ Directed graph	28
2 - 7	โครงสร้างข้อมูลกราฟแบบ Undirected graph	28
2 - 8	ตัวอย่าง Min heap	30
2 - 9	ตัวอย่าง Max heap	30
2 - 10	การเปลี่ยน Priority queue เป็น Min heap	32
3 - 1	แผนภาพการทำงานของระบบ	36
3 - 2	แผนภาพกระแสข้อมูลของการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ	37
3 - 3	โครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล	38
3 - 4	Pseudocode ของ Dijkstra algorithm	42
3 - 5	การปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ระยะทางน้อยที่สุดให้กับ Vertex	43
3 - 6	Pseudocode การปรับปรุง Dijkstra algorithm วิธีที่ 1	44
3 - 7	การปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ค่าความรุนแรงน้อยที่สุดให้กับ Vertex (วิธีที่ 1)	45
3 - 8	Pseudocode ฟังก์ชัน Adjust จากการปรับปรุง Dijkstra algorithm วิธีที่ 2	45
3 - 9	การปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ค่าความรุนแรงน้อยที่สุดให้กับ Vertex (วิธีที่ 2)	46
3 - 10	กราฟทดสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม	47
3 - 11	กราฟทดสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม ที่มีค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	48
4 - 1	กราฟแสดงการทดลองด้วยจำนวนครั้งต่าง ๆ จากการสุ่ม ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 50 โหนด	55
4 - 2	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	56

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4 - 3	กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	57
4 - 4	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	58
4 - 5	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	59
4 - 6	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	60
4 - 7	กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	61
4 - 8	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	62
4 - 9	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	63
4 - 10	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยใช้ข้อมูลจริง	64
4 - 11	กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยใช้ข้อมูลจริง	65
4 - 12	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยใช้ข้อมูลจริง	66
4 - 13	กราฟแสดงการสรุปผลเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยใช้ข้อมูลจริง	67
ก - 7	กราฟแสดงการทดลองด้วยจำนวนครั้งต่าง ๆ จากการสุ่มต้นทางต้นทาง - ปลายทาง ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด	76
ข - 1	ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	77
ข - 2	ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 100 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	78

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข - 3	79
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 500 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	
ข - 4	80
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 1,000 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	
ข - 5	81
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 5,000 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	
ข - 6	82
กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดย ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของ โครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด	
ข - 7	82
กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดย ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของ โครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด	
ข - 8	83
กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดย ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของ โครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด	
ข - 9	84
กราฟแสดงสรุปการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดย ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	
ข - 10	85
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 50 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	
ข - 11	86
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 100 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	
ข - 12	87
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 500 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	
ข - 13	88
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 1,000 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข - 14	89
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 5,000 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก	
ข - 15	90
กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด	
ข - 16	91
กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด	
ข - 17	92
กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด	
ข - 18	93
กราฟแสดงสรุปการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความ รุนแรงของทางแยก	
ค - 1	94
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 20 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนี ความรุนแรงของทางแยก	
ค - 2	95
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 30 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนี ความรุนแรงของทางแยก	
ค - 3	96
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 50 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนี ความรุนแรงของทางแยก	
ค - 4	97
ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 100 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนี ความรุนแรงของทางแยก	

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
ค - 5	ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 150 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนี ความรุนแรงของทางแยก	98
ค - 6	ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วย โครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 200 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนี ความรุนแรงของทางแยก	99
ค - 7	กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 ด้วยโครงข่ายจริง	100
ค - 8	กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 ด้วยโครงข่ายจริง	100
ค - 9	กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 ด้วยโครงข่ายจริง	101
ค - 10	กราฟแสดงสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยใช้ข้อมูลจริง	101
ง - 1	การค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไปยังวัดคลองเรียน	102
ง - 2	ผลจากการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไปยังวัดคลอง	103
ง - 3	ผลจากการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไปยังวัดคลอง	104

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาอุบัติเหตุการจราจรทางบกอย่างรุนแรง แม้แนวโน้มของการเกิดอุบัติเหตุจะลดลงบ้างตามสถิติของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ เปรียบเทียบในช่วงปี พ.ศ.2551 - 2553 (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย, 2553) พบว่าจำนวนคดีอุบัติเหตุจราจรทางถนนในปี 2551 เกิดขึ้น 58,092 ครั้ง ผู้เสียชีวิต คิดเป็นร้อยละ 12.69 ในปี 2552 เกิดขึ้น 58,838 ครั้ง ผู้เสียชีวิต คิดเป็นร้อยละ 13.01 และในปี 2553 เกิดขึ้น 46,256 ครั้ง ผู้เสียชีวิต คิดเป็นร้อยละ 12.87 โดยช่วงเดือนที่เกิดอุบัติเหตุจราจรมากที่สุด ได้แก่ ช่วงเดือนมกราคมกับเดือนธันวาคม เนื่องจากเป็นช่วงฤดูกาลท่องเที่ยวและมีวันหยุดติดต่อกันหลายวัน ประชาชนจึงมักนิยมเดินทางท่องเที่ยวและกลับภูมิลำเนา ทำให้มีความเสี่ยงสูงในการการเกิดอุบัติเหตุทางถนน ทั้งนี้จากสถิติอุบัติเหตุจราจรทางบกในภาพรวม พบว่าสถิติคดีอุบัติเหตุจราจรจำนวนผู้เสียชีวิต ในช่วงปี 2551 - 2553 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ส่วนแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุของประเทศเพื่อนบ้านอย่างสิงคโปร์และมาเลเซีย พบว่าสิงคโปร์มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุ จากรายงานสรุปสถิติอุบัติเหตุจราจรทางบก เปรียบเทียบในช่วงปี พ.ศ.2550 - 2552 พบว่า จำนวนคดีอุบัติเหตุจราจรทางถนนในปี พ.ศ.2550 (SINGAPORE POLICE FORCE, 2009) เกิดขึ้น 8,328 ครั้ง อุบัติเหตุร้ายแรง จำนวน 214 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 2.57 ในปี พ.ศ.2551 (ESCAP, 2010) เกิดขึ้น 8,590 ครั้ง อุบัติเหตุร้ายแรง จำนวน 221 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 2.57 และในปี พ.ศ.2552 เกิดขึ้น 8,505 ครั้ง อุบัติเหตุร้ายแรง จำนวน 183 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 2.15 ส่วนแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุของประเทศมาเลเซีย พบว่าอัตราการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี เช่นเดียวกันกับสิงคโปร์ จากรายงานสรุปสถิติอุบัติเหตุจราจรทางบก เปรียบเทียบในช่วงปี พ.ศ.2550 - 2552 (Nordin Abdul Rahman, 2010) พบว่า จำนวนคดีอุบัติเหตุจราจรทางถนนในปี พ.ศ.2550 เกิดขึ้น 363,319 ครั้ง ผู้เสียชีวิต จำนวน 6,282 ราย คิดเป็นร้อยละ 1.73 ในปี พ.ศ.2551 เกิดขึ้น 373,071 ครั้ง ผู้เสียชีวิต จำนวน 6,527 ราย คิดเป็นร้อยละ 1.75 และในปี พ.ศ.2552 เกิดขึ้น 397,330 ครั้ง ผู้เสียชีวิต จำนวน 6,747 ราย คิดเป็นร้อยละ 1.70

จากรายงานสถิติอุบัติเหตุของประเทศเพื่อนบ้าน ถึงแม้ว่าแนวโน้มอุบัติเหตุจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศไทย สิงคโปร์จะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุที่น้อยกว่าประเทศไทยมาก

(U.S. Census Bureau, 2010) สิงคโปร์ประมาณ 183 ต่อ 1 แสนคน ไทยประมาณ 89 ต่อ 1 แสนคน อัตราส่วนอุบัติเหตุปี พ.ศ. 2552 อาจเป็นเพราะจำนวนประชากรที่น้อยกว่า ซึ่งประชากรน้อยส่งผลให้การใช้จ่ายยานพาหนะน้อยลงตามไปด้วย ส่วนประเทศมาเลเซียมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุมากกว่าประเทศไทย เนื่องจากมีจำนวนการใช้จ่ายยานพาหนะที่มากกว่าประเทศไทย มาเลเซียประมาณ 64,810 คันต่อ 1 แสนคน (Nordin Abdul Rahman, 2010) ไทยประมาณ 41,674 คัน (กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน, 2553) ต่อ 1 แสนคน (กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย, 2551)

ส่วนแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุของประเทศที่พัฒนาแล้วอย่างสหรัฐอเมริกา พบว่ามีอัตราการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี จากรายงานสรุปสถิติอุบัติเหตุจราจรทางบก เปรียบเทียบในช่วงปี พ.ศ.2549 - 2551 (New York State, 2009) พบว่า จำนวนคดีอุบัติเหตุจราจรทางถนนในปี พ.ศ.2549 เกิดขึ้น 270,700 ครั้ง ปี พ.ศ.2550 เกิดขึ้น 323,106 ครั้ง และในปี พ.ศ.2551 เกิดขึ้น 316,231 ครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศไทย สหรัฐอเมริกามีอัตราการเกิดอุบัติเหตุมากกว่า สหรัฐอเมริกาประมาณ 103 ต่อ 1 แสนคน ไทยประมาณ 89 ต่อ 1 แสนคน อัตราส่วนอุบัติเหตุปี พ.ศ. 2551

ไม่ว่าแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ตาม ความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินก็เป็นสิ่งที่ยอมรับไม่ได้ และเป็นประเด็นเร่งด่วนที่จะต้องได้รับการแก้ไข การนำข้อมูลสถิติของอุบัติเหตุมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาจึงเป็นสิ่งจำเป็น หรือหากสามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้มาวางแผนการเดินทางเพื่อหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดอุบัติเหตุได้ก็น่าจะทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุลดลงอย่างเช่นปัญหา การเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ ในช่วงเวลาที่มีจราจรคับคั่งมีความล่าช้าและไม่สะดวก มีผลกระทบไปถึงระบบเศรษฐกิจของประเทศ สภาพจิตใจของผู้ใช้รถใช้ถนนขี้แย และปัญหาต่าง ๆ ตามมามากมาย เพื่อช่วยให้การเดินทางในที่ที่มีจราจรคับคั่ง ให้สามารถเดินทางได้คล่องตัวยิ่งขึ้นลดปัญหาการติดขัด จึงน่าที่จะมีการวางแผนการเดินทางล่วงหน้าก่อน ทั้งที่เดินทางโดยรถยนต์ส่วนตัวและที่เดินทางโดยใช้ระบบขนส่งมวลชน โดยเลือกเส้นทางจราจรที่มีความปลอดภัยมากที่สุด ในการวางแผนการเดินทางนั้นจำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลต่าง ๆ มาพิจารณา เช่น ข้อมูลสถิติของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นของถนนแต่ละเส้น แผนที่ของเมืองนั้นเป็นต้น ซึ่งหากทำการเลือกเส้นทางด้วยตนเองจะมีความลำบากและยุ่งยากมาก

เมื่อการวางแผนการเดินทาง เพื่อให้ได้เส้นทางที่มีความปลอดภัยเป็นสิ่งสำคัญประการหนึ่ง งานวิจัยนี้จึงเกี่ยวข้องกับการพัฒนาขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยที่สุดเพื่อนำไปสู่การป้องกันการเกิดอุบัติเหตุหรือลดความรุนแรง

1.2 การตรวจเอกสาร

การตรวจเอกสารสำหรับวิทยานิพนธ์นี้ มุ่งเน้นการจัดเก็บข้อมูลอุบัติเหตุและขั้นตอนการ ค้นหาเส้นทางด้วย Dijkstra อัลกอริทึม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ งานวิจัยของ ชนิตา ฆังคะจิตร (2544) ได้นำเสนอการพัฒนาฐานข้อมูลอุบัติเหตุให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการบันทึก จัดเก็บและวิเคราะห์ โดยให้ผู้ใช้สามารถเลือก กำหนดจุดที่เกิดอุบัติเหตุได้จากแผนที่พร้อมกับป้อนรายละเอียดต่าง ๆ ลงในแบบฟอร์มที่ได้ ออกแบบไว้ซึ่งประกอบด้วย วันเวลาที่เกิดเหตุ ประเภทอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต ข้อมูลสภาพแวดล้อม ข้อมูลยานพาหนะ ข้อมูลผู้ขับขี่ และข้อมูลคนเดินเท้า ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บ รวบรวมไว้เป็นฐานข้อมูลอุบัติเหตุจราจร แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ได้แก่ วิเคราะห์ข้อมูลโดยรวม เพื่อเป็นสถิติ วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดบริเวณอันตรายจากการใช้ความถี่ ค่าความรุนแรงและ เสนอแนะมาตรการแก้ไข ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวมีจุดเด่น คือ ได้ข้อมูลอุบัติเหตุที่ครบถ้วน เนื่องจากมี แบบฟอร์มในการเก็บข้อมูล และจุดด้อย คือ การระบุตำแหน่งการเกิดอุบัติเหตุโดยผู้ใช้ อาจได้ ข้อมูลที่ไม่ถูกต้องแม่นยำ ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบข้อมูลรายละเอียดของ อุบัติเหตุ และการกำหนดค่าดัชนีความรุนแรงของถนน ทำให้เกิดแนวคิดของงานวิจัยนี้

งานวิจัยของ Ji-Xian Xiao และ Fang-Ling Lu (2010) ได้กล่าวถึงการปรับปรุง Dijkstra อัลกอริทึม และนำเสนอในรูปแบบ Matrix ของโหนดก่อนหน้าและต่อด้วย Shortest path tree อัลกอริทึมสามารถลดการดำเนินการที่ซ้ำและหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวมีจุดเด่น คือ การค้นหาเส้นทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดใด ๆ โหนดที่ถูกปรับค่าประจำโหนดแล้ว เมื่อมีการ ค้นหาเส้นทางอีกครั้งโดยกำหนดจุดเริ่มต้นไปยังจุดใด ๆ ที่ผ่านโหนดที่ถูกปรับค่าประจำโหนดอยู่ ก่อนแล้ว จะไม่ต้องทำการปรับค่าประจำโหนดอีก และจุดด้อย คือ เมื่อค้นหาเส้นทางจากจุดเริ่มต้น ไปยังจุดปลายทางเรียบร้อยแล้ว จะต้องทำการปรับ Matrix ของทุกโหนดก่อน จึงจะสามารถระบุ เส้นทางที่สั้นที่สุดได้ ทำให้ได้ความรู้จากการค้นหาเส้นทางโดยการปรับปรุง Dijkstra อีกวิธีหนึ่ง

งานวิจัยของ S. Panahi และ Delavar (2008) ได้กล่าวถึงความสำเร็จในการจัดหาเส้นทางของรถ จุกเงิน โดยการใช้เวลาน้อยที่สุด และปรับปรุงแก้ไขประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น โดยวิเคราะห์ปัญหา จราจรติดขัดในเขตพื้นที่ตัวเมือง จุดประสงค์ของการวิจัยคือการพัฒนาให้รองรับการตัดสินใจของ การจัดเส้นทางของรถจุกเงิน แบบ Real - time ในระบบ Dynamic shortest path การวิจัยนี้เสนอ วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการจัดเส้นทางของรถจุกเงิน Shortest path ประยุกต์บนพื้นฐานของ Dijkstra อัลกอริทึมซึ่งมีการปรับปรุงให้มีความฉลาดมากขึ้น โดยการเสนอเส้นทาง ในระหว่างการ ขับขี่ ผลของการวิจัย ทำให้ลดเวลาในการเดินทางของรถจุกเงิน โดยการใช้ GIS ในการนำเสนอ

การจัดเส้นทางทำให้มองเห็นและสามารถจัดการโครงข่ายการจราจรในเขตพื้นที่ตัวเมืองได้ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวมีจุดเด่น คือ เป็นการแสดงตำแหน่งการเดินทางของรถฉุกเฉินแบบ Real time ทำให้เจ้าหน้าที่ทราบว่าจะอยู่ที่ตำแหน่งใด และจุดด้อย คือ ได้เส้นทางที่ใช้เวลาน้อยที่สุดในการเดินทาง แต่อาจจะไม่ใช่เส้นทางที่สั้นที่สุด ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าว เรื่องการใช้ข้อมูลการจราจร มาเป็นปัจจัยในการค้นหาเส้นทางที่ใช้เวลาการเดินทางที่น้อยที่สุด จึงเป็นแนวคิดในการกำหนดปัจจัยค่าอุบัติเหตุ ในการค้นหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยจากอุบัติเหตุมากที่สุด

งานวิจัยของ Yin Chao และ Wang Hongxia (2010) ได้กล่าวถึงการปรับปรุง การค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด Dijkstra อัลกอริทึม โดยพิจารณาค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน กำหนด Priority ในการค้นหาเฉพาะในส่วนของจุดเริ่มต้นและปลายทาง โดยให้จุดเริ่มต้นและปลายทางต่างเป็นจุดกึ่งกลางของวงกลมของตนเอง และกำหนด Priority เฉพาะในวงกลม เมื่อได้จุดต่อไปที่เชื่อมกับจุดเริ่มต้น ก็ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนอยู่ในเขตรัศมีเดียวกับปลายทาง แล้วใช้หลักการ Dijkstra อัลกอริทึม พบว่าใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า Dijkstra แบบปกติ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวมีจุดเด่นคือ ใช้เวลาในการประมวลผลเพื่อค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดและเส้นทางที่ใช้น้อยที่สุด ใช้เวลาน้อยกว่า Dijkstra algorithm แบบปกติ แต่ไม่มีการระบุว่าได้ระยะทางหรือเวลาของการเดินทางน้อยกว่า Dijkstra algorithm ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าวทำให้มีความเข้าใจ Dijkstra algorithm มากขึ้น

งานวิจัยของ Yi Hu และคณะ (2009) ได้กล่าวถึง Dijkstra อัลกอริทึมมีการนำมาประยุกต์ด้านการคำนวณระยะทางที่สั้นที่สุดสำหรับการกระจายของเครือข่าย แต่ก็ยังใช้เวลาเพิ่มมากขึ้น เมื่อเครือข่ายมีจำนวนโหนดเพิ่มขึ้น การปรับปรุง Dijkstra อัลกอริทึมบนพื้นฐานของวิธีการ Heapsort ซึ่งเป็น Binary tree แบบสมบูรณ์ ภายใต้การทำงานของ Priority queue งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโดยใช้ Binary tree แบบสมบูรณ์และข้อมูลโหนดที่จัดเก็บอยู่ในโครงสร้างการบีบอัด 3 Element ปรับปรุงขั้นตอนการคำนวณ ทำให้ระยะเวลาการทำงานของขั้นตอนวิธีลดลงเหลือ $O(n \cdot \log n)$ ในงานวิจัยนี้ใช้กราฟที่มี 54 โหนดในการตรวจสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม ในการทดสอบความถูกต้องแสดงให้เห็นว่าเสถียรภาพและประสิทธิภาพการค้นหาของขั้นตอนวิธีนี้ดีกว่าแบบอื่น ๆ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวมีจุดเด่น คือ ปรับปรุง dijkstra algorithm ทำให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยใช้เวลาในการทำงานลดลงเหลือ $O(n \cdot \log n)$ และจุดด้อย คือ โครงข่ายที่ใช้ในการทดสอบเป็นโครงข่ายขนาดเล็กและไม่ซับซ้อน ถ้าเพิ่มขนาดของโครงข่าย อาจทำให้ใช้เวลาในการทำงานที่ต่างจากเดิม ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าวในเรื่องควรมีโครงข่ายต้นแบบในการทดสอบความถูกต้องของอัลกอริทึมที่ได้ปรับปรุง

สำหรับวิทยานิพนธ์นี้เป็นขั้นตอนวิธีที่ค้นหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยจากอุบัติเหตุ โดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุในการคำนวณค่าดัชนีความรุนแรงให้กับถนนแต่ละส่วน (Segment) และได้เพิ่มค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยกมาเป็นปัจจัยในการค้นหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยจากอุบัติเหตุมากที่สุด

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางการเดินทางที่ปลอดภัย
2. เพื่อเสนอขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางการเดินทางที่ปลอดภัย โดยนำข้อมูลอุบัติเหตุมาใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทางการเดินทางที่ปลอดภัย

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยในการวางแผนการเดินทางของนักท่องเที่ยวหรือผู้ที่ใช้รถใช้ถนน
2. ช่วยให้ผู้เดินทางสามารถสืบค้นสถานที่หรือเส้นทางต้นทาง - ปลายทางที่ต้องการเดินทางได้ด้วยเส้นทางที่มีความปลอดภัย
3. ช่วยให้อัศจรรย์ใจและความรุนแรงของอุบัติเหตุลดลง เมื่อผู้เดินทางเลือกเส้นทางจากการวิเคราะห์ตามขั้นตอนวิธีที่นำข้อมูลอุบัติเหตุมาวิเคราะห์หาเส้นทางที่มีความปลอดภัย

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาขั้นตอนวิธีของการค้นหาข้อมูลบนโครงสร้างของกราฟ และขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทาง
2. พัฒนาขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยมากที่สุด โดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุเป็นปัจจัยในการคำนวณค่าดัชนีความรุนแรง
3. ทดสอบการคำนวณหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยมากที่สุด โดยใช้ค่าดัชนีความรุนแรงของอุบัติเหตุ และเพิ่มค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเป็นค่าที่สังเคราะห์ขึ้นทั้งหมด
4. ทดสอบการคำนวณหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยมากที่สุด โดยใช้ข้อมูลอุบัติเหตุเป็นปัจจัยในการคำนวณค่าดัชนีความรุนแรง ข้อมูลจากฐานข้อมูลของ Songkhla computerized common accident database entry ปี พ.ศ.2550 ซึ่งเป็นข้อมูลอุบัติเหตุเฉพาะปี พ.ศ. 2550 โครงข่าย

ขนาด 24,542 โหนด ทดสอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการ Windows xp service pack 3 ซีพียู Intel core i5 2.4 กิกะเฮิรท์ หน่วยความจำ 1,024 เมกะไบต์ ความจุ 120 กิกะไบต์

1.6 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษางานการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ขั้นตอนวิธีของการค้นหาข้อมูลบนโครงสร้างของกราฟ และขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทาง
2. ศึกษาเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง ที่จำเป็นต้องใช้ในการทำวิจัย ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาระบบที่เหมาะสม
3. ออกแบบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยมากที่สุด
4. พัฒนาขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยมากที่สุด
5. ทดสอบขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยมากที่สุด
6. สรุปผลและจัดทำเอกสารฉบับสมบูรณ์

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การแก้ปัญหาด้านเส้นทางของกราฟ

2.1.1 อัลกอริทึมที่เกี่ยวกับการค้นหาเส้นทาง

2.1.1.1 Kruskal algorithm

Kruskal algorithm เป็นอัลกอริทึมที่นำ Edge ที่มีน้ำหนักน้อยที่สุดมาต่อกันเป็น Spanning tree และต้องไม่เกิด Cycle (Thomas H. Cormen et. al., 2009) แล้วเรียงลำดับน้ำหนักของ Edge จากน้อยไปหามาก โดยใช้โครงสร้างข้อมูลแบบ Priority queue มาช่วยในการทำงานจากนั้นนำแต่ละ Edge มาต่อกัน

การแก้ปัญหา Minimum spanning tree ด้วย Kruskal algorithm ซึ่งจะใช้วิธีการ Priority queue เป็นตัวดำเนินการในอัลกอริทึมนี้ เริ่มจากพิจารณาค่าน้ำหนักของ Edge ที่ต่ำที่สุดก่อนเป็นอันดับแรก แล้วจึงพิจารณาอันดับที่มากกว่าขึ้นไปเรื่อย ๆ แบบน้อยไปหามาก โดยนำคู่โหนดที่ Edge มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุดมาพิจารณา และนำมาเชื่อมต่อกันตามความสัมพันธ์ที่ถูกต้องตามโครงสร้างเดิม โดยเชื่อมโยงจนครบทุก Edge แต่ต้องไม่เกิด Cycle รวมถึงพิจารณาการเชื่อมต่อของโหนดทั้งหมดว่ามีเส้นทางเชื่อมโยงถึงกันทั้งหมดหรือไม่

2.1.1.2 Prim algorithm

Prim algorithm (Thomas H. Cormen et. al., 2009) เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการหาขนาด หรือน้ำหนักของต้นไม้ทอดข้ามที่น้อยที่สุด โดยมีวิธีการดังนี้

1. นำกราฟที่ถูกเชื่อมกันด้วย เส้น E เส้น และจุดยอด V จุด
2. โดย ให้ $V_{new} = \{a\}$ โดยที่ a เป็นจุดเริ่มต้น และ $E_{new} = \{\}$
3. เลือกคู่ของจุดยอด (x, y) โดยที่ x เป็นสมาชิกของ V_{new} แต่ y ไม่เป็น และมีน้ำหนักของ Edge น้อยที่สุด (หากมีมากกว่า 1 อัน ให้เลือกมาหนึ่งอัน)
4. เก็บค่า y ใส่ V_{new} และ (x, y) ใส่ E_{new}
5. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3-4 ไปเรื่อยจนกระทั่ง สมาชิกใน V_{new} มี V ตัว
6. จะได้ V_{new} และ E_{new} ซึ่งเก็บค่าของต้นไม้ทอดข้ามน้อยที่สุด

2.1.1.3 Ford – Fulkerson

Flow network (George T et. al, 2008) เป็นกราฟที่มีการระบุทิศทางที่มีค่าน้ำหนักระบุไว้เพื่อบ่งบอกการ Flow และ Capacity ซึ่งเป็นค่ากำหนดขึ้นสำหรับใช้พิจารณาว่าสามารถรองรับหรือมีความจุสูงสุดได้มากน้อยแค่ไหน การประยุกต์ Flow network นั้นอาจจะพบปัญหาของปริมาณความจุและการไหลไม่สัมพันธ์กัน คือ ปัญหา Maximum flow ซึ่งมี Ford - Fulkerson algorithm เป็นวิธีการแก้ไข โดยอัลกอริทึมนี้จะคำนวณการไหลของค่าน้ำหนักจากแหล่งกำเนิดไปยังปลายทาง ตามความเหมาะสมของความจุของน้ำหนักที่กำหนดไว้ทุกๆ Edge ของ Flow network ให้เส้นทางมีการไหลที่เหมาะสมตามขนาดของ Capacity

2.1.1.4 Bellman – Ford algorithm

อัลกอริทึมของ Bellman - Ford (Bellman 1958, Ford 1962) เป็นอัลกอริทึมที่ใช้สำหรับกราฟที่มีเส้นเชื่อม (Edge) มีค่าเป็นลบ โดยจะพิจารณาแต่ละด้านบนกราฟ และคำนวณค่าเส้นทางที่สั้นที่สุดไว้ทุกโหนด (Vertex) ด้วย เพื่อช่วยให้ค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้ง่าย

จิตติพันธ์ กิจเจริญทรัพย์ (2542) เป็นวิธีการที่ใช้ในการหาระยะทางที่สั้นที่สุดจากโหนดเริ่มต้น (Source node) ไปยังโหนดอื่นๆ ภายในเครือข่าย โดยกำหนดค่าเริ่มต้นของระยะทางที่สั้นที่สุดของโหนดเริ่มต้นเท่ากับ 0 และโหนดอื่น ๆ เท่ากับอนันต์ (Infinity) และกำหนดให้ระยะทางจากโหนดใด ๆ ที่ไม่มีเส้นเชื่อม (Edge) ถึงกันมีค่าเท่ากับอนันต์ การคำนวณจะเริ่มจากการหาระยะทางที่สั้นที่สุดของเส้นเชื่อม 1 เส้นที่ออกจากจุดเริ่มต้น หลังจากนั้นก็จะทำการคำนวณค่าใหม่ โดยเพิ่มจำนวนของเส้นเชื่อมขึ้นทีละ 1 ซึ่งการคำนวณนี้จะวนเพิ่มค่าเช่นนี้เรื่อยๆ จนกระทั่ง ค่าของระยะทางที่สั้นที่สุดจากโหนดเริ่มต้นไปยังแต่ละโหนดมีค่าเท่ากับค่าที่คำนวณได้ในรอบก่อนหน้าทุก ๆ ค่า หรือจำนวนรอบในการวนเท่ากับ $n - 1$ รอบ โดยที่ n คือจำนวนโหนดภายในเครือข่าย

ข้อดีของ Bellman - Ford คือการคำนวณจะใช้เฉพาะข้อมูลของโหนดข้างเคียงและชื่อของแต่ละโหนดในเครือข่ายเท่านั้น โดยไม่จำเป็นต้องเก็บรายละเอียดลักษณะรวมของเครือข่าย (Network topology) การคำนวณในแต่ละขั้นตอน แต่ละโหนดสามารถทำเป็นแบบขนานได้ (Parallel computing) โดยอาศัยข้อมูลที่ส่งมาจากโหนดข้างเคียงซึ่งทำงานแบบไม่พร้อมกัน (Asynchronous) และการทำเช่นนี้จะทำให้การทำงานมีความถูกต้องโดยไม่จำเป็นต้องเริ่มคำนวณใหม่ทั้งหมด หากสถานะหรือความยาวของเส้นเชื่อมระหว่างโหนด (Link status or link length) เกิดการเปลี่ยนแปลงในภายหลัง

2.1.1.5 Dijkstra algorithm

Dijkstra เป็นอัลกอริทึมที่นิยมใช้ในการคำนวณหาเส้นทางโดยการหาเส้นทางจะใช้โครงข่าย (Network) หรือ กราฟ (Graph) ซึ่งโครงข่ายนี้ประกอบไปด้วย เซตของวงกลม เรียกว่า Vertex ซึ่งใช้แสดงอาคารหรือสถานที่ และเชื่อมด้วยเส้นที่เรียกว่า Edge ซึ่งใช้แสดงถนนและมีระยะทางเป็นตัวกำหนด

โดยทั่วไปแล้วการทำงานจะเน้นไปที่ การหาเส้นทางที่สั้นที่สุด จากการคำนวณของ โหนด (Node) และเส้นเชื่อม (Edge) จะทำให้เราทราบว่าเส้นทางที่เราต้องการเดินทางนั้นเป็นเส้นทางใดและระยะทางเท่าใด

Densham et. al. (1998) กล่าวถึงวิธีที่สั้นที่สุดในการวิเคราะห์โครงข่ายด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ว่า วิธีที่สั้นที่สุดเป็นตัวระบุเส้นทางระหว่างจุด 2 จุดในโครงข่ายที่มีค่าระยะทางหรือเวลาที่ใช้ในการเดินทางหรือค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยมีการใช้วิธีที่สั้นที่สุดในการหาค่าที่น้อยที่สุด 3 แบบ คือ

- 1) จากจุดเริ่มต้นเพียง 1 จุดไปยังปลายทางเพียง 1 จุด เรียกว่า Route
- 2) จากจุดเริ่มต้นเพียง 1 จุดไปยังปลายทางทุกจุดในโครงข่าย เรียกว่า Skim tree
- 3) จากจุดเริ่มต้นทุกจุดไปยังปลายทางทุกจุดในโครงข่าย เรียกว่า Origin - destination matrix

ธีรนนท์ คุณารักษ์และคณะ (2550) กล่าวถึง Dijkstra คือ วิธีการแก้ปัญหาทางเดินที่สั้นที่สุด (Shortest path problem) โดยใช้ ทฤษฎีกราฟ (Graph theory) ซึ่งมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาโดย ให้ G แทนกราฟที่มีน้ำหนักและติดต่อกัน (Connected weighted graph) สมมติว่า น้ำหนักเป็นจำนวนบวกและต้องการหาการทางเดินที่สั้นที่สุดเส้นทางหนึ่งจากจุดยอด a ไปจุดยอด z

2.1.2 การเปรียบเทียบอัลกอริทึมในการค้นหาเส้นทาง

ตารางที่ 2 - 1 การเปรียบเทียบลักษณะงานและเวลาในการทำงานของแต่ละอัลกอริทึม

อัลกอริทึม	ลักษณะงานที่ใช้	เวลาในการทำงาน
Kruskal	การเดินทางที่ต้องผ่านทุกจุด	$O(E \log V)$
Prim	การเดินทางที่ต้องผ่านทุกจุด	$O(E + V \log V)$
Ford - Fulkerson	การคำนวณปริมาณน้ำประปา	$O(E/f^*)$ โดยที่ f^* คือ Maximum flow
Bellman – Ford	การค้นหาเส้นทางเดินรถ การค้นหาเส้นทางขนส่งสินค้า มีค่าน้ำหนักเป็นลบเข้ามาเกี่ยวข้อง	$O(V E)$
Dijkstra	การค้นหาเส้นทางเดินรถ การค้นหาเส้นทางขนส่งสินค้า ไม่มีค่าน้ำหนักเป็นลบเข้ามาเกี่ยวข้อง	$O(E + V \log V)$

ที่มา : Thomas H. Cormen et al (2009)

จากตารางเปรียบเทียบอัลกอริทึม จะเห็นได้ว่า Dijkstra อัลกอริทึมเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ค้นหาเส้นทาง เนื่องจากเวลาในการทำงาน (Running time) น้อยที่สุด และงานวิจัยนี้เป็น การค้นหาเส้นทางที่มีค่าดัชนีความรุนแรงของอุบัติเหตุเป็นค่าบวก นั่นคือ ไม่มีค่าลบเข้ามาเกี่ยวข้อง

2.2 คิว (Queue)

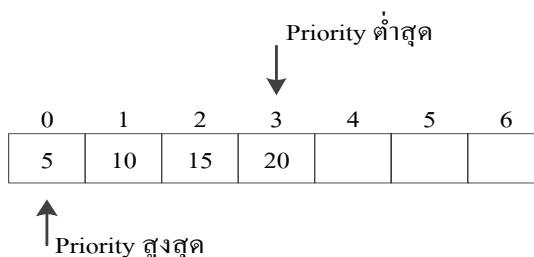
กรีณย์ ก้นพั้นภัย (2547) ระบบแถวคอย ในระบบต่าง ๆ มักพบกับปัญหาแถวคอย ทั้งนี้ เพราะเกือบทุกระบบงาน มักจะมีทรัพยากรจำกัด ไม่ว่าจะเป็นจำนวนของบริการในระบบงาน ให้บริการ หรือจำนวนหน่วยรับส่งข้อมูลในการใช้งานคอมพิวเตอร์ แถวคอยจะปรากฏขึ้นเพราะ ความจำเป็นที่ต้องแย่งกันใช้ทรัพยากรที่มีอยู่จำกัด การบริหารแถวคอยก็คือการกำหนดนโยบายว่า ใครจะมีสิทธิ์ได้ใช้ทรัพยากรนั้น ๆ ก่อนหรือหลัง นโยบายการบริหารแถวคอยที่พบอยู่บ่อย ๆ ได้แก่ มาก่อน - ใช้ก่อน (First in - First out, FIFO) หรือการใช้กฏอภิสัทธ์ (Priority)

คิวเป็น โครงสร้างข้อมูลพื้นฐานที่มีการจำกัดการเพิ่มข้อมูลและการเอาข้อมูลออก เช่นเดียวกับสแตค แต่ลักษณะของคิวก็คือข้อมูลใดที่มาก่อนจะถูกดำเนินการก่อน (First-in first - out : FIFO) คิวเป็น โครงสร้างข้อมูลที่เป็นแถวลำดับ แบบอันดับซึ่งการเพิ่มข้อมูลจะกระทำที่ปลาย

ด้านหนึ่งเรียกว่า หางคิว (Rear) โดยโอเปอเรชัน Enqueue และการนำเอาข้อมูลออกจากคิวจะกระทำที่ปลายอีกด้านหนึ่งเรียกว่า หัวคิว (Front) โดยโอเปอเรชัน Dequeue

2.2.1 คิวลำดับสำคัญ (Priority queue)

วิทยา สุกตบวร (2545) คิวอาจมีการจัดลำดับความสำคัญของสมาชิกจึงมีการสร้างเป็นคิวลำดับความสำคัญ (Priority queue) เช่น ในระบบปฏิบัติการจะให้โปรเซส (Process) ที่มีความสำคัญที่สุดทำงานก่อน แต่เนื่องจากโปรเซสที่เข้ามาไม่ได้เรียงตามความสำคัญ ซึ่งการจัดลำดับมี 2 แบบ คือ ให้ความสำคัญ จากค่าน้อยไปหาค่ามาก (Ascending) และจากค่ามากไปหาค่าน้อย (Descending) ซึ่งคิวที่ถึงแม้เข้ามาก่อน แต่สิ่งที่มีความสำคัญมากกว่าจะได้ออกก่อน ถ้ามีความสำคัญเท่ากัน ข้อมูลที่เข้ามาก่อนจะได้ออกก่อนเช่นเดียวกับ Queue ปกติ (First - in First - out : FIFO)



รูปที่ 2 - 1 ตัวอย่างโครงสร้าง Priority queue

จากรูปที่ 2 - 1 เป็นตัวอย่างโครงสร้างของ Priority queue จะเห็นได้ว่า 5 เป็นข้อมูลที่ถูกจัดเก็บตำแหน่งแรกของ Priority queue เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมี Priority สูงสุด ส่วน 20 เป็นข้อมูลตัวสุดท้ายในคิว เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมี Priority ต่ำสุด

ในการเพิ่มสมาชิกเข้ามาในคิวไม่จำเป็นต้องเข้ามาตามลำดับความสำคัญอาจสลับไปมาได้ แต่การนำออกมาจากคิวจะต้องตามลำดับความสำคัญ ดังนั้น ในการลบสมาชิกออกจากคิวจึงต้องมีการทำงาน 2 เรื่อง คือ ต้องหาสมาชิกที่มีความสำคัญมากที่สุด ทำให้ต้องเข้าไปเรียกใช้งานสมาชิกทุกตัว และเมื่อลบสมาชิกออกจากคิวในช่วงกลางจะต้องทำการขยับสมาชิกตัวถัดไปมาอยู่แทน

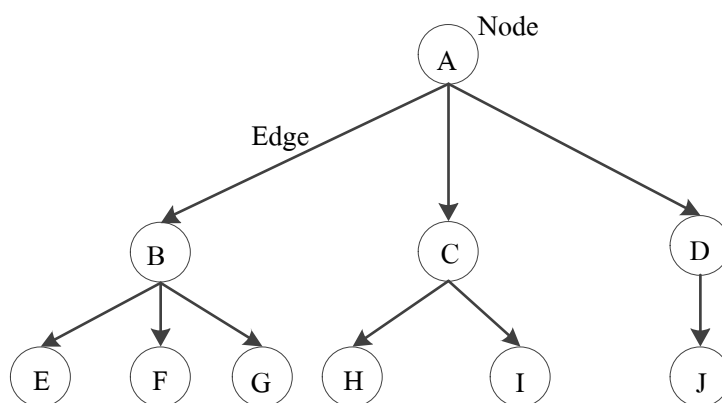
สุชาย ธนเสถียร และวิชัย จิวังกูร (2540) ได้กล่าวว่าในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวเรื่องมีอยู่หลายวิธี เช่นกำหนดตัวแปรให้ชี้ไปยังตำแหน่งสมาชิกที่สำคัญที่สุด หลังจากที่ถูกลบออกไปก็เป็นตำแหน่งว่างทำให้ไม่ต้องขยับสมาชิกตัวอื่นเมื่อเพิ่มสมาชิกใหม่ก็เก็บไว้ตำแหน่งนี้แทน แต่มีข้อเสียก็คือต้องค้นหาสมาชิกที่สำคัญที่สุดทุกครั้งที่มีการลบเช่นเดิม การทำงานแบบนี้จะ

ทำเมื่อมีการลบสมาชิกออกจากคิว แต่มีวิธีที่เหมาะสมกว่า คือการจัดให้สมาชิกทุกตัวเรียงในคิวตามลำดับ โดยสมาชิกในตำแหน่ง Front มีความสำคัญสูงสุดและลดหลั่นลงมาจนถึงตำแหน่ง Rear ที่มีความสำคัญน้อยที่สุดการทำงานจะทำเมื่อมีการเพิ่มสมาชิกใหม่เข้ามาในคิว ส่วนการลบสมาชิกในคิวไม่ต้องทำงานเพิ่มเติมดังที่ผ่านมาเพื่อหาสมาชิกที่สำคัญที่สุด เพราะสมาชิกที่ Front จะสำคัญที่สุดสามารถลบออกไปได้ทันที เมื่อใดที่มีสมาชิกใหม่เพิ่มเข้ามาจะทำการจัดเรียงตามลำดับโดยการหาตำแหน่งที่ถูกต้องให้กับสมาชิก

2.3 โครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้

2.3.1 ต้นไม้ (Tree)

เนรมิต ชุมสาย ณ อยุธยา (2549) สำหรับโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ในคอมพิวเตอร์ จะหมายถึงโครงสร้างข้อมูลชนิดหนึ่งที่มีการเก็บข้อมูลต่างๆ ในโหนด (Node) โดยโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้จะมีการแบ่งโหนดออกเป็น 2 ประเภทคือ โหนดราก (Root node) และโหนดลูก (Child node) โดยที่ต้นไม้ 1 ต้นจะประกอบด้วยโหนดรากเพียงโหนดเดียวเท่านั้น ส่วนโหนดที่เหลือจะจัดเป็นโหนดลูก ซึ่งสามารถมีได้ตั้งแต่ 0 โหนดขึ้นไป



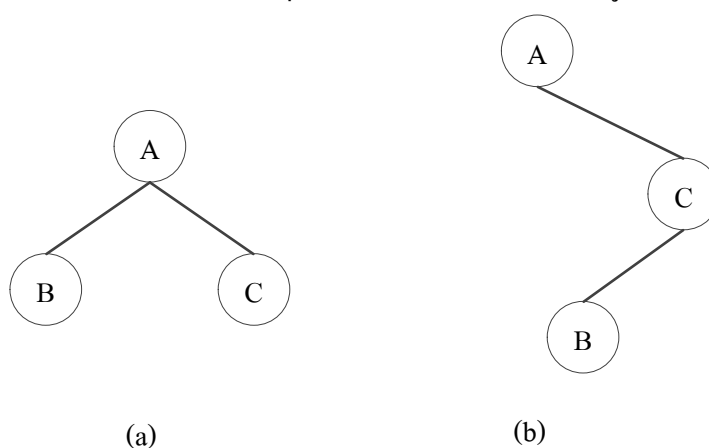
รูปที่ 2 - 2 โครงสร้างแบบต้นไม้

จากรูปที่ 2 - 2 แสดงการจัดเก็บข้อมูลแบบต้นไม้ โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ระดับแรกมีโหนด A เพียงโหนดเดียว เรียก A ว่าโหนดราก ส่วนโหนด B โหนด C และโหนด D เป็นโหนดลูกของโหนด A ส่วนโหนด B เป็นโหนดพ่อแม่ (Parent node) ของโหนด E โหนด F และโหนด G และส่วนโหนด C เป็นโหนดพ่อแม่ของโหนด H และโหนด I และส่วนโหนด D เป็นโหนดพ่อแม่

ของโหนด J ขณะเดียวกันโหนด A เป็นโหนดปู่ย่า (Grandparent node) ของโหนด E F G H I และโหนด J

2.3.2 ไบนารีทรี (Binary tree)

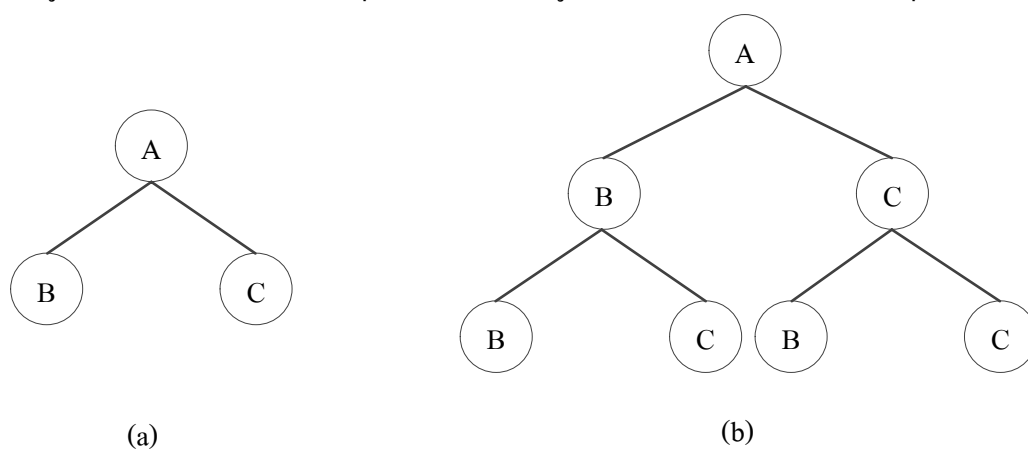
ไบนารีทรีเป็นโครงสร้างข้อมูลต้นไม้ที่ประกอบด้วยโหนดรากเพียงโหนดเดียวเท่านั้น โหนดที่เหลือจัดเป็นโหนดลูก ซึ่งสามารถมีได้ตั้งแต่ 0 โหนดจนถึง 2 โหนดและโหนดลูกแต่ละโหนดสามารถเป็นโหนดพ่อแม่ ซึ่งแต่ละโหนดสามารถมีโหนดลูกได้ตั้งแต่ 0 โหนดจนถึง 2 โหนดเช่นเดียวกัน หรือกล่าวได้ว่า โหนดทุกโหนดใน Binary tree จะมีลูกไม่เกิน 2



รูปที่ 2 - 3 ตัวอย่าง Binary tree

2.3.3 ไบนารีทรีแบบสมบูรณ์ (Complete binary tree)

Binary tree ที่ Non - leaf node ทุกโหนดจะต้องมีโหนดลูกครบทั้ง 2 ข้าง คือมีโหนดลูก 2 โหนดและ Leaf node ทุกโหนดจะต้องอยู่ระดับเดียวกันคือระดับชั้นล่างสุดเท่านั้น



รูปที่ 2 - 4 ตัวอย่าง Complete binary tree

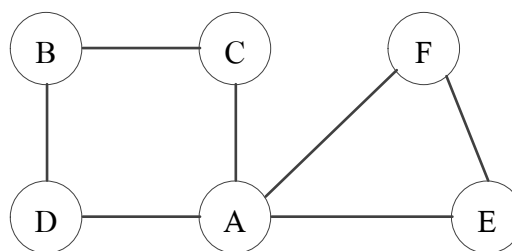
2.4 กราฟ (Graph)

สุชาสินี คุปตะบุตร (2546) ได้อธิบายว่าทฤษฎีกราฟเป็นสาขาหนึ่งในคณิตศาสตร์ที่สามารถนำไปประยุกต์ในการสร้างแบบจำลองและแก้ไขปัญหาในสาขาต่าง ๆ จะพบว่ากราฟมีโครงสร้างที่ง่าย ซึ่งประกอบด้วยไปด้วยจุด และเส้นเชื่อมระหว่างจุด 2 จุด จึงทำให้การนำกราฟไปใช้ในการสร้างแบบจำลองเป็นไปโดยง่าย ตัวอย่างเช่น การหาเส้นทางในการเดินทางจากสถานที่ต้นทางไปยังสถานที่ปลายทาง ในการสร้างแบบจำลอง ให้ จุดแทน สถานที่ และเส้นแทน ถนนระหว่างสถานที่

หลักการเกี่ยวกับกราฟสามารถนำไปประยุกต์ในงานต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ เช่น การคำนวณหาระยะทางหรือเวลาที่สั้นที่สุดที่สามารถเดินทางไปยังจุดต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้ในการวางแผนการเดินทางของนักท่องเที่ยว พนักงานขายหรืออื่น ๆ เพื่อจะได้วางแผนการเดินทางล่วงหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในเรื่องของเวลาและค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการทำงานในส่วนของกระบวนการผลิตหรือการวางแผนโครงการ ซึ่งจะต้องมีการคำนวณเรื่อง Critical path ซึ่งเป็นการคำนวณหาเส้นทางของกระบวนการผลิตหรือการดำเนินงานของโครงการ ที่จะทำให้สามารถบรรลุเป้าหมายหรือเสร็จสิ้นว่าจะต้องใช้เวลาเท่าไร

2.4.1 นิยามของกราฟ

สิริวรรณ ตังจิตวัฒนะกุล (2523) สรุปว่าคำนิยามของโครงสร้างข้อมูลกราฟ คือกลุ่มของโหนด หลาย ๆ โหนดมาเชื่อมต่อกันระหว่างคู่โหนดด้วยเส้นเชื่อม โดยจะเรียกโหนดนั้นว่า Vertex ส่วนของเส้นเชื่อมที่มาเชื่อมต่อกันระหว่างคู่โหนดใด ๆ เรียกว่า Edge



รูปที่ 2 - 5 ตัวอย่างกราฟ

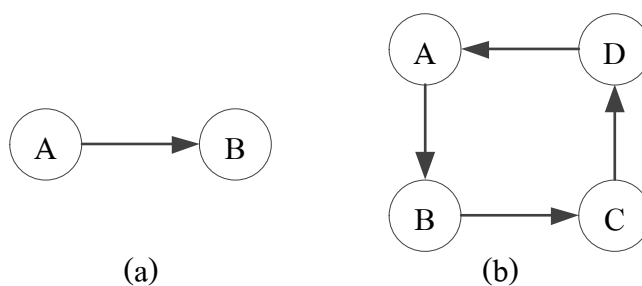
โหนด 2 โหนด ที่ถูกเชื่อมต่อกันด้วย Edge เรียกว่า Adjacent vertices เช่น โหนด A เชื่อมต่อกับโหนด C โหนด D โหนด E และโหนด F ส่วนโหนด B ไม่ได้เชื่อมติดกับโหนด A

Path หมายถึง เส้นทางที่มีการเชื่อมกันจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง เช่น {A, F, E}, {B, C, A, F, E, A, D, B} เป็นต้น

2.4.2 ลักษณะของโครงสร้างข้อมูลกราฟ

2.4.2.1 โครงสร้างข้อมูลกราฟแบบ Directed graph

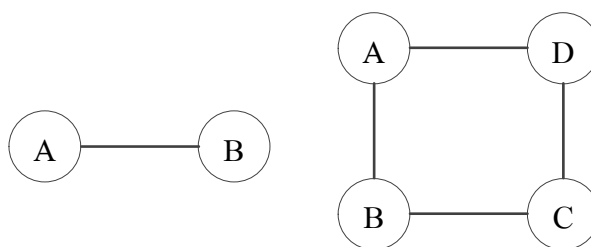
โครงสร้างข้อมูลกราฟที่มีทิศทางกำกับไว้บนเส้น Edge เวลาที่จะเดินทางภายในโครงสร้างข้อมูลกราฟประเภทนี้ จำเป็นจะต้องเดินทางตามทิศทางหัวลูกศรของเส้น Edge ที่กำหนดเท่านั้น จะสวนทางไม่ได้



รูปที่ 2 - 6 โครงสร้างข้อมูลกราฟแบบ Directed graph

2.4.2.2 โครงสร้างข้อมูลกราฟแบบ Undirected graph

โครงสร้างข้อมูลกราฟที่ไม่มีทิศทางกำกับไว้บนเส้น Edge เวลาที่จะเดินทางภายในโครงสร้างข้อมูลกราฟประเภทนี้ สามารถเดินทางทั้งไปและกลับบนเส้น Edge นี้ได้



รูปที่ 2 - 7 โครงสร้างข้อมูลกราฟแบบ Undirected graph

2.4.3 การท่องไปในกราฟ (Graph traversals)

กระบวนการเข้าไปเยือนโหนดในกราฟ โดยมีหลักในการทำงานคือ แต่ละโหนดจะถูกเยือนเพียงครั้งเดียว สำหรับการท่องไปในทรีเพื่อเยือนแต่ละโหนดนั้นจะมีเส้นทางเดียวแต่ใน

กราฟระหว่างโหนดอาจจะมีหลายเส้นทาง ดังนั้นเพื่อป้องกันการท่องไปในเส้นทางที่ซ้ำเดิมจึงจำเป็นต้องทำเครื่องหมายบริเวณที่ได้เยือนเสร็จเรียบร้อยแล้วเพื่อไม่ให้เข้าไปเยือนอีก สำหรับเทคนิคการท่องไปในกราฟมี 2 แบบดังนี้

2.4.3.1 การท่องเชิงลึก (Depth first search)

ธนกร ลิปพัทธ์ (2546) ได้อธิบายว่าวิธีการ Depth first search เน้นกลไกของสแตกในการแก้ปัญหาเป็นสำคัญ ซึ่งวิธีการในการค้นหาของวิธีนี้จะเริ่มสำรวจหรือท่องจากโหนดแรก และตัวถัดไปที่จะถูกสำรวจคือโหนดที่อยู่ติดกับโหนดที่ถูกทำการสำรวจไปแล้ว ซึ่งจะทำในลักษณะนี้ซ้ำ ๆ (Recursive) การสำรวจหรือท่องไปด้วยวิธี Depth first search ก็คือจะท่องไปข้างหน้าเรื่อยไปหรือดิ่งลงไปเรื่อยในเส้นทางอื่น ๆ จนจบเส้นทางนั้น

เป็นอัลกอริทึมที่ทำการเชื่อมโหนดต่าง ๆ ในกราฟแนวลึก โดยเริ่มต้นจากโหนดใดโหนดหนึ่งในกราฟซึ่งถูกกำหนดให้เป็นโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดที่อยู่ติดกับโหนดนั้น จากนั้นใช้โหนดใหม่นี้เป็นโหนดเริ่มต้นและทำวิธีการเช่นเดียวกัน จนกระทั่งไม่สามารถไปต่อได้แล้ว คือไม่มีโหนดที่อยู่ติดกับโหนดนั้นแล้วให้ย้อนกลับไปโหนดก่อนหน้าและเชื่อมโหนดที่เหลือด้วยวิธีการเช่นเดียวกันจนครบทุกโหนด

2.4.3.2 การท่องเชิงกว้าง (Breadth first search)

เป็นอัลกอริทึมที่ทำการเชื่อมโหนดต่าง ๆ ในกราฟตามแนวกว้าง โดยเริ่มต้นจากโหนดใดโหนดหนึ่งในกราฟซึ่งถูกกำหนดให้เป็นโหนดเริ่มต้นไปยังโหนดที่อยู่ติดกับโหนดนั้นจนครบทุกโหนด เมื่อครบทุกโหนดก็ย้อนกลับมาเริ่มต้นใหม่ที่โหนดชุดแรกนั้นไปยังโหนดอื่น ๆ ซึ่งยังไม่ได้เชื่อมจนครบทุกโหนดในกราฟ

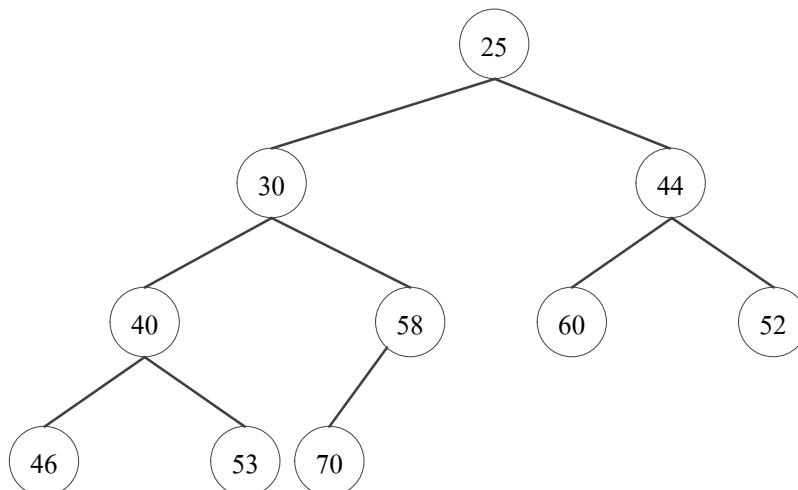
2.5 ฮีป (Heap)

ขนิษฐา นามิ และสังจะ จรัสรุ่งรวีร (2548) กล่าวว่า Heap เป็นโครงสร้างข้อมูลที่มีลักษณะการจัดเก็บข้อมูลแบบ Binary tree ที่ไม่มีปัญหาในเรื่องความสมดุล เนื่องจากการเก็บข้อมูลใน Heap tree จะทำการจัดเก็บลงที่ระดับของ Heap tree และในระดับเดียวกันจะจัดเก็บลงโหนดทางซ้ายมือก่อนโหนดทางขวามือ ส่วนการลบข้อมูลออกจาก Heap tree จะทำการลบจากโหนดรากเท่านั้น และทำการปรับค่าของโหนดต่าง ๆ ที่อยู่ภายใน Heap tree ซึ่งทำให้ Heap tree มีความสมดุลตลอดเวลา

2.5.1 ประเภทของ Heap

2.5.1.1 Min heap

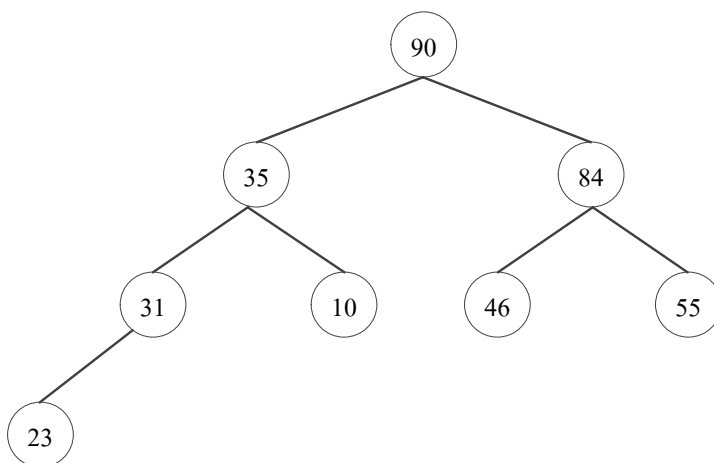
Heap ที่ทุกโหนดจะมีคุณสมบัติ คือ ข้อมูลในโหนดพ่อแม่ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับโหนดลูกทั้ง 2 ฝ่าย ทำให้ข้อมูลที่โหนดรากมีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 2 - 8 ตัวอย่าง Min heap

2.5.1.2 Max heap

Heap ที่ทุกโหนดจะมีคุณสมบัติ คือ ข้อมูลในโหนดพ่อแม่ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับโหนดลูกทั้ง 2 ฝ่าย ทำให้ข้อมูลที่โหนดรากมีค่ามากที่สุด



รูปที่ 2 - 9 ตัวอย่าง Max heap

จุดเด่นของโครงสร้างข้อมูลแบบ Heap คือที่โหนดรากจะมีค่าน้อยที่สุด (กรณี Min heap) หรือมีค่ามากที่สุด (กรณี Max heap) ดังนั้นเมื่อต้องการหาค่าข้างต้น สามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว จากจุดเด่นนี้จึงมักนิยมนำโครงสร้างของ Heap มาประยุกต์ในการทำงาน เช่น การจัดลำดับความสำคัญของงานในระบบปฏิบัติการ การค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด (Shortest path) เป็นต้น

2.5.2 การสร้าง Heap จากโครงสร้าง Priority queue

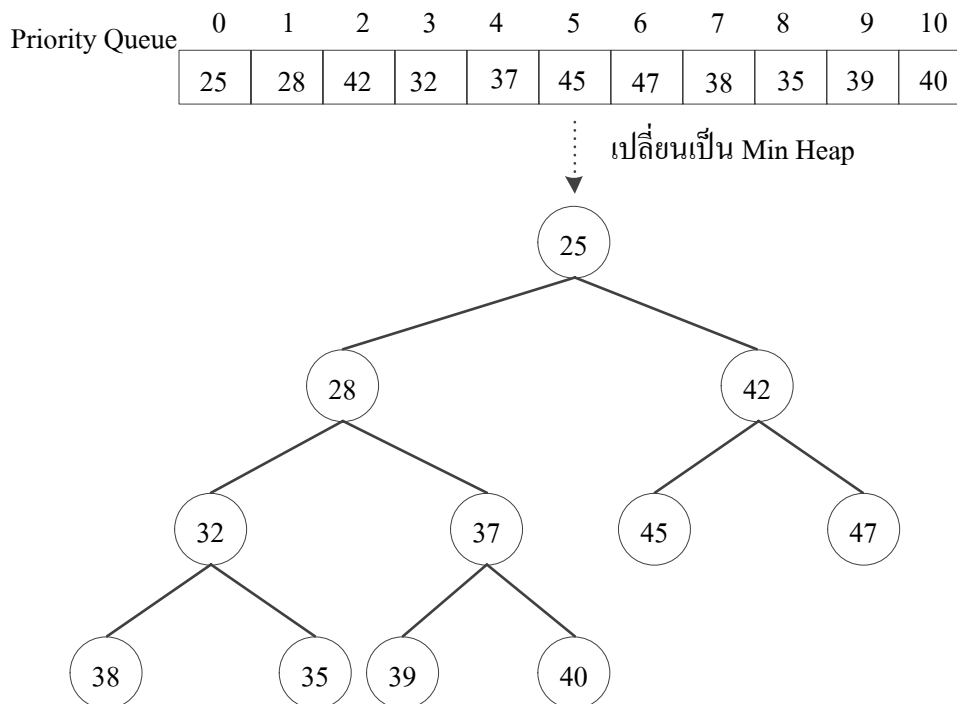
มีขั้นตอนการพิจารณาข้อมูลตั้งแต่ตำแหน่งแรกถึงตำแหน่งสุดท้าย ดังนี้

- ☒ ข้อมูลตำแหน่งแรก เป็นโหนดราก
- ☒ ข้อมูลตำแหน่งที่ 1 เป็นโหนดลูกฝั่งซ้ายของโหนดราก
- ☒ ข้อมูลตำแหน่งที่ 2 เป็นโหนดลูกฝั่งขวาของโหนดราก
- ☒ ข้อมูลตำแหน่งที่ 3 และ 4 เป็นโหนดลูกของโหนดที่ 1 ฝั่งซ้าย ขวา ตามลำดับ
- ☒ ข้อมูลตำแหน่งที่ 5 และ 6 เป็นโหนดลูกของโหนดที่ 2 ฝั่งซ้าย ขวา ตามลำดับ

ทำเช่นนี้จนสิ้นสุดข้อมูลใน Priority queue

2.5.2.1 สร้างกรณี Min heap

ในที่นี้ขอกว่าเฉพาะ Min heap เนื่องจากงานวิจัยใช้กรณีนี้ ลักษณะของ Priority queue ที่นำมาสร้างเป็น Min - heap คือข้อมูลที่มีค่าน้อยจะมี Priority มากกว่าข้อมูลที่มีค่ามาก ดังนั้นข้อมูลที่ถูกจัดเก็บในตำแหน่งแรกจะมีค่าน้อยที่สุด และตำแหน่งสุดท้ายจะมีค่ามากที่สุด การลบข้อมูลใน Priority queue ก็จะทำกรลบตำแหน่งแรก ส่วนการเพิ่มจะทำการเพิ่มที่ตำแหน่งสุดท้าย แล้วทำการเปรียบเทียบค่ากับโหนดแม่ โดยโหนดลูกต้องมีค่ามากกว่าโหนดแม่เสมอ



รูปที่ 2 - 10 การเปลี่ยน Priority queue เป็น Min heap

2.5.3 การดำเนินการกับข้อมูลใน Heap

2.5.3.1 การนำข้อมูลเข้าสู่ Heap

การนำข้อมูลเข้าสู่ Heap หรือการเพิ่มข้อมูล โดยการเพิ่มโหนดใหม่ที่ระดับล่าง ณ ตำแหน่งว่างด้านซ้ายสุด (ทำให้ยังคงสภาพ Complete binary tree อยู่) จากนั้นสลับที่ระหว่างโหนดที่เพิ่มเข้ามา กับ โหนดพ่อแม่ของมันเองตามหลักการของ Heap ทำซ้ำกับโหนดเดิม จนกว่าจะอยู่ตำแหน่งที่ถูกต้อง ปรับ Tree หลังจากเพิ่มข้อมูลให้เป็น Heap

2.5.3.2 การนำข้อมูลออกจาก Heap

การนำข้อมูลออกจาก Heap หรือการลบข้อมูล โดยการลบที่โหนดรากเท่านั้น และนำโหนดที่ระดับล่างสุดตำแหน่งขวาสุดขึ้นมาแทน (ทำให้ยังคงสภาพ Complete binary tree อยู่) จากนั้นสลับที่ระหว่างโหนดที่ตำแหน่งโหนดราก (โหนดที่เพิ่งสลับที่มาจากลบข้อมูล) กับ โหนดลูกของมันเองจนกว่าโหนดนั้นจะอยู่ตำแหน่งที่ถูกต้อง (เลือกโหนดลูกตามหลักของ Heap) ทำซ้ำจนกว่าโหนดรากจะอยู่ตำแหน่งที่ถูกต้อง

ในการเรียงลำดับด้วย Heap จะต้องเป็น Heap ที่ยังคงสภาพ Complete binary tree ซึ่งเป็น Min heap หรือ Max heap ก็ได้ Min heap จะเรียงลำดับของข้อมูลจากมากไปน้อย และ Max heap จะเรียงจากน้อยไปมาก

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำ Dijkstra algorithm มาใช้ในการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ เนื่องจากเป็นอัลกอริทึมที่เหมาะสมในการค้นหาเส้นทางที่มีค่าน้ำหนักเป็นบวก และใช้เวลาในการทำงาน (Running time) น้อยที่สุดจากการเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 2 - 1 ในข้างต้น

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

3.1 การออกแบบการหาเส้นทางที่มีความปลอดภัย

3.1.1 เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง

☒ เครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการ Windows xp service pack 3 ซีพียู Intel core i5 2.4 กิกะเฮิรตซ์ หน่วยความจำ 1,024 เมกะไบต์ ความจุ 120 กิกะไบต์

☒ ภาษา C# เป็นภาษาที่มีต้นกำเนิดมาจากภาษา C ถูกพัฒนาขึ้นโดยเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานของ .NET framework เป็นการการนำข้อดีของภาษาต่าง ๆ เช่น ภาษา Delphi ภาษา C++ เป็นต้น C# เป็นภาษาที่มีแนวคิดแบบโปรแกรมเชิงวัตถุ (Object oriented programming)

☒ .NET framework คือแพลตฟอร์มที่บริษัทไมโครซอฟต์สร้างขึ้น สำหรับพัฒนาซอฟต์แวร์ โดยมี Library ต่าง ๆ มากมายสำหรับการเขียนโปรแกรม เช่น Library ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ การเชื่อมต่อฐานข้อมูล การเชื่อมต่อกับเครือข่ายคอมพิวเตอร์ และการพัฒนา Web application เป็นต้น

☒ Visual Studio 2005 เป็นซอฟต์แวร์ที่รองรับการทำงานภายใต้เทคโนโลยี .Net ได้อย่างสมบูรณ์แบบ และเป็นซอฟต์แวร์ที่รวมการพัฒนา Application บน Windows และ Web เข้าด้วยกัน ตั้งแต่ Application ที่ทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียว Web application จนถึง Application ในรูปแบบของ Web service

☒ PostgreSQL คือ ระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงวัตถุ - สัมพันธ์ (Object-relational dataBase management system) โดยสามารถใช้รูปแบบของภาษา SQL ซึ่งเผยแพร่ในรูปแบบ Open source

☒ PostGIS เป็นชุด Software เสริมสำหรับระบบฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (Database management system) PostgreSQL ซึ่ง PostGIS พัฒนามาตามมาตรฐานของ OGC ที่ชื่อว่า OpenGIS simple features specification for SQL ปัจจุบัน PostGIS และ PostgreSQL ถูกรวมเป็นชุด Software เดียวกัน และสามารถบริหารจัดการระบบฐานข้อมูลได้สะดวกด้วยชุด PgAdmin III

☒ ซอฟต์แวร์ PgAdminIII เป็น โปรแกรมสำหรับช่วยในการเขียน SQL กับฐานข้อมูล PostgreSQL เป็นเครื่องมือที่จัดการฐานข้อมูล

☒ Google earth เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมมาดัดแปลงร่วมกับ Google map รุ่นที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นรุ่นที่แจกฟรี ซึ่งสามารถ Download จากเว็บของ Google ได้ โดยโปรแกรมสามารถวาง Layer ซ้อนทับ ลากเส้น และวาดรูปบนแผนที่ได้

☒ Google map API เป็น Application program interface ที่เกี่ยวกับแผนที่ที่ Google สร้างขึ้นมา ช่วยให้สามารถพัฒนาโปรแกรมเพื่อแทรก Google maps ได้สร้างเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการควบคุมแผนที่อีกด้วย

☒ MapInfo เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจัดการ แสดงผล ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ทั้งสามารถนำเข้า และส่งออกข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้

3.1.2 ลักษณะของข้อมูลอุบัติเหตุ

ข้อมูลอุบัติเหตุที่ใช้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลจากฐานข้อมูลของ Songkhla computerized common accident database entry ปี พ.ศ. 2550 รายละเอียด ได้แก่ จำนวนคนบาดเจ็บ คนขับบาดเจ็บ ผู้โดยสารตาย ผู้โดยสารบาดเจ็บ คนเดินเท้าตาย คนเดินเท้าบาดเจ็บ ชายบาดเจ็บ สահส ชายบาดเจ็บเล็กน้อย ชายตายที่เกิดเหตุ หญิงตายที่เกิดเหตุ ชายตายที่โรงพยาบาล หญิงตายที่โรงพยาบาล และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการจราจร อื่น ๆ เช่น ประเภทของรถ ผิดจราจร ใบอนุญาตขับขี่ สภาพอากาศ เป็นต้น จากนั้นได้นำข้อมูลมาสร้างเป็นฐานข้อมูลที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

3.1.3 การคิดค่าดัชนีความรุนแรง

สมพล สูงทองจรรยา (2543) ได้ศึกษาการสมมติค่าน้ำหนัก เรียงจากมากไปหาน้อย ซึ่งให้ความสำคัญกับผู้เสียชีวิต จำนวนอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บสาหส และผู้บาดเจ็บเล็กน้อย ตามลำดับ ตั้งข้างต้น แล้วทำการจัดลำดับบริเวณอันตรายตามค่าความรุนแรงที่ได้ และทดสอบเปลี่ยนค่าน้ำหนักแต่ยังคงลำดับค่าความรุนแรงเหมือนเดิม โดยค่าน้ำหนักที่สมมติมีค่า ดังนี้

- ☒ จำนวนผู้เสียชีวิต ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 4 ต่อคน
- ☒ จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 3 ต่อครั้ง
- ☒ จำนวนผู้บาดเจ็บสาหส ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 2 ต่อคน
- ☒ จำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย ให้ค่าน้ำหนักเท่ากับ 1 ต่อคน

เนื่องจากต้องการหาเส้นทางปลอดภัยที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงได้นำค่าดัชนีความรุนแรงของอุบัติเหตุ (Severity index) มาเพิ่มเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง นอกเหนือจากระยะทางในการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด ค่าดัชนีความรุนแรงของอุบัติเหตุคำนวณได้จากปัจจัย 4 อย่าง คือ จำนวน

ผู้เสียชีวิต จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บสาหัสและจำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย โดยกำหนดให้มีค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยทั้ง 4 อย่างข้างต้น จะได้ดังนี้

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^4 W_i F_i}{\sum_{i=1}^4 W_i}$$

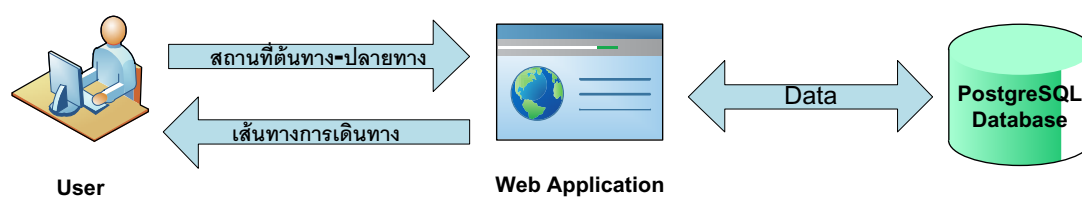
SI = ค่าดัชนีความรุนแรง

W_i = ค่าถ่วงน้ำหนัก

F_i = ปัจจัยที่นำมาพิจารณา

3.1.4 สถาปัตยกรรมของระบบ

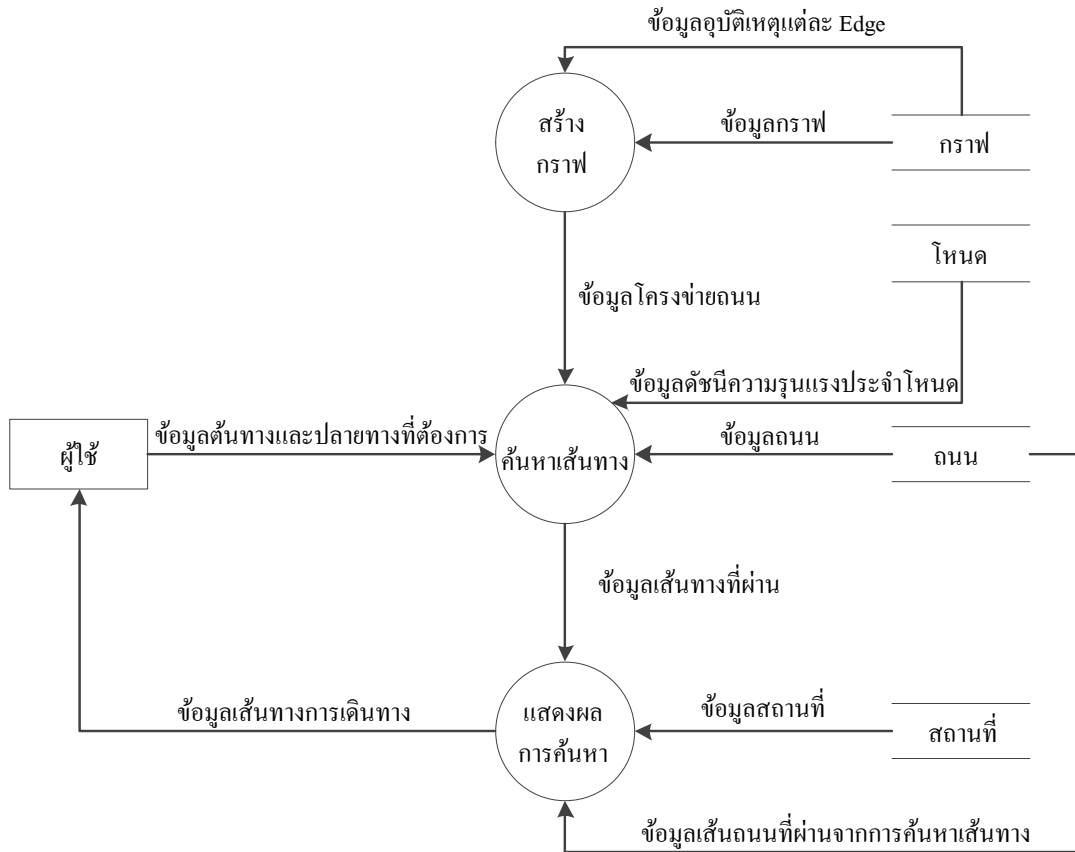
☞ ภาพรวมของการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ



รูปที่ 3 - 1 แผนภาพการทำงานของระบบ

เมื่อผู้ใช้ป้อนข้อมูลต้นทาง - ปลายทาง ระบบจะทำการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่สุดจากอุบัติเหตุ ในการดึงข้อมูลกราฟและค่าดัชนีความรุนแรงของถนนและทางแยก โดยติดต่อกับฐานข้อมูล PostgreSQL และเมื่อค้นหาเส้นทางเสร็จแล้ว จะแสดงผลผ่าน Web application พัฒนาด้วย Visual studio 2005 โดยใช้ภาษา C#

๕ กระบวนการการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ

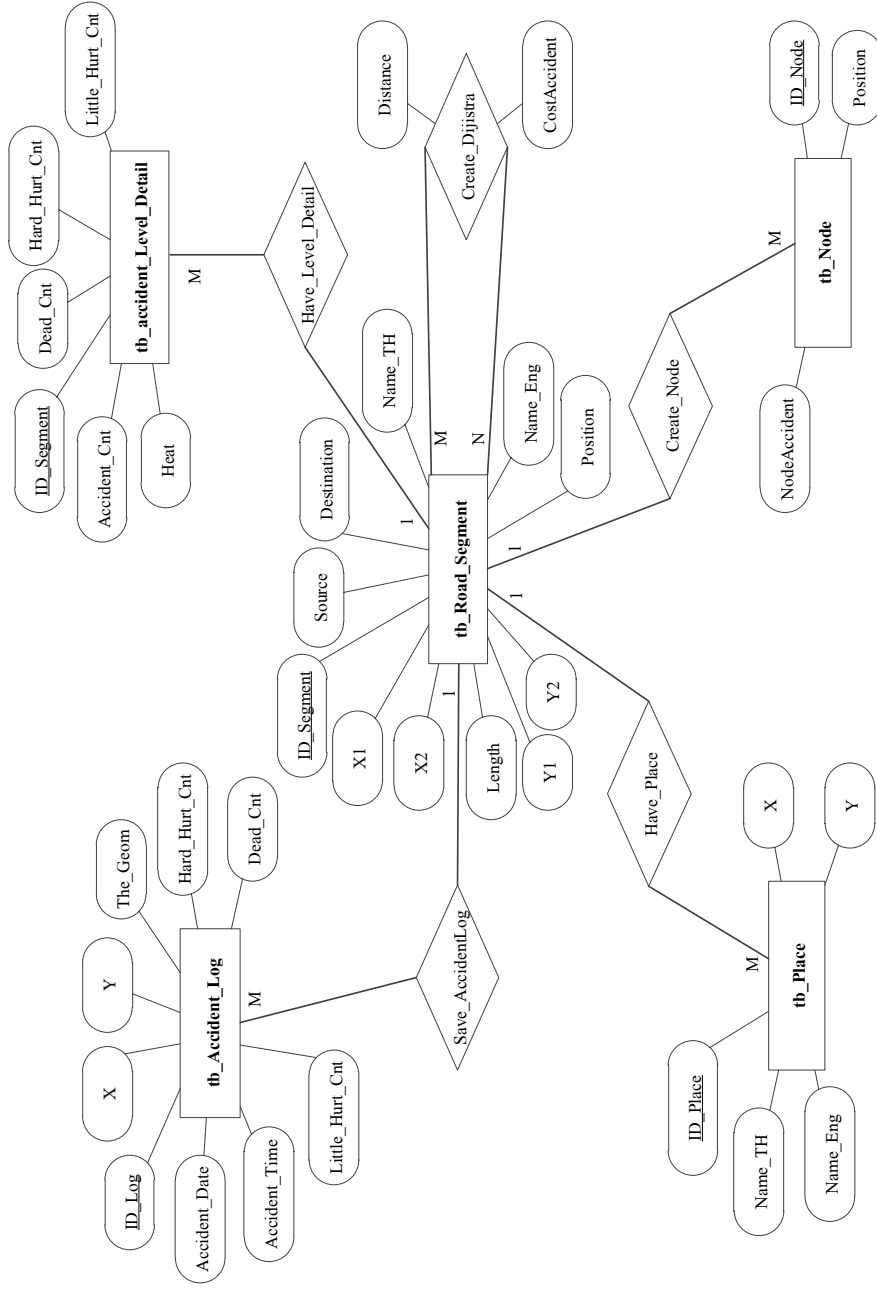


รูปที่ 3 - 2 แผนภาพกระแสข้อมูลของการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ

ขั้นตอนการทำงาน

1. ผู้ใช้ระบุตำแหน่งของสถานที่ต้นทางที่ต้องการหรือตำแหน่งของสถานที่ที่ผู้ใช้อยู่ปัจจุบัน และสถานที่ปลายทางที่ต้องการเดินทาง
2. ระบบทำการสร้างกราฟ ซึ่งในส่วนนี้จะได้ข้อมูลค่าดัชนีความรุนแรงของถนนแต่ละเส้น (Edge) มาด้วย โดยดึงข้อมูลโครงข่ายจากฐานข้อมูล
3. ค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ โดยดึงข้อมูลค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก มาพิจารณาด้วย
4. เมื่อได้เส้นทางที่ปลอดภัยแล้ว แสดงเส้นทางที่ปลอดภัยให้กับผู้ใช้ทราบ

3.1.5 การออกแบบฐานข้อมูล



รูปที่ 3 - 3 โครงสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูล

จากรูปที่ 3 - 3 มีโครงสร้างข้อมูลที่เกี่ยวข้องรายละเอียดข้อมูลที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัย ซึ่งประกอบด้วยตารางต่าง ๆ ดังนี้

1.ตาราง tb_Node เป็นตารางที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับ โหนดและพิกัด Longitude ของโหนด ประกอบด้วยแอตริบิวต์ (Attribute) ต่าง ๆ ดังตารางที่ 3 - 1

ตารางที่ 3 - 1 รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับ โหนดและพิกัด Longitude ของโหนด

แอตริบิวต์	คำอธิบาย
ID_Node	ตัวระบุจำแนกโหนด
Position	พิกัด Lat/Long ของโหนดในรูปของทศนิยม
NodeAccident	ค่าอุบัติเหตุของแต่ละ โหนดที่สังเคราะห์ขึ้น

2.ตาราง tb_Road_segment เก็บข้อมูลเกี่ยวกับจุดต้นและจุดปลายของเส้นทาง ประกอบด้วยแอตริบิวต์ (Attribute) ต่าง ๆ ดังตารางที่ 3 - 2

ตารางที่ 3 - 2 รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับจุดต้นและจุดปลายของเส้นทาง

แอตริบิวต์	คำอธิบาย
ID_Segment	ตัวระบุจำแนกเส้นของเส้นทาง
Source	โหนดตั้งต้น
Destination	โหนดปลายทาง
X1	ค่า Longitude ของโหนดตั้งต้น
Y1	ค่า Latitude ของโหนดตั้งต้น
X2	ค่า Longitude ของโหนดปลายทาง
Y2	ค่า Latitude ของโหนดปลายทาง
Name_TH	ชื่อของเส้นทางเป็นภาษาไทย
Name_Eng	ชื่อของเส้นทางเป็นภาษาอังกฤษ
Length	ระยะทาง
Position	ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของถนน

3.ตาราง tb_Accident_Level_detail เก็บข้อมูลเกี่ยวกับค่าความรุนแรงของอุบัติเหตุ ประกอบด้วยแอตริบิวต์ (Attribute) ต่าง ๆ ดังตารางที่ 3 - 3

ตารางที่ 3 - 3 รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับค่าความรุนแรงของอุบัติเหตุ

แอทริบิวต์	คำอธิบาย
ID_Segment	ตัวระบุจำแนกเส้นของเส้นทาง
Accident_Cnt	จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ
Dead_Cnt	จำนวนผู้เสียชีวิต
Hard_Hurt_Cnt	จำนวนผู้บาดเจ็บสาหัส
Little_Hurt_Cnt	จำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย
Heat	ค่าความรุนแรงของอุบัติเหตุ (Severity index)

4.ตาราง tb_Accident_Log เก็บข้อมูลเกี่ยวกับอุบัติเหตุ จากฐานข้อมูลของ Songkhla computerized common accident database entry ปี พ.ศ. 2550 ประกอบด้วยแอทริบิวต์ (Attribute) ต่าง ๆ ดังตารางที่ 3 - 4

ตารางที่ 3 - 4 รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับอุบัติเหตุ

แอทริบิวต์	คำอธิบาย
ID_Log	ตัวระบุจำแนก Log
Accident_Date	วันที่เกิดอุบัติเหตุ
X	พิกัดค่า Longitude ที่เกิดเหตุ
Y	พิกัดค่า Latitude ที่เกิดเหตุ
The_Geom	ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ของถนน
ID_Segment	ตัวระบุจำแนกเส้นของเส้นทาง
Accident_Time	เวลาที่เกิดอุบัติเหตุ
Dead_Cnt	จำนวนผู้เสียชีวิต
Hard_Hurt_Cnt	จำนวนผู้บาดเจ็บสาหัส
Little_Hurt_Cnt	จำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย

5.ตาราง tb_Dijkstra เป็นตารางที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างกราฟ ประกอบด้วยแอทริบิวต์ (Attribute) ต่าง ๆ ดังตารางที่ 3 - 5

ตารางที่ 3 - 5 รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างกราฟ

แอทริบิวต์	คำอธิบาย
StartID	โหนดตั้งต้น
DestID	โหนดปลายทาง
Distance	ระยะทาง
CostAccident	ค่าความรุนแรงของอุบัติเหตุ (Severity index)

6.ตาราง tb_Place เป็นตารางที่เก็บข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ ประกอบด้วยแอทริบิวต์ (Attribute) ต่าง ๆ ดังตารางที่ 3 - 6

ตารางที่ 3 - 6 รายละเอียดข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่

แอทริบิวต์	คำอธิบาย
ID_Place	ตัวระบุจำแนกของสถานที่
Name_TH	ชื่อของสถานที่เป็นภาษาไทย
Name_Eng	ชื่อของสถานที่เป็นภาษาอังกฤษ
X	พิกัดค่า Longitude ของสถานที่
Y	พิกัดค่า Latitude ของสถานที่
ID_Segment	ตัวระบุจำแนกเส้นของเส้นทาง

3.2 หลักการทำงานของ Dijkstra algorithm

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ทฤษฎีกราฟเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์เพื่อหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่สุด และอัลกอริทึมของ Dijkstra จะใช้เวลาน้อยที่สุดเพื่อค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

Dijkstra algorithm ใช้ในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด จาก Vertex เริ่มต้นไปยังปลายทางหยุดการค้นหาเมื่อเส้นทางที่พิจารณาไปยังปลายทางเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด Dijkstra เป็นอัลกอริทึมที่ใช้โครงสร้างข้อมูล Priority queue ทุก Edge จะต้องมีค่าเป็นบวก พิจารณา Edge ของแต่ละ Vertex เพื่อหา Edge ที่มีค่าน้อยที่สุด โดยจะนำผลรวมค่าน้ำหนักของเส้นทางนั้นมาเทียบกับผลรวมค่าน้ำหนักของเส้นทางอื่นด้วย เพื่อเปรียบเทียบว่าค่าน้ำหนักเส้นทางที่เลือกนั้นจะยังมีผลรวมค่าน้ำหนักของเส้นทางน้อยที่สุดหรือไม่

3.2.1 ขั้นตอนวิธีของ Dijkstra (Dijkstra algorithm)

ขั้นตอนการทำงานแสดงในรูปแบบ Pseudocode ดังนี้

```

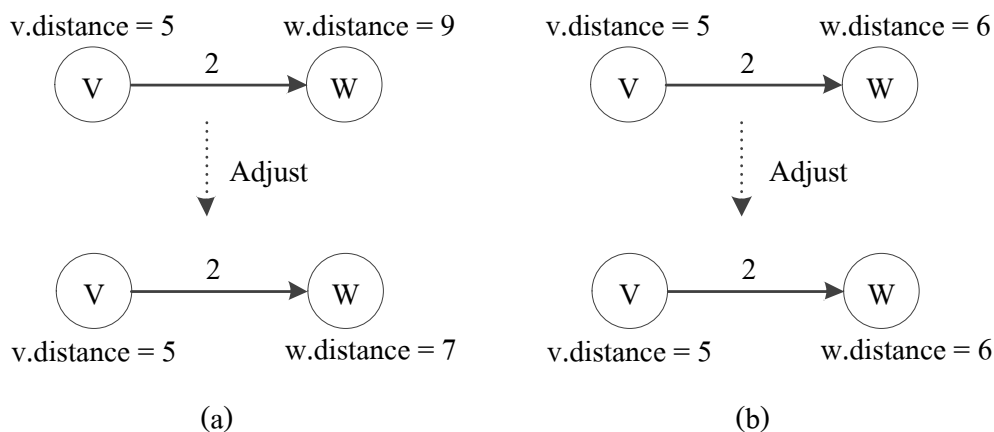
Input : ต้นทาง – ปลายทาง
Output : S
Begin
Initialize :
priority queue =  $\emptyset$ 
for each vertex  $v \in V[G] - \{s\}$  do
 $a[v] = \infty$ 
 $p[v] = \text{null}$ 
 $a[s] = 0$ 
 $S = \emptyset$ 
add  $V[G]$  into priority queue
while priority queue  $\neq \emptyset$  do
    dequeue priority queue into u
    add S union  $\{u\}$  into S
for each vertex  $v \in \text{Adj}[u]$  do
Adjust :
if  $a[v] > a[u] + w(u,v)$  then
     $a[v] = a[u] + w(u,v)$ 
     $p[v] = u$  'parent ของ vertex v เป็น u
  
```

รูปที่ 3 - 4 Pseudocode ของ Dijkstra algorithm

กำหนดให้ s แทน vertex เริ่มต้น

S เป็นสับเซตของ Shortest path (Minimum value)

Adjust เป็นการปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ระยะทางน้อยที่สุดให้กับ Vertex อย่างเหมาะสม เช่นตรวจสอบว่ายังมีเส้นทางอื่นที่ทำให้ผลรวมของระยะทางน้อยกว่าเส้นทางเดิมหรือไม่ อธิบายดังรูปที่ 3 - 5



รูปที่ 3 - 5 การปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ระยะทางน้อยที่สุดให้กับ Vertex

จากรูปที่ 3 - 5 (a) ถ้ากำหนดให้ Vertex v มี $v.distance = 5$ และ Vertex w มี $w.distance = 9$ ถ้าเลือกผ่านเส้นทางจาก V ไป W จะได้ $w.distance = 5 + 2 = 7$ หากเปรียบเทียบ $w.distance$ เดิมคือ 9 จะมากกว่าเส้นทางใหม่ จึงปรับเปลี่ยน $w.distance$ จาก 9 เป็น 7

จากรูปที่ 3 - 5 (b) $v.distance = 5$ และ $w.distance = 6$ ถ้าเลือกผ่านเส้นทางจาก V ไป W จะได้ $w.distance$ ใหม่เท่ากับ 7 แต่ $w.distance$ เดิมมีค่าน้อยกว่า $w.distance$ ใหม่ จึงไม่ต้องปรับเปลี่ยน $w.distance$

3.3 การพัฒนาการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ

งานวิจัยนี้ นำเสนอการปรับเปลี่ยนอัลกอริทึมของ Dijkstra 2 วิธี ดังนี้

3.3.1 วิธีที่ 1

เพิ่มค่าความรุนแรงของทางแยกและถนนเข้ามาพิจารณาแทนระยะทาง (Distance) ของ Dijkstra algorithm แบบปกติ โดยมีขั้นตอนการทำงานแสดงในรูปแบบ Pseudocode ดังนี้

Input : ต้นทาง – ปลายทาง

Output : S

Begin

Initialize :

priority queue = \emptyset

for each vertex $v \in V[G] - \{s\}$ do

$a[v] = \infty$

$p[v] = \text{null}$

$a[s] = 0$

$S = \emptyset$

add $V[G]$ into priority queue

while priority queue $\neq \emptyset$ do

 dequeue priority queue into u

 add S union $\{u\}$ into S

for each vertex $v \in \text{Adj}[u]$ do

Adjust :

if $a[v] > a[u] + w(u,v) + \text{vertexAccident}$ then

$a[v] = a[u] + w(u,v) + \text{vertexAccident}$

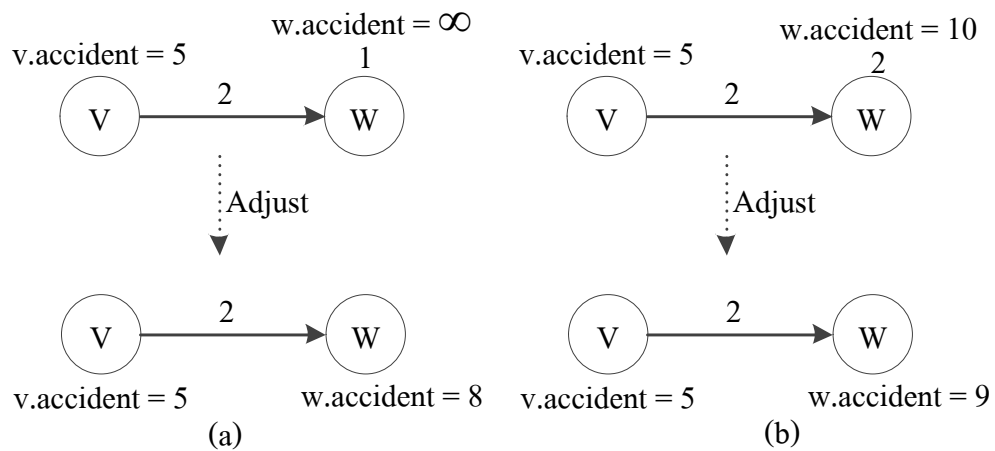
$p[v] = u$ 'parent ของ vertex v เป็น u

รูปที่ 3 - 6 Pseudocode การปรับปรุง Dijkstra algorithm วิธีที่ 1

กำหนดให้ s แทน vertex เริ่มต้น

S เป็นสับเซตของ Shortest path (Minimum value)

Adjust เป็นการปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ค่าความรุนแรงน้อยที่สุดให้กับ Vertex อย่างเหมาะสม เช่นตรวจสอบว่ายังมีเส้นทางอื่นที่ทำให้ผลรวมของค่าดัชนีความรุนแรงน้อยกว่าเส้นทางเดิมหรือไม่ อธิบายดังรูปที่ 3 - 7



รูปที่ 3 - 7 การปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ค่าความรุนแรงน้อยที่สุดให้กับ Vertex (วิธีที่ 1)

จากรูปที่ 3 - 7 (a) ถ้ากำหนดให้ Vertex v มี $v.\text{accident} = 5$ และ Vertex w มี $w.\text{accident} = \infty$ ถ้าเลือกผ่านเส้นทางจาก V ไป W จะได้ $w.\text{accident} = 5 + 2 + 1 = 8$ โดยที่ 1 เป็นค่าความรุนแรงของทางแยก หากเปรียบเทียบ $w.\text{accident}$ เดิมคือ ∞ จะมากกว่าเส้นทางใหม่ จึงปรับเปลี่ยน $w.\text{accident}$ จาก ∞ เป็น 8

จากรูปที่ 3 - 7 (b) $v.\text{accident} = 5$ และ $w.\text{accident} = 10$ ถ้าเลือกผ่านเส้นทางจาก V ไป W จะได้ $w.\text{accident}$ ใหม่เท่ากับ 9 แต่ $w.\text{accident}$ เดิมมีค่ามากกว่า $w.\text{accident}$ ใหม่ จึงต้องปรับเปลี่ยน $w.\text{accident}$ เท่ากับ 9

3.3.2 วิธีที่ 2

ปรับเปลี่ยน Dijkstra algorithm โดยเพิ่มการพิจารณาการเกิดอุบัติเหตุของเส้นทางที่เชื่อมกับเส้นทางที่กำลังพิจารณาอยู่ ขั้นตอนการทำงานแตกต่างกับ Dijkstra ในส่วนการปรับเปลี่ยนเส้นทางอุบัติเหตุน้อยสุดให้ Vertex และแสดงในรูปแบบ Pseudocode ดังนี้

Adjust :

if $a[v] > a[u] + w(u,v) + \text{vertexAccident} + \text{MinAccidentVertex}$ then

$a[v] = a[u] + w(u,v) + \text{vertexAccident} + \text{MinAccidentVertex}$

$p[v] = u$ 'parent' ของ vertex v เป็น u

รูปที่ 3 - 8 Pseudocode ฟังก์ชัน Adjust จากการปรับปรุง Dijkstra algorithm วิธีที่ 2

MinAccidentVertex : ‘พิจารณาการเกิดอุบัติเหตุของเส้นทางที่เชื่อมกับเส้นทางที่พิจารณาอยู่

for each vertex $v \in \text{Adj}[u]$ do ‘พิจารณา vertex ที่ติดกับ vertex u

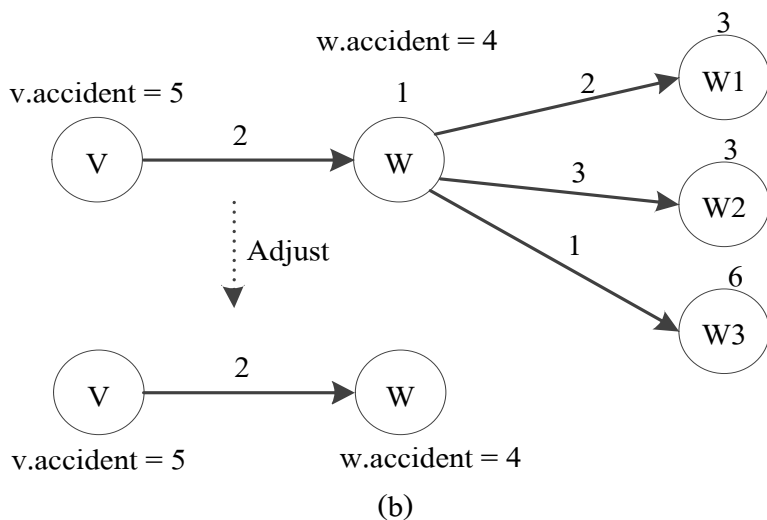
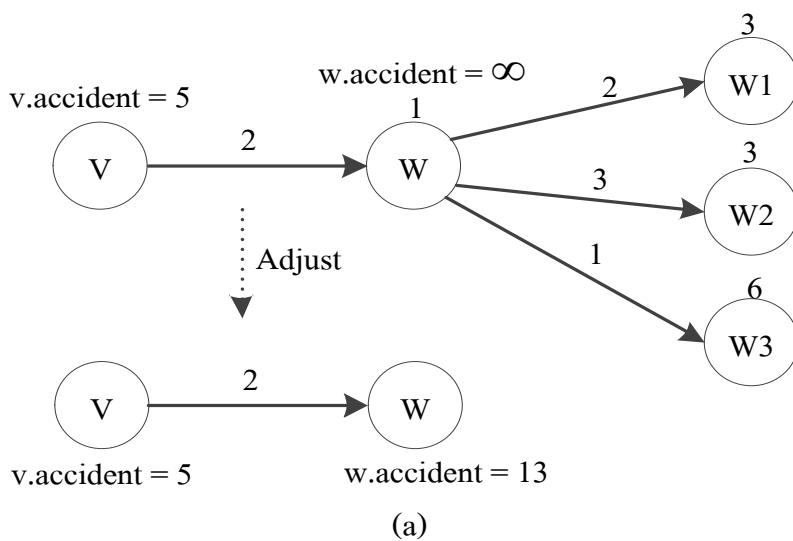
if $e.\text{cost} + \text{vertexAccident}W < \text{minAccident}V$ then

$\text{minAccident}V = e.\text{cost} + \text{vertexAccident}W$

return minAccidentV

กำหนดให้ e แทนเส้นที่กำลังพิจารณา

การปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ค่าอุบัติเหตุน้อยที่สุดให้กับ Vertex อธิบายดังรูปที่ 3 - 9



รูปที่ 3 - 9 การปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ค่าความรุนแรงน้อยที่สุดให้กับ Vertex (วิธีที่ 2)

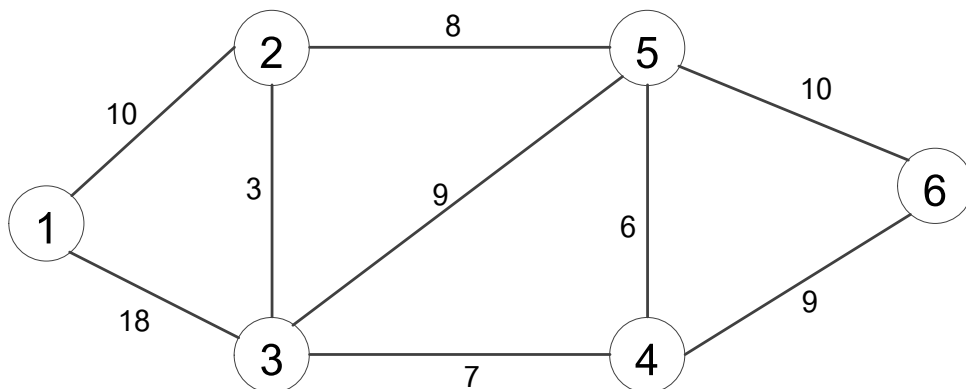
จากรูปที่ 3 - 9 (a) ถ้ากำหนดให้ Vertex v มี $v.\text{accident} = 5$ และ Vertex w มี $w.\text{accident} =$

∞ ถ้าเลือกผ่านเส้นทางจาก V ไป W จะต้องหาเส้นทางที่เชื่อมกับ W ที่มีค่าความรุนแรงน้อยที่สุด คือ W1 จะได้ $w.\text{accident} = 5 + 2 + 1 + 2 + 3 = 13$ โดยที่ 1 เป็นค่าความรุนแรงของทางแยก W และ 2 เป็นค่าความรุนแรงของทางแยก W1 หากเปรียบเทียบ $w.\text{accident}$ เดิมคือ ∞ จะมากกว่าเส้นทางใหม่ จึงปรับเปลี่ยน $w.\text{accident}$ จาก ∞ เป็น 13

จากรูปที่ 3 - 9 (b) $v.\text{accident} = 5$ และ $w.\text{accident} = 4$ ถ้าเลือกผ่านเส้นทางจาก V ไป W จะต้องหาเส้นทางที่เชื่อมกับ W ที่มีค่าความรุนแรงน้อยที่สุด คือ W1 จะได้ $w.\text{accident}$ ใหม่เท่ากับ $5 + 2 + 1 + 2 + 3 = 13$ แต่ $w.\text{accident}$ เดิมมีค่าน้อยกว่า $w.\text{accident}$ ใหม่ จึงไม่ต้องปรับเปลี่ยน $w.\text{accident}$

3.3.3 การทดสอบความถูกต้องของ Dijkstra

กราฟที่ใช้ทดลองในขั้นแรก เป็นโครงข่ายขนาด 6 โหนด เพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วย Dijkstra วิธีที่ 1 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ดังรูปที่ 3 - 10



รูปที่ 3 - 10 กราฟทดสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม (Thomas H. Cormen et. al., 2009)

สาเหตุที่ทดสอบด้วยโครงข่าย ดังรูปที่ 3 - 10 เนื่องจากมีการแก้ปัญหาด้วย Dijkstra algorithm ที่แสดงผลลัพธ์การค้นหาทุกเส้นทางอยู่แล้ว จึงนำผลลัพธ์ดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วย Dijkstra ในวิธีที่ 1 เพื่อทดสอบความถูกต้อง ซึ่งทดสอบบนสภาพแวดล้อมจำลองเสมือนจริงด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ระบบปฏิบัติการ Windows xp service pack 3 ซีพียู Intel core i5 2.4 กิกะเฮิรตซ์ หน่วยความจำ 1,024 เมกะไบต์ ความจุ 120

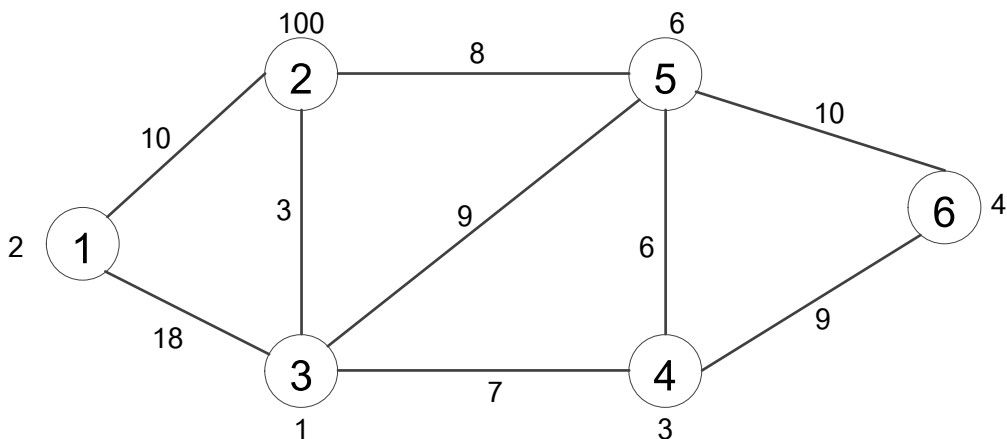
กิกะไบต์ โดยไม่มีปัจจัยภายนอกครบถ้วน

จากนั้นนำกราฟข้างต้นไปทดสอบกับ Dijkstra วิธีที่ 2 แล้วเปรียบเทียบกับวิธีที่ 1 พบว่าวิธีที่ 1 มีค่าความรุนแรงน้อยกว่าวิธีที่ 2 ดังตารางที่ 3 - 7

ตารางที่ 3 - 7 ตัวอย่างการเดินทางจากรูปที่ 3 - 10

วิธี	ต้นทาง	ปลายทาง	เส้นทางการเดินทาง	ค่าความรุนแรง
1	1	6	1 > 2 > 5 > 6	28
2			1 > 2 > 5 > 6	28
1	1	5	1 > 2 > 5	18
2			1 > 2 > 5	18
1	1	4	1 > 2 > 3 > 4	20
2			1 > 3 > 4	25
1	6	2	6 > 5 > 2	18
2			6 > 5 > 2	18

จากนั้น ได้นำค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยกมาพิจารณาด้วย ดังรูปที่ 3 - 11



รูปที่ 3 - 11 กราฟทดสอบความถูกต้องของอัลกอริทึม ที่มีค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากนั้นนำกราฟข้างต้นไปทดสอบกับ Dijkstra วิธีที่ 2 แล้วเปรียบเทียบกับวิธีที่ 1 พบว่าวิธีที่ 1 มีค่าความรุนแรงน้อยกว่าวิธีที่ 2 ดังตารางที่ 3 - 8

ตารางที่ 3 - 8 ตัวอย่างการเดินทางจากรูปที่ 3 - 11

วิธี	ต้นทาง	ปลายทาง	เส้นทางการเดินทาง	ค่าความรุนแรง
1	1	6	$1 > 3 > 4 > 6$	38
2			$1 > 3 > 4 > 6$	38
1	1	5	$1 > 3 > 5$	28
2			$1 > 3 > 5$	28
1	1	4	$1 > 3 > 4$	26
2			$1 > 3 > 4$	26
1	6	2	$6 > 4 > 3 > 2$	23
2			$6 > 5 > 2$	24

จากการทดลอง โครงข่ายขนาด 6 โหนดข้างต้นพบว่าค่าความรุนแรงของทางแยกมีผลต่อการเลือกเส้นทาง จะเห็นได้จาก รูปที่ 3 - 9 กับรูปที่ 3 - 10 ให้ผลการเลือกเส้นทางที่แตกต่างกัน ส่วนบางเส้นทางที่ทั้งสองวิธีให้ผลเท่ากัน เนื่องจากผลการเลือกเส้นทางผ่านโหนดเดียวกันทุกตัว ทำให้มีค่าความรุนแรงเท่ากัน และบางเส้นทางที่ทั้งสองวิธีให้ผลต่างกัน เนื่องจากผลการเลือกเส้นทางไม่ได้ผ่านโหนดเดียวกัน ทำให้มีค่าความรุนแรงที่ต่างกัน เช่น จากตารางที่ 3 - 8 เมื่อเดินทางจากโหนด 6 ไปยังโหนด 2 จากผลลัพธ์วิธีที่ 2 เมื่อพิจารณาโหนด 5 (โหนดที่อยู่ติดกับโหนดต้นทาง) จะต้องพิจารณาไปอีก 1 ชั้นว่าค่าที่น้อยที่สุดของโหนดที่อยู่ติดกับโหนด 5 คือโหนดใด นั่นคือ ถ้าเลือกเดินทางจากโหนด 5 ไปยังโหนด 2 ก็จะถึงปลายทางพอดี จากการทดลองด้วยโครงข่ายขนาด 6 โหนดข้างต้น ทำให้ทราบว่าถ้าพิจารณาโหนดที่อยู่ติดกับโหนดที่กำลังพิจารณาอยู่แล้วโหนดนั้นเป็นโหนดปลายทาง วิธีที่ 2 จะเลือกเส้นทางการเดินทางนั้นทันที โดยไม่พิจารณาต่อ

ดังนั้นจึงได้ทดลองกับโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ในบทที่ 4 ทั้งกรณีไม่พิจารณาค่าความรุนแรงของทางแยก และกรณีพิจารณาค่าความรุนแรงของทางแยก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ถึงแนวโน้มของผลการทดลอง

3.4 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

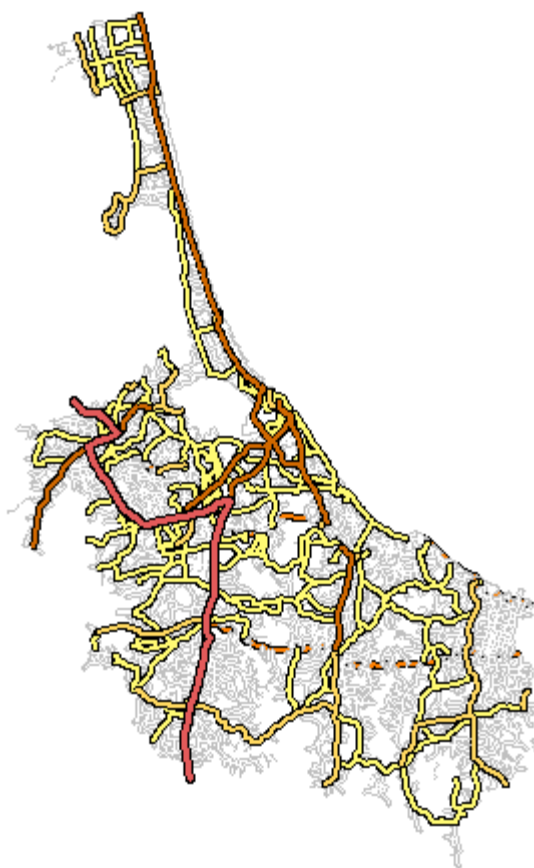
การทดสอบประสิทธิภาพ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม 2 อัลกอริทึม โดยการทดสอบสุ่มต้นทาง - ปลายทาง และเพิ่มขนาดโครงข่ายในการทดสอบ ได้แก่ 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด ตัวอย่างดังรูปที่ 3 - 12 ซึ่งเป็นโครงข่ายในรูปสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกัน ค่าดัชนี

ความรุนแรงของเส้นถนน ทางแยกเป็นค่าที่สังเคราะห์ขึ้น และทดสอบด้วยโครงข่ายจริงขนาด 24,542 โหนด ดังรูปที่ 3 - 13 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุมากที่สุด ระหว่าง 2 อัลกอริทึม



รูปที่ 3 - 12 โครงข่ายขนาด 50 โหนดที่ใช้ในการทดสอบ

จากรูปที่ 3 - 12 เป็นโครงข่ายขนาด 50 โหนด ซึ่งโครงข่ายขนาด ได้แก่ 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด เป็นโครงข่ายที่มีลักษณะการเชื่อมต่อในรูปแบบเดียวกัน โดยเชื่อมต่อกันไปเรื่อยๆ จนได้โครงข่ายตามขนาดที่ต้องการทดสอบ



รูปที่ 3 - 13 โครงข่ายขนาด 24,542 โหนดที่ใช้ในการทดสอบ

จากรูปที่ 3 - 13 เป็นโครงข่ายถนนของ Songkhla computerized common accident database entry ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 - 2550

3.4.1 ทดสอบจำนวนครั้งในการสู่มต้นทาง - ปลายทาง

การทดสอบจำนวนครั้งในการสู่มต้นทาง - ปลายทาง เป็นการทดสอบเพื่อหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการนำไปทดสอบหาแนวโน้มของการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่สุดของทั้ง 2 อัลกอริทึม ดังตัวอย่าง ตารางที่ 3 - 9

ตารางที่ 3 - 9 ตัวอย่างการทดสอบจำนวนครั้งในการสู่มต้นทาง - ปลายทางของอัลกอริทึม

จำนวนครั้งที่ทดสอบ	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	ทั้ง 2 วิธีเท่ากัน	รวม (Sum)
	จำนวนครั้งที่มีความรุนแรงน้อยที่สุด			
10	5	1	4	10
20	10	10	0	20
30	20	5	5	30
40	30	5	5	40
50	30	10	10	50

3.4.1.1 หลักการ และขั้นตอนในการทดสอบจำนวนครั้งในการสู่มต้นทาง - ปลายทาง

- เตรียมข้อมูลที่ใช้ในการสร้างกราฟโครงข่ายที่มีขนาด 50 โหนด สำหรับใช้ในการทดสอบจำนวนครั้งในการสู่มต้นทาง - ปลายทาง สาเหตุที่เลือกโครงข่ายขนาด 50 โหนด ในการทดสอบจำนวนครั้ง เนื่องจากต้องการเส้นทางการเดินทางต้นทาง - ปลายทาง ที่หลากหลายและซ้ำกันไม่มากจนเกินไป และโครงข่ายขนาด 50 โหนด เป็นขนาดเริ่มต้นที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัย
- เตรียมข้อมูลค่าความรุนแรงของทางแยกและแต่ละเส้นทาง (Segment) ที่มีค่าเดียวกัน สำหรับใช้ในการทดสอบจำนวนครั้งในการสู่มต้นทาง - ปลายทาง
- ประมวลผลด้วยจำนวน 20 30 50 100 150 และ 200 ครั้ง ทดสอบด้วยวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2
- ได้ข้อมูลจำนวนครั้งที่จะใช้ในการทดสอบมาใช้ในการทดสอบกับวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ด้วยโครงข่ายขนาดต่าง ๆ

3.4.2 ทดสอบประสิทธิภาพของแต่ละอัลกอริทึม

การทดสอบในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในด้านการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่สุด แต่ผลที่ได้จากการวิจัย ไม่ได้มีเพียงแค่เส้นทางที่ปลอดภัยที่สุด ยังได้จำนวนทางแยกที่ผ่านและเส้นทางที่ใช้ในการเดินทางอีกด้วย ในที่นี้จะแสดงตัวอย่างการทดลองประสิทธิภาพระหว่าง 2 อัลกอริทึมดังตารางที่ 3 - 10 ในส่วนของผลการทดลองจะให้เห็นในบทที่ 4

ตารางที่ 3 - 10 ตัวอย่างการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

ครั้งที่ทดสอบ	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	ทั้ง 2 วิธีเท่ากัน
	ค่าความรุนแรงน้อยที่สุด		
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4		✓	
5	✓		
6		✓	
7			✓
8	✓		
9	✓		
10			✓
รวม(Sum)	6	2	2

ในกรณีที่การทดสอบครั้งที่ใด ๆ ให้ค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด จะทำเครื่องหมาย ✓ วิธีนั้น ๆ ไว้และในกรณีที่ทั้ง 2 วิธีให้ค่าที่น้อยที่สุดเท่ากันด้วย

3.4.2.1 หลักการ และขั้นตอนในการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

- เตรียมข้อมูลที่ใช้ในการสร้างกราฟโครงข่ายที่มีขนาดเดียวกัน ได้แก่ 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด สำหรับใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม
- เตรียมข้อมูลค่าความรุนแรงของทางแยกและแต่ละเส้นทาง (Segment) ที่มีค่าเดียวกัน สำหรับใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของอัลกอริทึม

3. ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาดต่าง ๆ ได้แก่ 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด ตัวอย่างดังรูปที่ 3 - 11 ซึ่งโครงข่ายที่ทดสอบแต่ละโครงข่าย จะใช้จำนวนการทดสอบ 50 ครั้ง (ผลการทดสอบหาจำนวนครั้งแสดงในภาคผนวก ก) ดังตารางที่ 3 - 12 จะเห็นได้ว่าวิธีที่มีค่าความรุนแรงน้อยกว่าจะทำเครื่องหมาย ✓ ใวนั้นเท่ากับ 1 คะแนน ส่วนวิธีที่มีค่าความรุนแรงน้อยกว่าจะไม่ทำเครื่องหมาย ✓ ใวนั้นเท่ากับ 0 คะแนนและค่าความรุนแรงเท่ากันจะทำเครื่องหมาย ✓ ใวนั้นเท่ากับ 1 คะแนน จากนั้นก็นำคะแนนที่ได้มารวมกัน แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การทดสอบ และผลการทดสอบ

ลักษณะกราฟที่ใช้สำหรับการทดสอบอัลกอริทึมที่พัฒนา เป็นกราฟในลักษณะรูปสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกัน ตัวอย่างดังรูปที่ 3 - 12

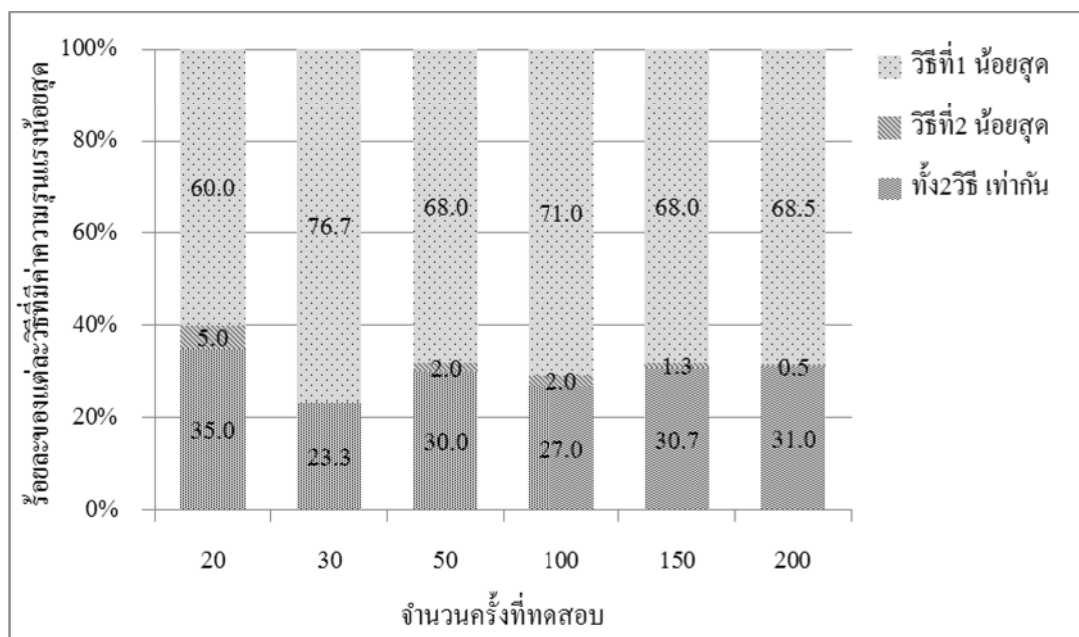
ข้อมูลค่าความรุนแรงของถนน (Segment) ค่าความรุนแรงของทางแยก และระยะทางระหว่างทางแยก (โหนด) ที่ใช้สำหรับการทดสอบ มาจากการใช้ฟังก์ชัน Random ของ Postgres SQL และเขียนคำสั่ง SQL ในการกำหนดค่าที่ได้จากการ Random ให้กับเส้นทางไป - กลับมีค่าเดียวกัน เช่น โหนด A เชื่อมกับโหนด B ค่าความรุนแรงของถนน (Segment) และระยะทางไป - กลับระหว่างโหนด A และโหนด B ต้องมีค่าเท่ากัน

การปรับปรุง Dijkstra algorithm เพื่อค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ มี 2 วิธี วิธีที่ 1 เพิ่มค่าความรุนแรงของทางแยกและถนนเข้ามาพิจารณา แทนระยะทาง (Distance) ของ Dijkstra algorithm แบบปกติ และวิธีที่ 2 เพิ่มการพิจารณาการเกิดอุบัติเหตุของเส้นทางที่เชื่อมกับเส้นทางที่กำลังพิจารณาอยู่

4.1.1 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยในการวางแผนการเดินทาง

4.1.1.1 การทดลองหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมต่อการทดสอบ

เป็นการทดลองเพื่อหาจำนวนครั้งในการสุ่มต้นทาง - ปลายทางที่ทำให้ผลการทดลองคงที่หรือเป็นไปในแนวทางเดิมตลอด ซึ่งทดลองด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ดังรูปที่ 4 - 1



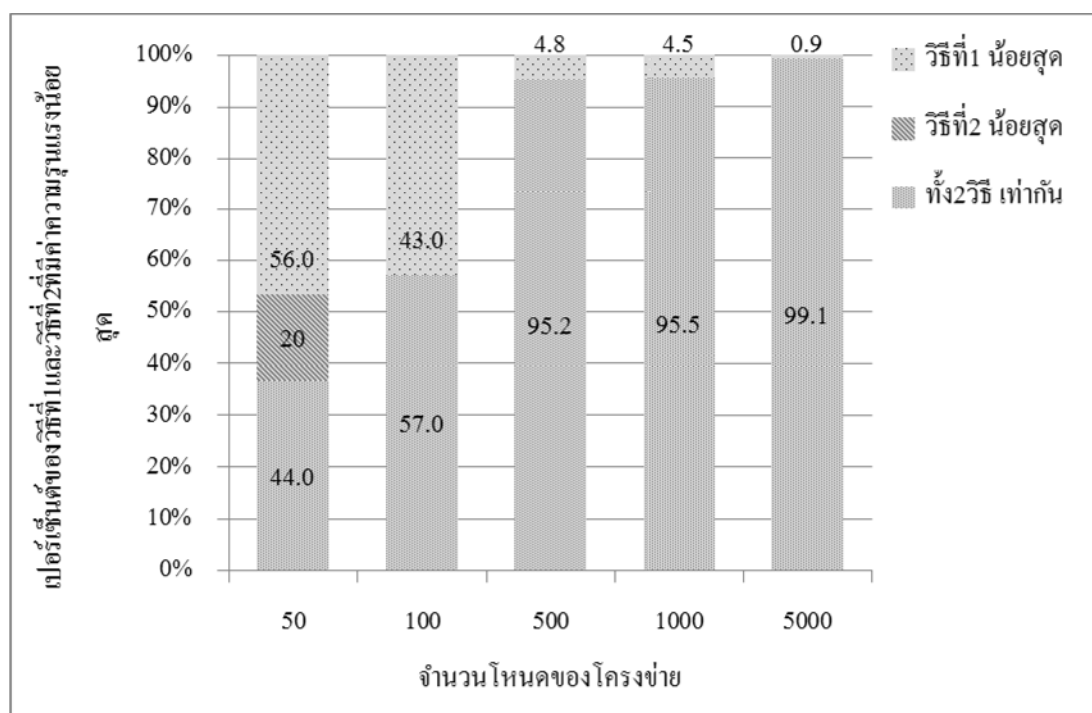
รูปที่ 4 - 1 กราฟแสดงการทดลองด้วยจำนวนครั้งต่าง ๆ จากการสุ่ม ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด

จากรูปที่ 4 - 1 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่ให้ค่าความรุนแรงน้อยสุด (ปลอดภัยที่สุด) ในการทดลองหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการทดสอบ โดยใช้จำนวนครั้งที่ทดสอบ ได้แก่ 20 30 50 100 150 และ 200 ครั้ง โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก โดยสรุปจากการทดสอบแต่ละครั้งวิธีที่ 1 จะให้ค่าความรุนแรงน้อย (ปลอดภัยที่สุด) กว่าวิธีที่ 2 และการทดสอบ 50 ครั้งเป็นจำนวนที่เหมาะสมที่จะใช้ในการทดสอบ เนื่องจากการทดสอบ 100 150 และ 200 ครั้งร้อยละของวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ไม่ต่างกันนัก ซึ่งทดสอบด้วย 50 ครั้งก็เพียงพอแล้ว และการทดสอบ 30 ครั้ง วิธีที่ 2 ไม่ได้ดีกว่าวิธีที่ 1 อาจเป็นเพราะการสุ่มต้นทาง - ปลายทาง ซึ่งมีผลต่อการเลือกเส้นทางของวิธีที่ 2 ถ้าพิจารณาโหนดที่อยู่ติดกับโหนดที่กำลังพิจารณาอยู่ แล้วโหนดนั้นเป็นโหนดปลายทาง วิธีที่ 2 จะเลือกเส้นทางการเดินทางนั้นทันที นั่นอาจทำให้ค่าความรุนแรงมากกว่าวิธีที่ 1 ได้

4.1.2 ผลการค้นหาเส้นทางด้วยวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 โดยใช้ข้อมูลจากการสุ่ม

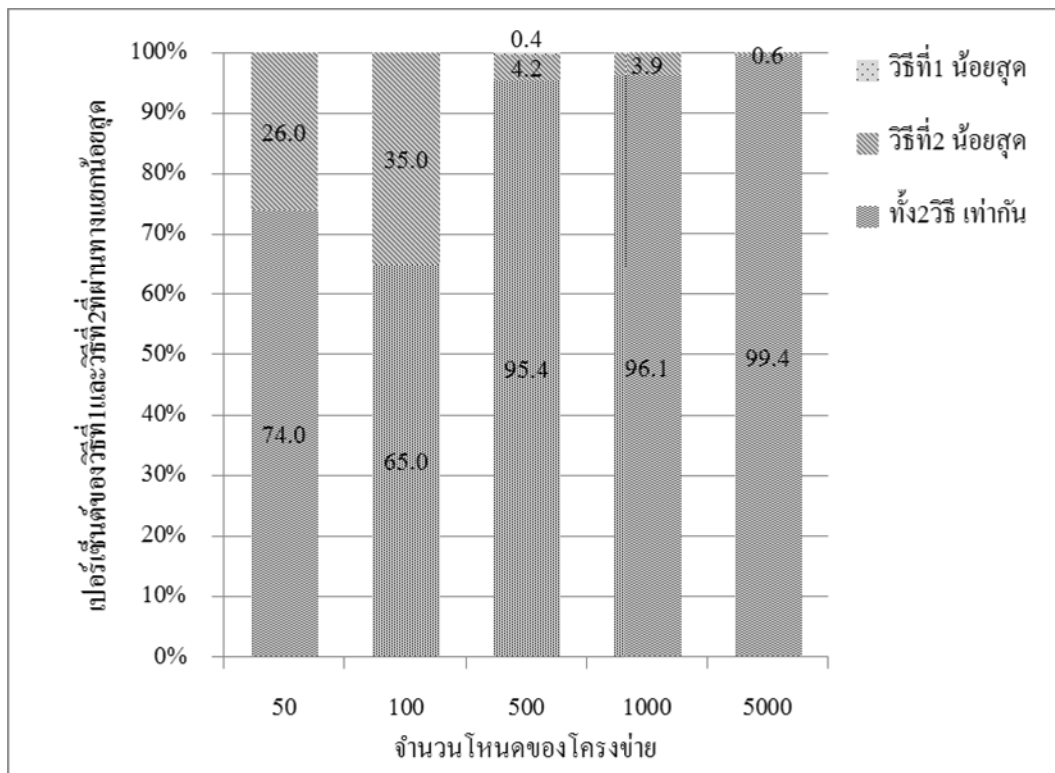
วิธีที่ 1 นำ Dijkstra algorithm มาปรับเปลี่ยนค่าความรุนแรงของทางแยกและถนนเข้ามาพิจารณาด้วย ส่วนวิธีที่ 2 นำ Dijkstra algorithm ปรับเพิ่มการพิจารณาการเกิดอุบัติเหตุของเส้นทางที่เชื่อมกับเส้นทางที่กำลังพิจารณาอยู่ โดยทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 100 150 500

1,000 และ 5,000 โหนด ซึ่งเป็นข้อมูลจากการสังเคราะห์ขึ้น ทดสอบด้วยการไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก และพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ได้เปรียบเทียบค่าความรุนแรง ทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ ผลการทดสอบ ดังนี้



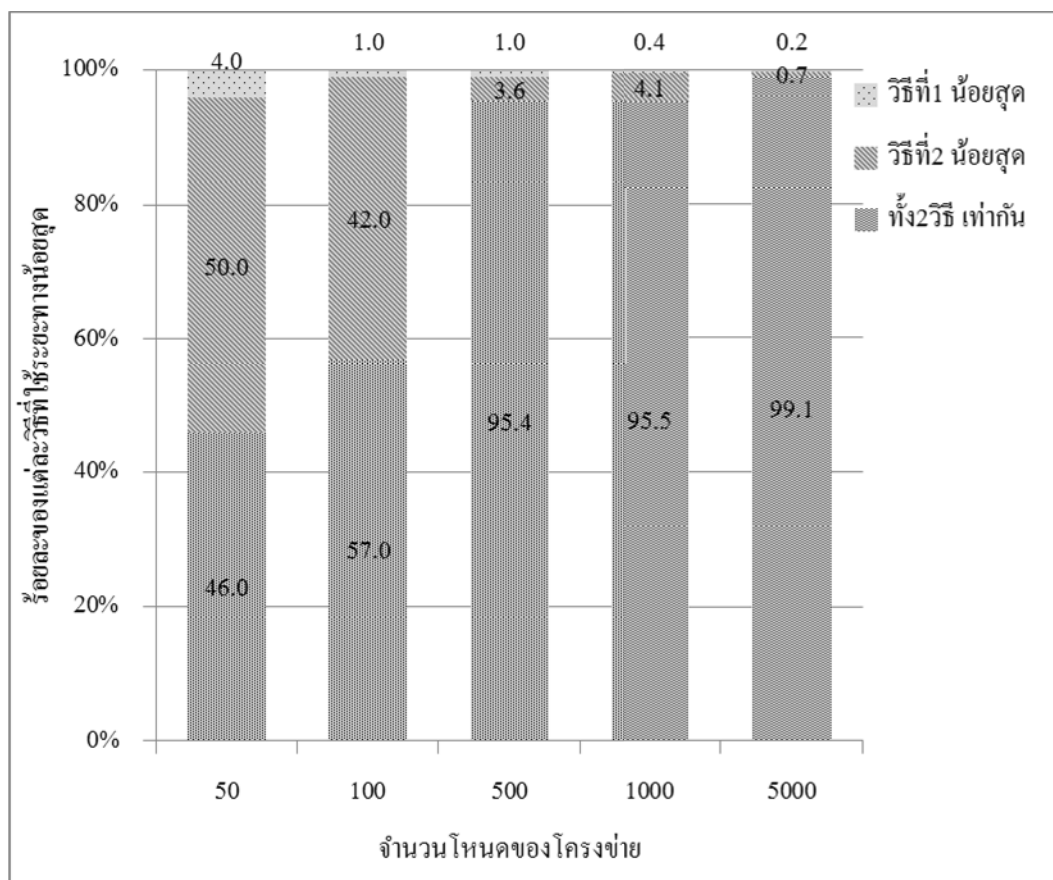
รูปที่ 4 - 2 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูปที่ 4 - 2 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่ให้ค่าความรุนแรงน้อยสุด (ปลอดภัยที่สุด) โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก โดยสรุปจากการทดสอบ 50 ครั้งด้วยโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด วิธีที่ 1 จะให้ค่าความรุนแรงน้อย (ปลอดภัย) กว่าวิธีที่ 2 เสมอ นั่นเพราะวิธีที่ 2 ให้ค่าความรุนแรงน้อยสุด (ปลอดภัยที่สุด) คิดเป็น ร้อยละ 0.0 และเมื่อโครงข่ายสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกันมีขนาดใหญ่ขึ้นทั้ง 2 วิธีให้ค่าความรุนแรง (ความปลอดภัย) ที่ไม่ต่างกันนัก



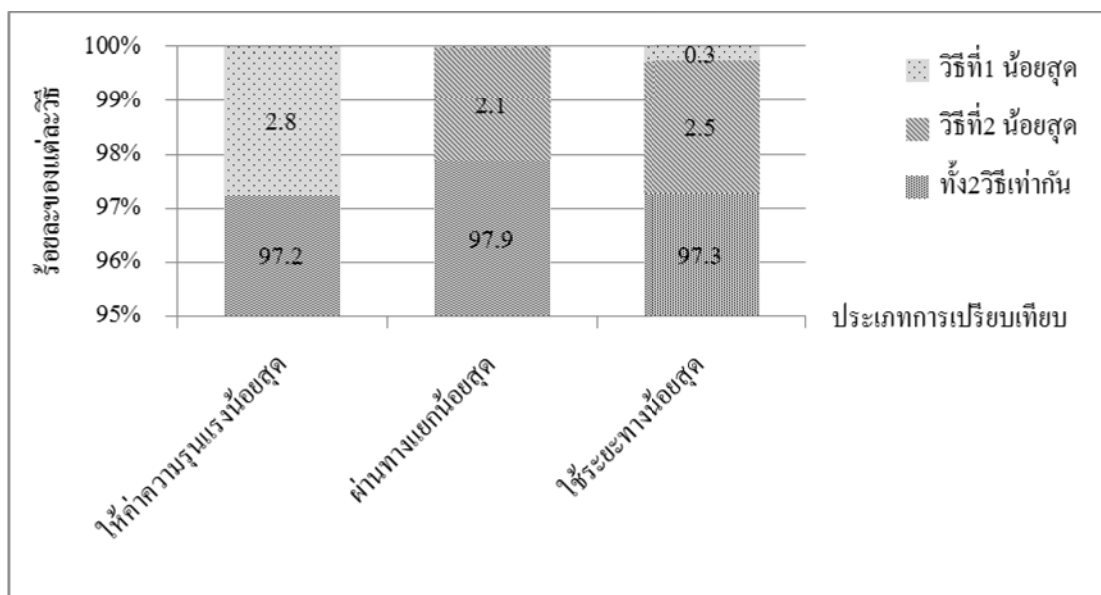
รูปที่ 4 - 3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูปที่ 4 - 3 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่ผ่านทางแยกน้อยสุด โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก โดยสรุปจากการทดสอบ 50 ครั้งด้วยโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด วิธีที่ 2 ผ่านทางแยกน้อย ดีกว่าวิธีที่ 1 เมื่อโครงข่ายขนาด 50 100 1,000 และ 5,000 โหนด นั้นเพราะวิธีที่ 1 ผ่านทางแยกน้อยสุด คิดเป็น ร้อยละ 0.0 และเมื่อโครงข่ายสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกันมีขนาดใหญ่ขึ้นทั้ง 2 วิธีมีจำนวนทางแยกที่ผ่านไม่ต่างกันนัก



รูปที่ 4 - 4 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

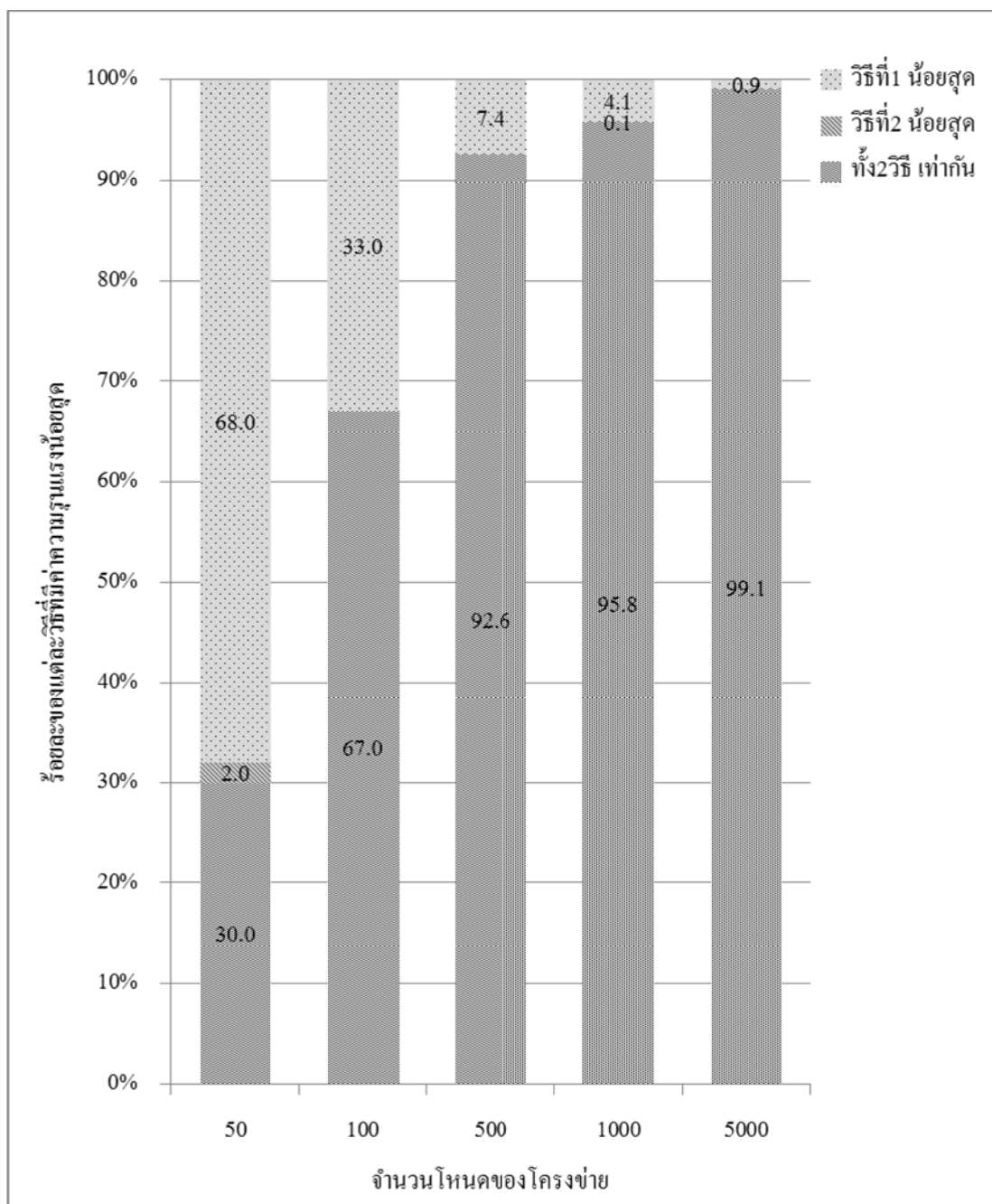
จากรูปที่ 4 - 4 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่ใช้ระยะทางน้อยสุด (สั้นที่สุด) โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก โดยสรุปจากการทดสอบ 50 ครั้งด้วยโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด วิธีที่ 2 ใช้ระยะทางสั้นกว่าวิธีที่ 1 เสมอ เมื่อโครงข่ายขนาด 50 และ 100 โหนด วิธีที่ 2 มีร้อยละของการใช้ระยะทางสั้นกว่าวิธีที่ 1 มาก และเมื่อโครงข่ายมีขนาดใหญ่ขึ้นทั้ง 2 วิธีใช้ระยะทางไม่ต่างกัน



รูปที่ 4 - 5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูปที่ 4 - 5 แสดงการสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก จะเห็นได้ว่า วิธีที่ 1 ให้ค่าความรุนแรงน้อยกว่าวิธีที่ 2 และวิธีที่ 2 ผ่านทางแยกและใช้ระยะทางที่ต่ำกว่าวิธีที่ 1 แต่ทั้งนี้ทั้ง 2 วิธีก็ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกันเป็นส่วนใหญ่

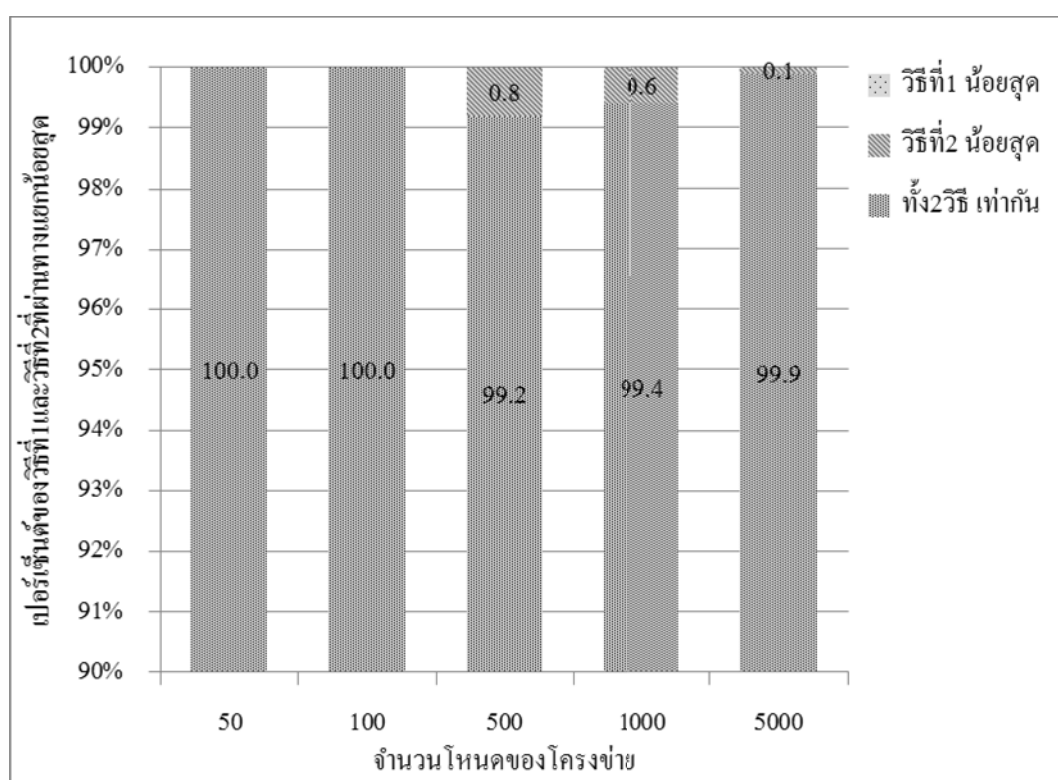
จากนั้นได้เพิ่มค่าความรุนแรงของทางแยก และทดสอบด้วยโครงข่ายเดิม ให้ผลดังนี้



รูปที่ 4 - 6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูปที่ 4 - 6 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่ให้ค่าความรุนแรงน้อยสุด (ปลอดภัยที่สุด) จะเห็นได้ว่าการทดสอบจำนวน 50 ครั้ง โดยพิจารณาค่าดัชนี

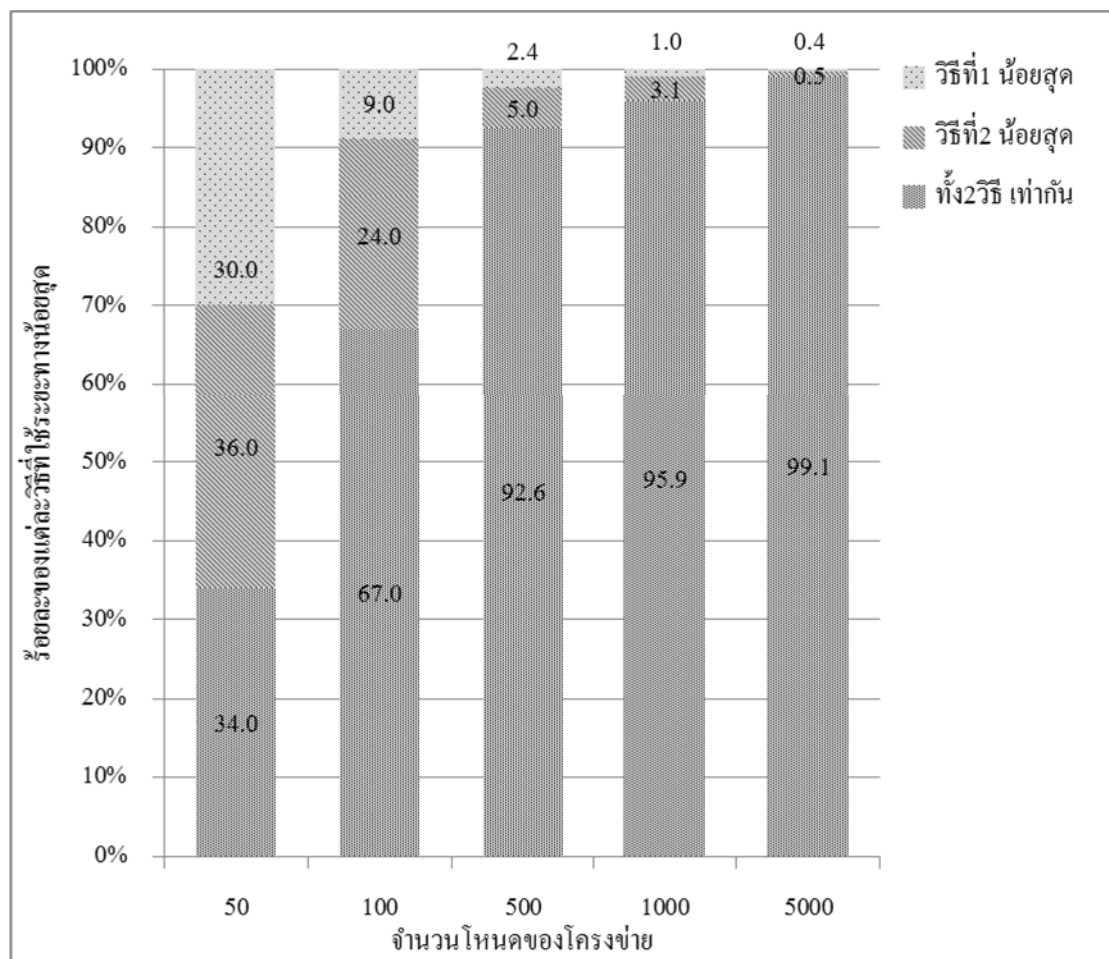
ความรุนแรงของทางแยก ด้วยโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด วิธีที่ 1 จะให้ค่าความรุนแรงน้อยกว่าวิธีที่ 2 เสมอ และเมื่อโครงข่ายสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกันมีขนาดใหญ่ขึ้นทั้ง 2 วิธีให้ค่าความรุนแรงที่ไม่ต่างกันนัก แต่เมื่อโครงข่ายขนาด 50 โหนด วิธีที่ 1 มีร้อยละค่าความรุนแรงน้อย (ปลอดภัย) กว่าวิธีที่ 2 มากกว่าร้อยละ 50 และโครงข่ายขนาด 100 500 และ 5,000 โหนด วิธีที่ 2 ไม่ได้ปลอดภัยกว่าวิธีที่ 1 เลย นั่นคือร้อยละค่าความรุนแรงน้อยสุด (ปลอดภัยที่สุด) คิดเป็นร้อยละ 0.0



รูปที่ 4 - 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

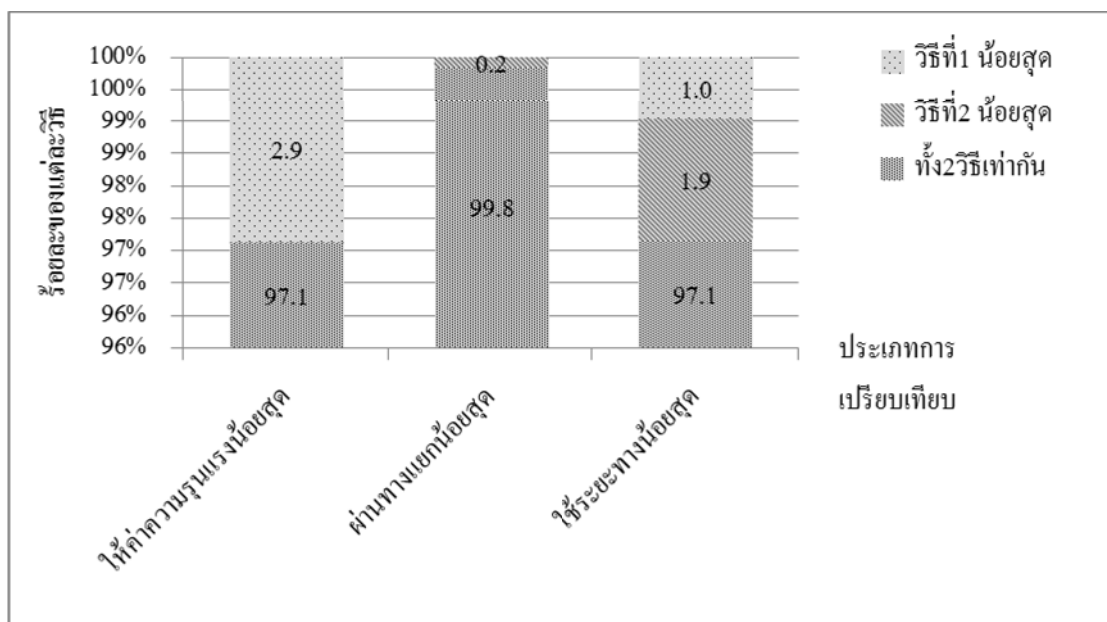
จากรูปที่ 4 - 7 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่ผ่านทางแยกน้อยสุด จะเห็นได้ว่าการทดสอบจำนวน 50 ครั้ง โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยกด้วยโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด ทั้ง 2 วิธีมีจำนวนทางแยกที่ผ่านไม่ต่างกัน แต่เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 และ 100 โหนด ทั้งสองวิธีมีร้อยละการผ่านทางแยกน้อยสุด คิดเป็นร้อยละ 100 แต่เมื่อโครงข่ายขนาดใหญ่ขึ้น วิธีที่ 2 จะมีร้อยละการผ่านทางแยกน้อย ดีกว่าวิธี

ที่ 1 แต่ไม่ถึงร้อยละ 1



รูปที่ 4 - 8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูปที่ 4 - 8 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่ใช้ระยะทางน้อยสุด (สั้นที่สุด) จะเห็นได้ว่าการทดสอบจำนวน 50 ครั้ง โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ด้วยโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด วิธีที่ 2 ใช้ระยะทางสั้นกว่าวิธีที่ 1 เสมอ แต่เมื่อโครงข่ายมีขนาดใหญ่ขึ้นทั้ง 2 วิธีใช้ระยะไม่ต่างกัน เมื่อโครงข่ายขนาด 50 โหนด ทั้งสองวิธีมีร้อยละของการใช้ระยะทางน้อยสุด (สั้นที่สุด) เท่ากันน้อยกว่าร้อยละ 50 และแต่ละวิธีมีร้อยละของการใช้ระยะทางสั้นสุดไม่ต่างกันนัก

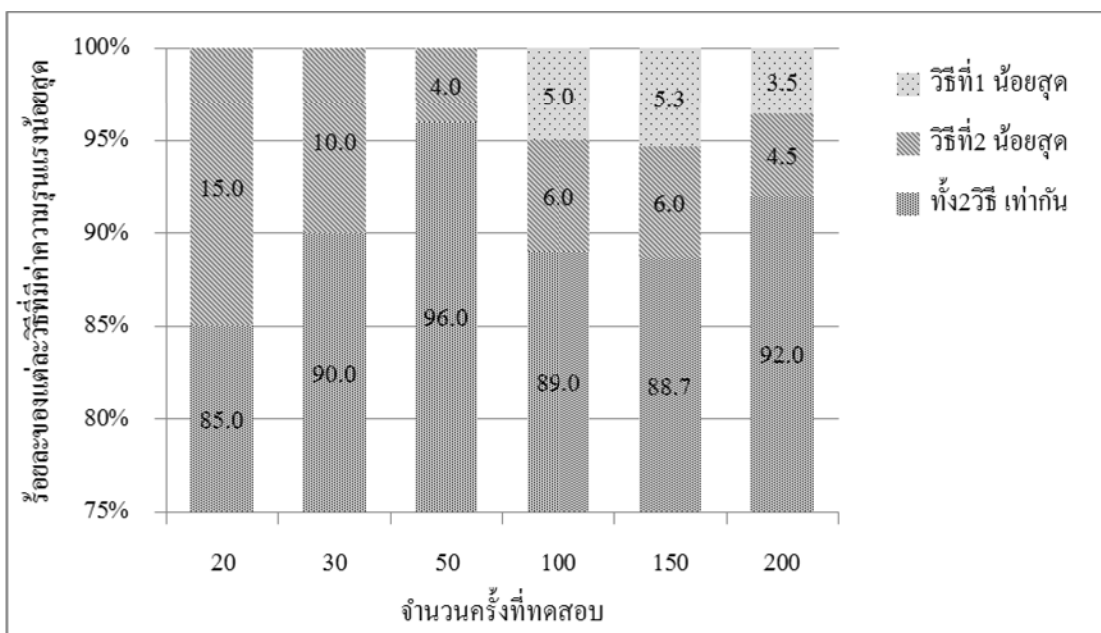


รูปที่ 4 - 9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูปที่ 4 - 9 แสดงการสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก โดยสรุปเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก วิธีที่ 1 ให้ค่าความรุนแรงน้อย (ปลอดภัย) กว่าวิธีที่ 2 และวิธีที่ 2 ผ่านทางแยกและใช้ระยะทางน้อยดีกว่าวิธีที่ 1 แต่ทั้งนี้ทั้ง 2 วิธีก็ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกันเป็นส่วนใหญ่

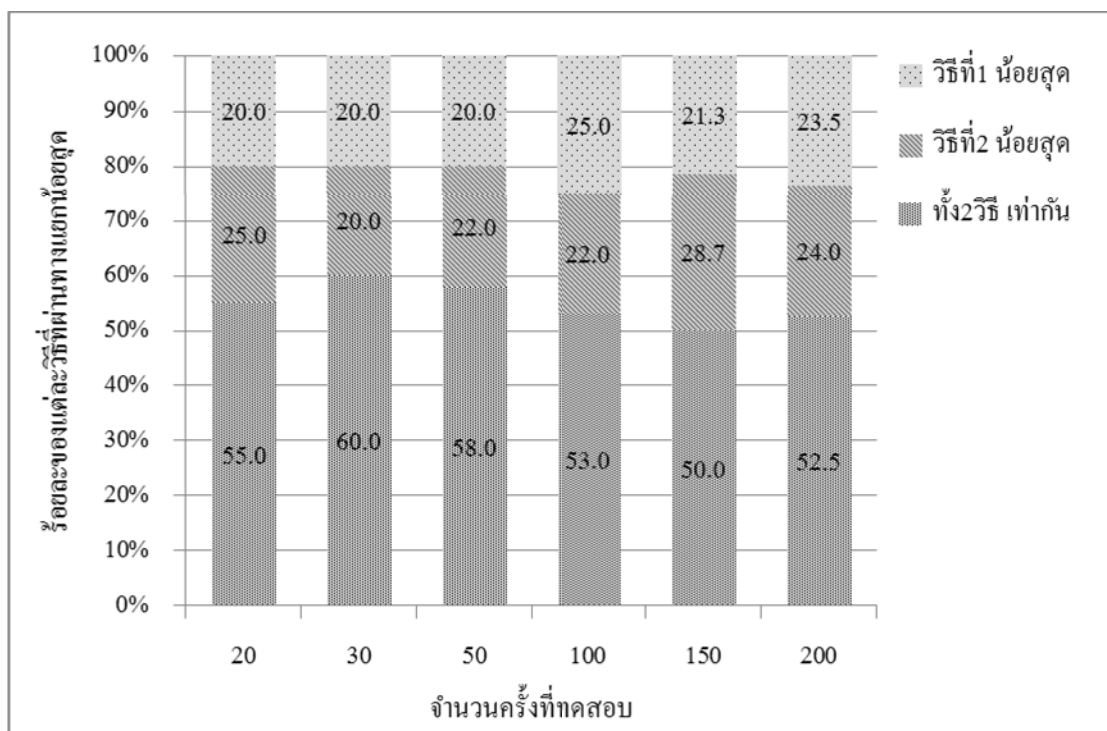
4.1.3 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยด้วยวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 โดยใช้ข้อมูลจริง

ข้อมูลอุบัติเหตุเป็นข้อมูลจากฐานข้อมูลของ Songkhla computerized common accident database entry ปี พ.ศ. 2550 การเก็บข้อมูลในการสร้างกราฟนำเอาเส้นทาง (Segment) ที่เชื่อมระหว่างเส้นหนึ่งไปยังอีกเส้นหนึ่ง โดยระยะทางระหว่าง 2 เส้นจะเริ่มจากโหนดปลายทางของเส้นที่ 1 ไปยังโหนดปลายทางของเส้นที่ 2 ซึ่งการทดสอบจะทดสอบด้วยการสุ่มต้นทาง - ปลายทางจำนวน 20 50 100 150 และ 200 ครั้งจาก 24,542 โหนด โดยข้อมูลดังกล่าวไม่มีค่าความรุนแรงของทางแยก เหตุที่ไม่ใช้การทดสอบจำนวน 50 ครั้งเพียงอย่างเดียว เนื่องจากโครงข่ายเป็นโครงข่ายถนนที่มีความซับซ้อน ไม่ได้เป็นเพียงลักษณะรูปสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกัน ผลการทดสอบดังนี้



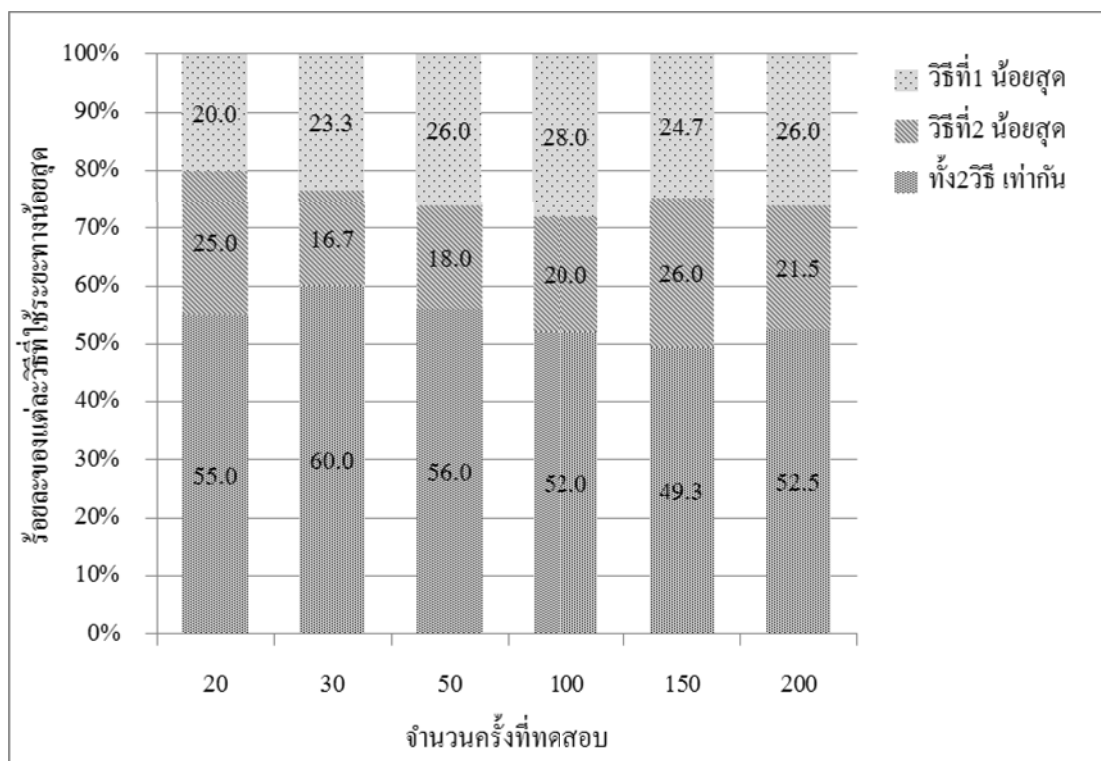
รูปที่ 4 - 10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยใช้ข้อมูลจริง

จากรูป 4 - 10 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่ให้ค่าความรุนแรงน้อยสุด (ปลอดภัยที่สุด) ทดสอบด้วยข้อมูลจริง จะเห็นได้ว่าเมื่อทดสอบจำนวน 20 30 และ 50 ครั้ง วิธีที่ 2 มีร้อยละค่าความรุนแรงน้อย (ปลอดภัย) กว่าวิธีที่ 1 แต่เมื่อทดสอบจำนวน 100 150 และ 200 ครั้ง จะเห็นได้ว่าวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 มีร้อยละค่าความรุนแรงน้อย (ปลอดภัย) ไม่ต่างกัน



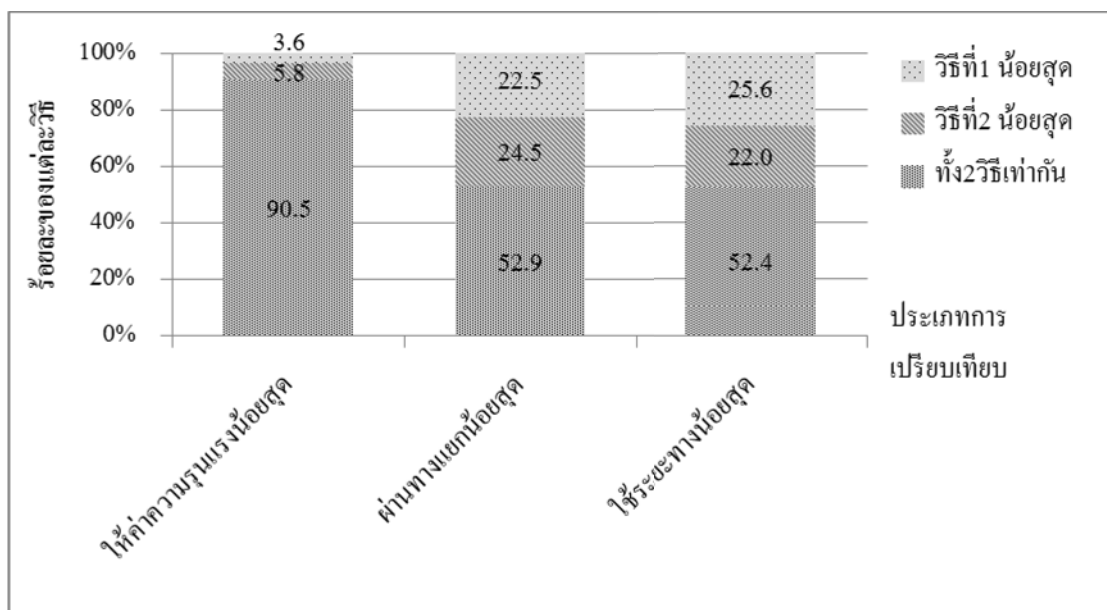
รูปที่ 4 - 11 กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยใช้ข้อมูลจริง

จากรูป 4 - 11 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่ผ่านทางแยกน้อยสุด ด้วยข้อมูลจริง จะเห็นได้ว่าเมื่อทดสอบจำนวน 20 30 50 100 150 และ 200 ครั้ง ทั้งสองวิธีมีร้อยละการผ่านทางแยกน้อยสุดไม่ต่างกันนัก และทั้งสองวิธีมีร้อยละการผ่านทางแยกน้อยสุดเท่ากัน มากกว่าร้อยละ 50 ทุกการทดสอบจำนวนครั้ง



รูปที่ 4 - 12 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยใช้ข้อมูลจริง

จากรูป 4 - 12 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ที่ใช้ระยะทางน้อยสุด (สั้นที่สุด) ด้วยข้อมูลจริง จะเห็นได้ว่าเมื่อทดสอบจำนวน 20 30 50 100 150 และ 200 ครั้ง ทั้งสองวิธีมีร้อยละการใช้ระยะทางน้อยสุดไม่ต่างกันนัก และทั้งสองวิธีมีร้อยละการใช้ระยะทางน้อยสุดเท่ากัน มากกว่าร้อยละ 50 ทุกการทดสอบจำนวนครั้ง



รูปที่ 4 - 13 กราฟแสดงการสรุปผลเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยใช้ข้อมูลจริง

จากรูปที่ 4 - 13 แสดงการสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก โดยสรุปเมื่อทดสอบกับโครงข่ายจริง วิธีที่ 2 ให้ค่าความรุนแรงและผ่านทางแยกน้อยกว่าวิธีที่ 1 และวิธีที่ 1 ใช้ระยะทางน้อยกว่าวิธีที่ 2 แต่ทั้งนี้ทั้ง 2 วิธีก็ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างกันเป็นส่วนใหญ่

4.2 สรุปผลการเปรียบเทียบการค้นหาเส้นทางปลอดภัย

4.2.1 สรุปผลการค้นหาเส้นทางปลอดภัยวิธีที่ 1

นำ Dijkstra algorithm มาปรับเปลี่ยนค่าความรุนแรงของทางแยกและถนนเข้ามาพิจารณาด้วย

ข้อดี

1. เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ ทั้งการพิจารณาและไม่พิจารณาค่าความรุนแรงของทางแยก ที่มีโครงข่ายในลักษณะรูปสามเหลี่ยมเชื่อมต่อกัน
2. เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยที่ต้องการระยะทางที่สั้นที่สุด ที่มีโครงข่ายในลักษณะที่ซับซ้อน

3. การพิจารณาเส้นถนน 1 เส้นจะใช้เวลาน้อยกว่าวิธีที่ 2 เนื่องจากเมื่อพิจารณาเส้นทางนั้นๆ อยู่ ไม่ต้องพิจารณาเส้นทางที่เชื่อมกับเส้นทางที่พิจารณาอยู่ (หาเส้นเชื่อมที่มีค่าน้อยที่สุดที่เชื่อมกับเส้นที่กำลังพิจารณาอยู่)

ข้อเสีย

1. เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสำหรับการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ ที่มีโครงข่ายในลักษณะที่ซับซ้อน

2. เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสำหรับใช้ในการหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยที่ต้องการระยะทางที่สั้นที่สุดและผ่านทางแยกที่น้อยที่สุด ที่มีโครงข่ายในลักษณะรูปสามเหลี่ยมเชื่อมต่อกัน

การปรับปรุง Dijkstra algorithm เพื่อค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ ซึ่งวิธีที่ 1 ได้เพิ่มค่าความรุนแรงของทางแยกและถนนเข้ามาพิจารณา แทนระยะทาง (Distance) ของ Dijkstra algorithm แบบปกติ ใช้เวลาในการทำงาน (Running time) เท่ากับ $O(|E| + |V|\log |V|)$

4.2.2 สรุปผลการค้นหาเส้นทางปลอดภัยวิธีที่ 2

นำ Dijkstra algorithm ปรับเพิ่มการพิจารณาการเกิดอุบัติเหตุของเส้นทางที่เชื่อมกับเส้นทางที่กำลังพิจารณาอยู่

ข้อดี

1. เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุที่มีโครงข่ายในลักษณะที่ซับซ้อน

2. เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยที่ต้องการระยะทางที่สั้นที่สุดและผ่านทางแยกที่น้อยที่สุด ที่มีโครงข่ายในลักษณะรูปสามเหลี่ยมเชื่อมต่อกัน

ข้อเสีย

1. เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสำหรับการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ ทั้งการพิจารณาและไม่พิจารณาค่าความรุนแรงของทางแยก ที่มีโครงข่ายในลักษณะรูปสามเหลี่ยมเชื่อมต่อกัน

2. เป็นวิธีการที่ไม่เหมาะสำหรับใช้ในการหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยที่ต้องการระยะทางที่สั้นที่สุด ที่มีโครงข่ายในลักษณะที่ซับซ้อน

3. การพิจารณาเส้นทาง 1 เส้นจะใช้เวลามากกว่าวิธีที่ 2 เนื่องจากเมื่อพิจารณาเส้นทางนั้นๆ อยู่ ต้องพิจารณาเส้นทางที่เชื่อมกับเส้นทางที่พิจารณาอยู่ (หาเส้นเชื่อมที่มีค่าน้อยที่สุดที่เชื่อมกับเส้นที่กำลังพิจารณาอยู่)

การปรับปรุง Dijkstra algorithm เพื่อค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ ซึ่งวิธีที่ 2 ได้เพิ่มการพิจารณาการเกิดอุบัติเหตุของเส้นทางที่เชื่อมกับเส้นทางที่กำลังพิจารณาอยู่ ใช้เวลาในการทำงาน (Running time) เท่ากับ $O(|E| + |V|(\log |V|)^2)$

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยได้พัฒนาอัลกอริทึมที่ใช้ในการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ โดยนำข้อมูลอุบัติเหตุมาใช้ในการกำหนดค่าดัชนีความรุนแรง เพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ

วิธีการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ เป็นวิธีที่ได้พัฒนาด้วยการปรับจากวิธี Dijkstra algorithm ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้สำหรับการหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทาง โดยงานวิจัยนี้ปรับให้เป็นการค้นหาที่เส้นทางที่ปลอดภัย ซึ่งมี 2 วิธี โดยผลการวิจัยพบว่าลักษณะของโครงข่ายมีผลต่อผลการวิจัยแต่ละวิธี ซึ่งวิธีที่ 1 เป็นวิธีที่เพิ่มค่าความรุนแรงของทางแยกและถนนเข้ามาพิจารณา แทนระยะทาง (Distance) ของ Dijkstra algorithm ปกติ เหมาะสำหรับการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยด้วยโครงข่ายที่มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกัน และเหมาะสำหรับการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ใช้ระยะทางน้อยที่สุดด้วยโครงข่ายที่มีลักษณะซับซ้อน ส่วนวิธีที่ 2 เป็นวิธีที่เพิ่มการพิจารณาการเกิดอุบัติเหตุของเส้นทางที่เชื่อมกับเส้นทางที่กำลังพิจารณาอยู่ เหมาะสำหรับการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยด้วยโครงข่ายที่มีลักษณะซับซ้อน และเหมาะสำหรับการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ต้องการผ่านทางแยกและใช้ระยะทางน้อยที่สุดด้วยโครงข่ายที่มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกัน ในการทดสอบกับโครงข่ายจริงด้วยวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ให้ผลลัพธ์ไม่ต่างกันนัก เนื่องจากจำนวนการเกิดอุบัติเหตุบนถนนของโครงข่ายที่ทดสอบมีค่าเป็น 0 คือไม่เกิดอุบัติเหตุ ซึ่งกรณีดังกล่าวมีด้วยกันหลายเส้นทาง

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับวิจัยครั้งต่อไป

ลักษณะของโครงข่ายที่สังเคราะห์ขึ้น อยู่ในลักษณะรูปสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกัน และโครงข่ายที่ทดสอบกับข้อมูลจริงเป็นเพียงโครงข่ายของ จ.สงขลา ดังนั้นหากสังเคราะห์โครงข่ายในลักษณะอื่นและทดสอบกับโครงข่ายจริงที่มีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น อาจทำให้เห็นความแตกต่างมากยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

- กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย. 2551. ประกาศสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง.
http://www.dopa.go.th/stat/y_stat51.html(สืบค้นเมื่อ 16 ตุลาคม 2553).
- กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย. 2553. ข้อมูลสถิติตารางแสดงอุบัติเหตุ
 จราจร ปี 2551 - 2553. เทคโนโลยีสารสนเทศกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติ.
<http://www.roadsafety.disaster.go.th/>(สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2553).
- กรัณย์ ก้นพั้นภัย. 2547. การจัดรูปแบบการขนส่งหินปูนในกระบวนการผลิตปูนซีเมนต์โดยใช้การ
 โปรแกรมเชิงเส้นตรงและระบบแถวคอย. วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชา
 วิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ
 นครเหนือ.
- กลุ่มสถิติการขนส่ง กองแผนงาน. 2553. รายงานสถิติการขนส่งประจำปี 2552. กรมการขนส่งทาง
 บก.http://apps.dlt.go.th/statistics_web/statistics.html(สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2553).
- ขนิษฐา นามิ และสัจจะ จรัสรุ่งรวีวร. 2548. โครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึม. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี
 : ไอดีซี.
- ชนิดา ชังคะจิตร. 2544. การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการพัฒนาฐานข้อมูลอุบัติเหตุจราจร :
 กรณีศึกษา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. สงขลา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต,
 สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ฐิติพันธ์ กิจเจริญทรัพย์. 2542. ฐานข้อมูลแบบสามเส้า - รูปแบบใหม่ของระบบกระจาย. วิทยา
 ศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชนกร สิปปทัต. 2546. ระบบค้นหาสถานที่โดยใช้โทรศัพท์มือถือ. โครงการงานวิทยาศาสตร์
 มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- ธีรนนท์ คุณารักษ์และคณะ. 2550. โปรแกรมค้นหาร้านค้าและแนะนำเส้นทางในห้างสรรพสินค้า
 โปรแกรมบนอุปกรณ์เครือข่ายไร้สายแบบพกพา. โครงการแข่งขันพัฒนาโปรแกรม
 คอมพิวเตอร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เนรมิต ชุมสาย ณ อยุธยา. 2549. เรียนรู้โครงสร้างข้อมูล และอัลกอริทึมด้วย Java. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด
 ยูเคชั่น.

- วิทยา สุคนทวร. 2545. คู่มือออกแบบและเขียนโปรแกรมโครงสร้างข้อมูลและอัลกอริทึม. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- วิสุทธิ แซ่ตั้ง. 2546. Open Source DBMS PostgreSQL. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น).
- สมพล สูงทองจรรยา. 2543. การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุจากรบบนท้องถนนในภูมิภาค. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (การขนส่ง) คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. 2552. สรุปสถิติอุบัติเหตุจราจร ม.ค. - ส.ค. ปี 50 - 52. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ
<http://www.thaihealth.or.th/node/11683> (สืบค้นเมื่อ 11 ธันวาคม 2552).
- สิริวรรณ ตั้งจิตวัฒนะกุล. 2523. ทฤษฎีกราฟ. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สุชาย ธนวเสถียรและวิชัย จิวังกูร. 2540. โครงสร้างข้อมูลเพื่อการออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- สุชาลีณี คุปตะบุตร. 2546. ระบบวิเคราะห์เส้นทางเดินรถโดยสารประจำทาง. โครงการงานวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.
- สุธี พงศาสกุลชัย. 2549. คัมภีร์ Visual C# 2005. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : เลทีพี คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์.
- Bellman, R. 1958. On a routing problem. Quarterly of Applied Mathematics, 16(1): 87-90. <http://cst.mi.fu-berlin.de/teaching/WS0607/19639-S/bellman58routing.pdf>.
- Densham, P.J. and M.P. Armstrong. 1998. Spatial Analysis, pp. 387-413. In Richard Healey et al., eds. Parallel Processing Algorithms for GIS. Taylor&Francis, UK.
- George T. Heineman, Gary Pollice, and Stanley Selkow. 2008. Chapter 8: Network Flow Algorithms. Algorithms in a Nutshell. Oreilly Media. pp. 226-250
- Ji-Xian Xiao and Fang-Ling Lu. An improvement of the shortest path algorithm based on Dijkstra algorithm, Computer and Automation Engineering (ICCAE), 2010 The 2nd International Conference on, vol.2, no.26-28 Feb. 2010:383-385. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5451564>.

- New York State. 2008. Motor vehicle accidents. The new york state department of motor vehicles.<http://www.nydmv.state.ny.us/stats-arc.htm> (สืบค้นเมื่อ 14 ธันวาคม 2553).
- Nordin Abdul Rahman. 2010. Road safety situation in Malaysia. The United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific(ESCAP).
http://www.unescap.org/ttdw/common/Meetings/TIS/EGM-Roadsafety-2010/PPTs/8.Malaysia_ppt.pdf(สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2553).
- S. Panahi and Delavar. 2008. A GIS-based Dynamic Shortest Path Determination in Emergency Vehicles, World Applied Sciences Journal 3 (Supple 1): 88-94.[http://www.idosi.org/wasj/wasj3\(supplement%201\)/14.pdf](http://www.idosi.org/wasj/wasj3(supplement%201)/14.pdf).
- SINGAPORE POLICE FORCE. 2009. Road traffic situation. Singapore government.
http://www.spf.gov.sg/stats/traf2007_overview.htm(สืบค้นเมื่อ 21 เมษายน 2554).
- Thomas H. Cormen et.al. Introduction to Algorithms, Second Edition. MIT Press and McGraw-Hill, 2009.
- U.S. Census Bureau.2010. International Data Base. U.S. Census Bureau.
<http://www.census.gov/ipc/www/idb/informationGateway.php>(สืบค้นเมื่อ 21 เมษายน 2554).
- Yi Hu et.al. Analysis of the Shortest Repaired Path of Distribution Network Based on Dijkstra Algorithm, iceet, vol. 2, 2009 International Conference on Energy and Environment Technology, 2009:73-76.<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5362929>.
- Yin Chao and Wang Hongxia. Developed Dijkstra shortest path search algorithm and simulation, Computer Design and Applications (ICCD), 2010 International Conference on , vol.1, no.25-27 June 2010:116-119.<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5541129>.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก : การทดลองหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมต่อการทดสอบ

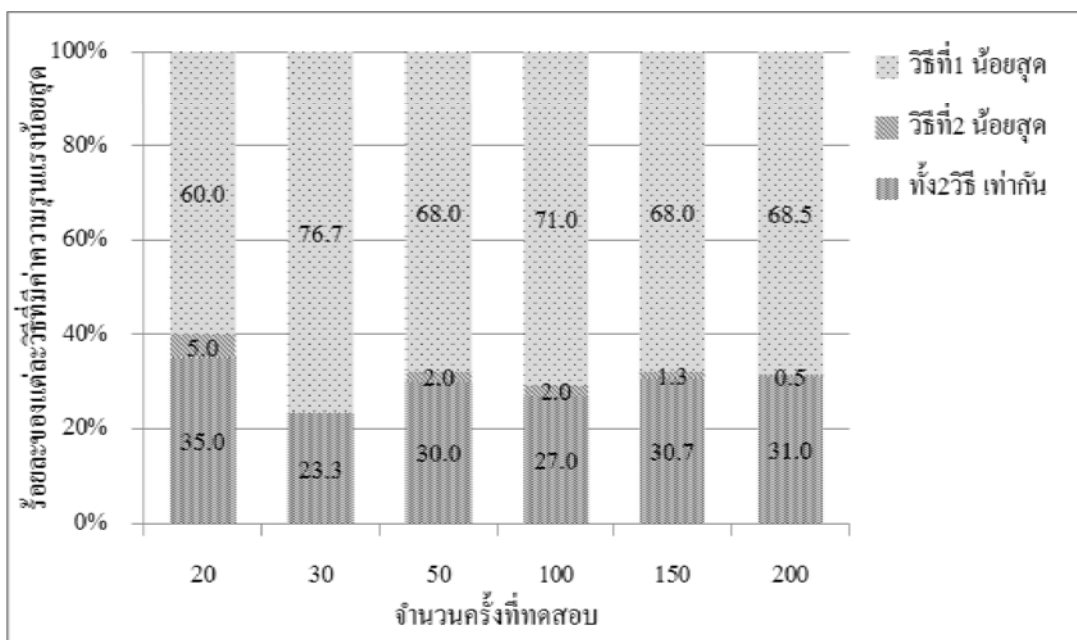
เป็นการทดลองเพื่อหาจำนวนครั้งในการสุ่มค้นหาทาง - ปลายทางที่ทำให้ผลการทดลองคงที่หรือเป็นไปในแนวทางเดิมตลอด โดยการทดลองด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด ผลการทดลองดังตารางที่ ก - 1

ตารางที่ ก - 1 การทดสอบเพื่อหาจำนวนครั้งที่เหมาะสม ในการนำไปทดสอบกับโครงข่ายขนาดต่าง ๆ

วิธีที่ ทดสอบ	จำนวนครั้งที่มีความรุนแรงน้อยสุด		
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2	ทั้งสองวิธีเท่ากัน
จำนวน ครั้งที่ ทดสอบ			
20	12	1	7
30	23	0	7
50	34	1	15
100	72	2	26
150	102	2	46
200	137	1	62

จากนั้นนำผลการทดลองดังกล่าว มาสรุปผลเป็นร้อยละตามจำนวนครั้งที่ทดสอบ ดังรูปที่

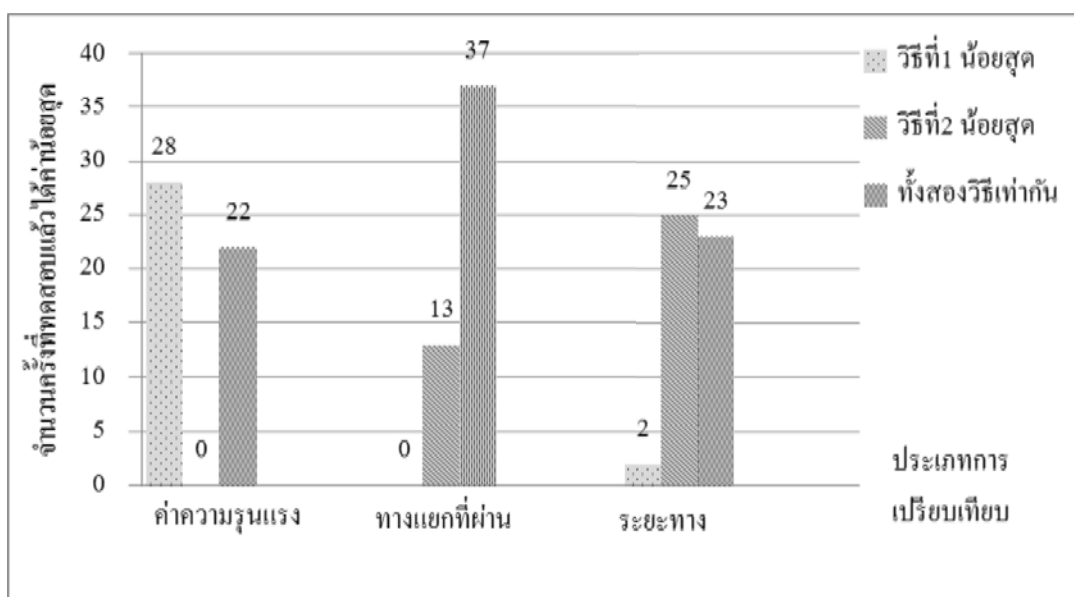
ก - 7



รูปที่ ก - 7 กราฟแสดงการทดลองด้วยจำนวนครั้งต่าง ๆ จากการสุ่มต้นทางต้นทาง - ปลายทาง ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด

ภาคผนวก ข : การทดสอบด้วยโครงข่ายขนาดต่าง ๆ จำนวน 50 ครั้ง

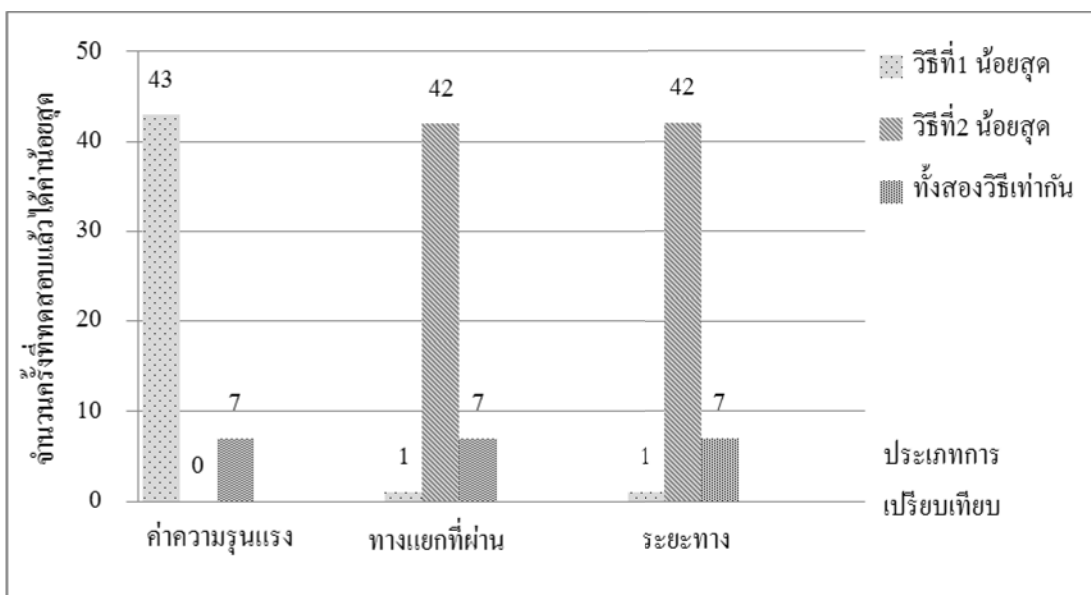
ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด โดยทดสอบจำนวน 50 ครั้งและไม่พิจารณา ค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวน ทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ข - 1



รูปที่ ข - 1 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ข - 1 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 28 0 และ 22 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 0 13 และ 37 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 2 25 และ 23 ครั้ง ตามลำดับ

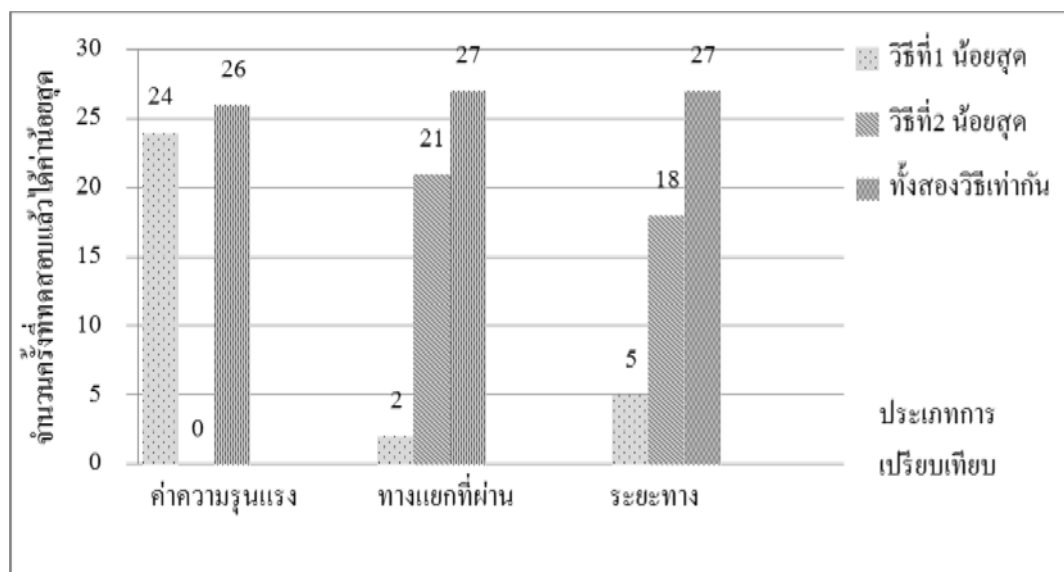
ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 100 โหนด โดยทดสอบจำนวน 50 ครั้งและไม่พิจารณา ค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวน ทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ข - 2



รูปที่ ข - 2 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 100 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ข - 2 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 100 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 43 0 และ 7 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 1 42 และ 7 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 142 และ 7 ครั้ง ตามลำดับ

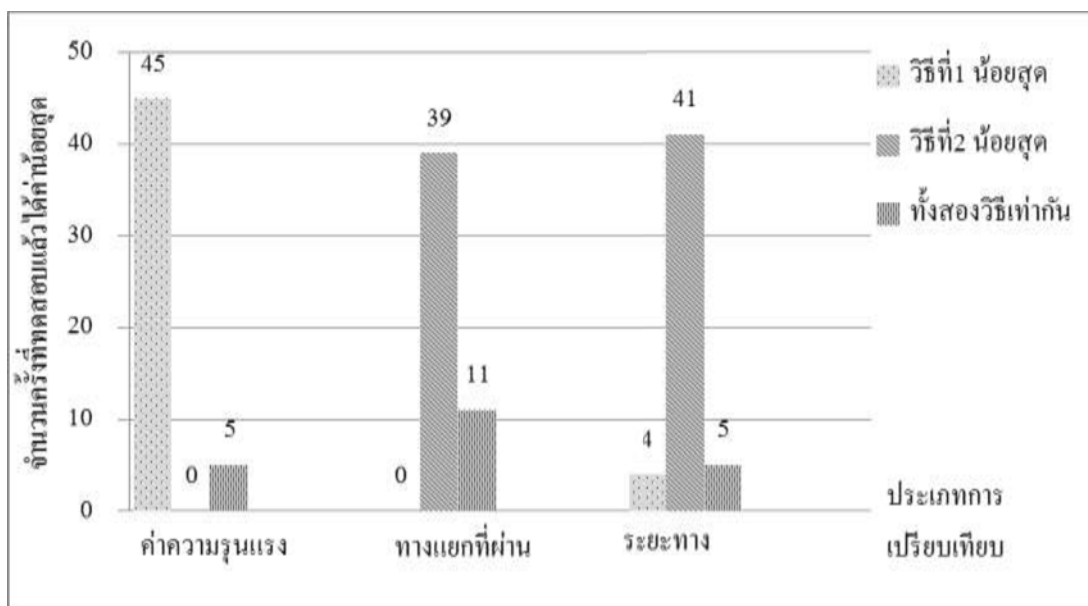
ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 500 โหนด โดยทดสอบจำนวน 50 ครั้งและไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ข - 3



รูปที่ ข - 3 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 500 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ข - 3 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 500 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 24 0 และ 26 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 2 21 และ 27 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 5 18 และ 27 ครั้ง ตามลำดับ

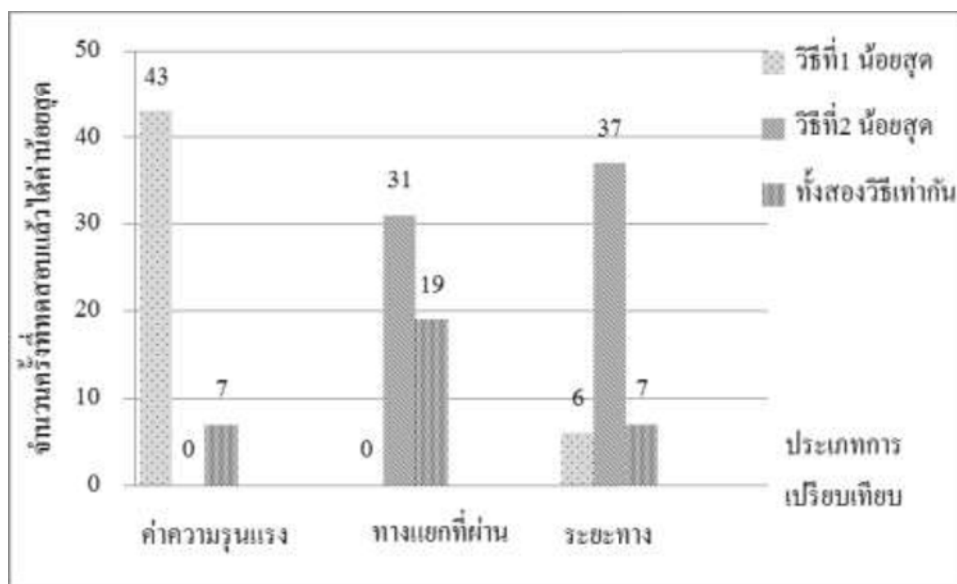
ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 1,000 โหนด โดยทดสอบจำนวน 50 ครั้งและไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ข - 4



รูปที่ ข - 4 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 1,000 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ข - 4 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 1,000 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 45 0 และ 5 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 0 39 และ 11 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 4 41 และ 5 ครั้ง ตามลำดับ

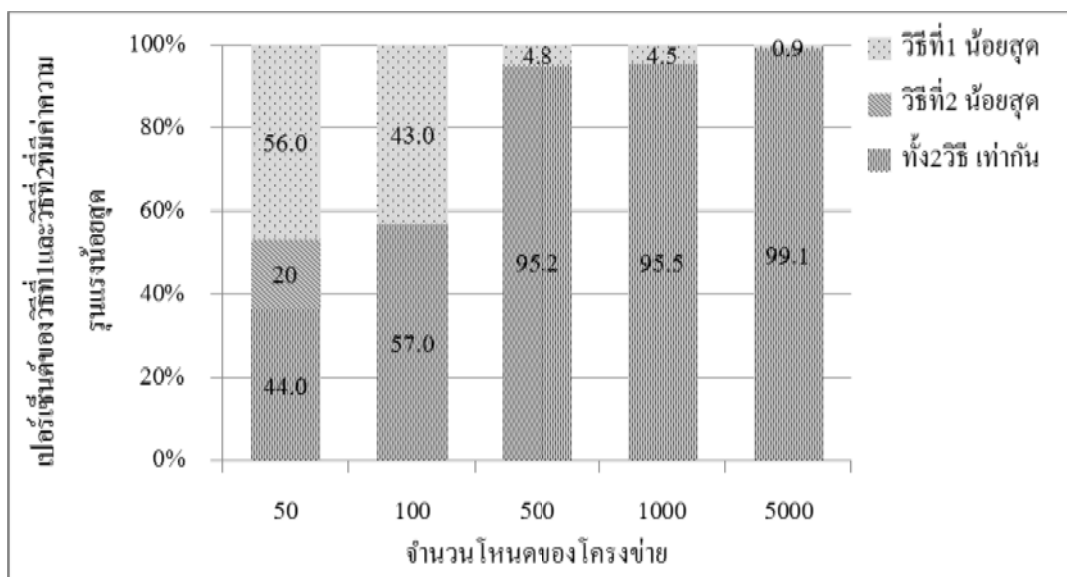
ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 5,000 โหนด โดยทดสอบจำนวน 50 ครั้งและไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ข - 5



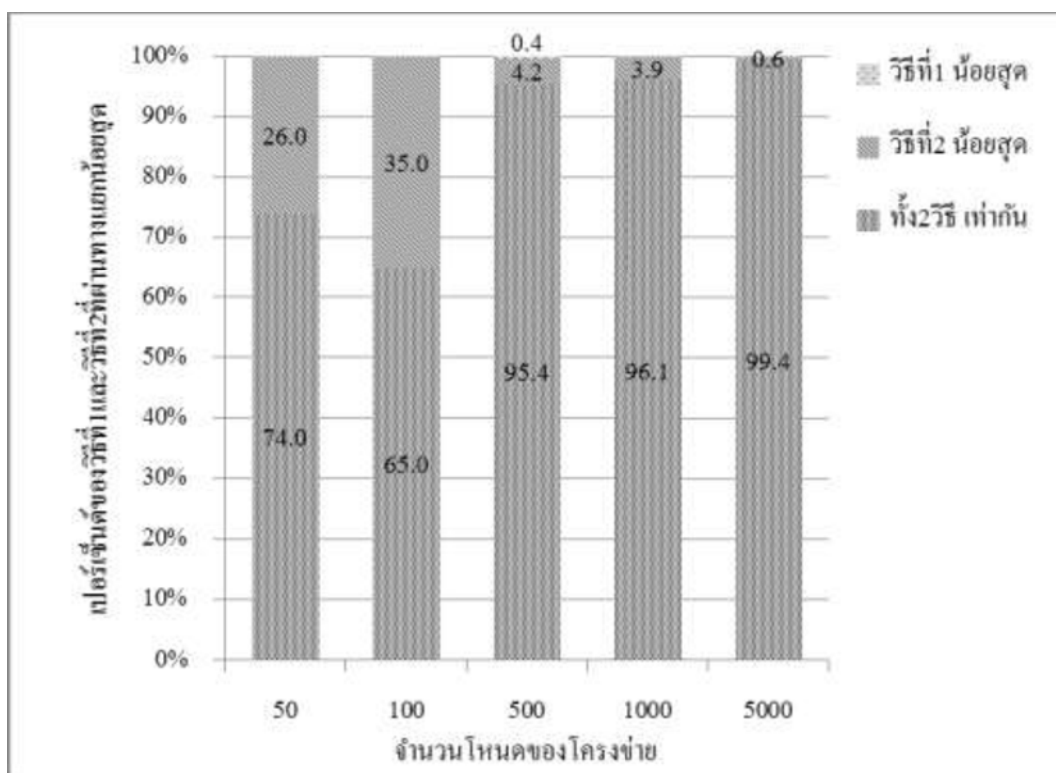
รูปที่ ข - 5 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 5,000 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ข - 5 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 5,000 โหนด ไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 43 0 และ 7 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 0 31 และ 19 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 6 37 และ 7 ครั้ง ตามลำดับ

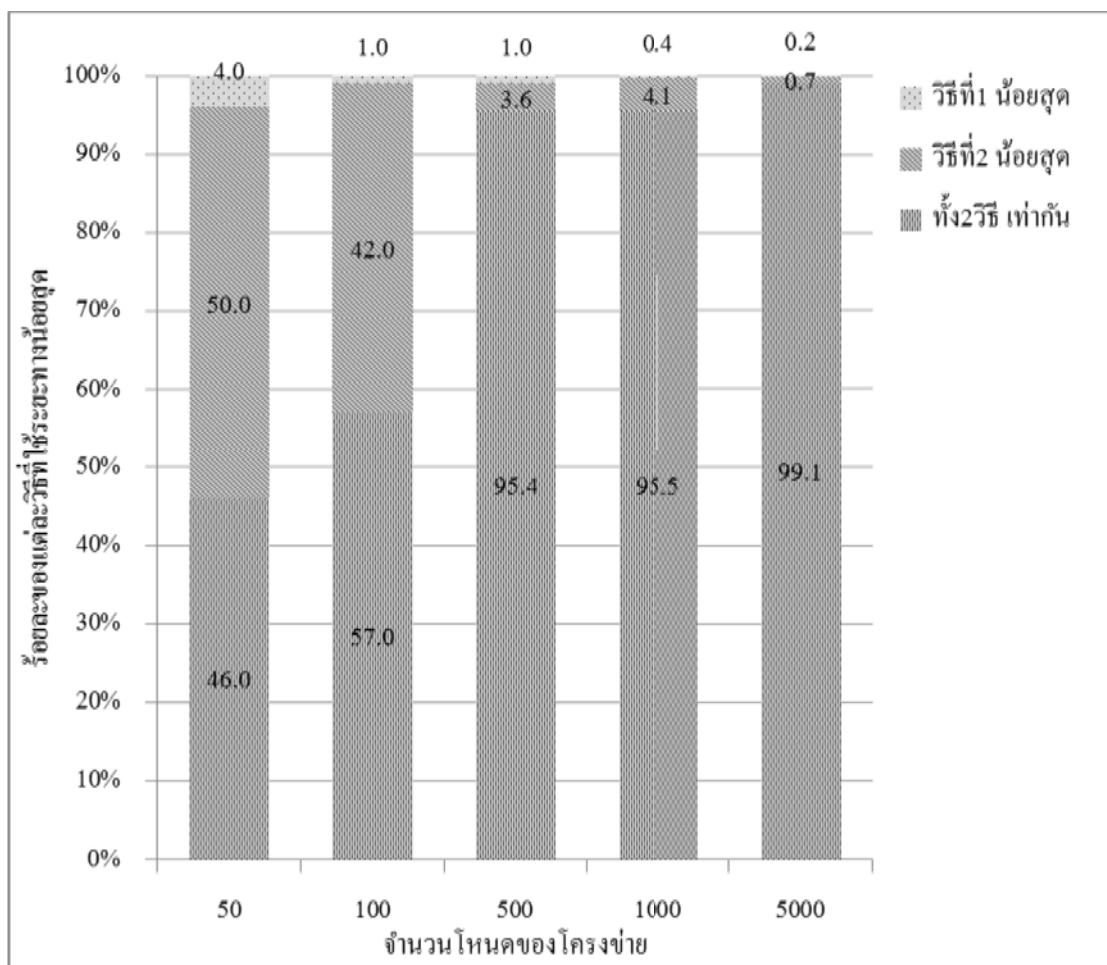
จากนั้นนำผลการทดสอบดังกล่าว มาสรุปผลเป็นร้อยละตามขนาดโครงข่ายที่ทดสอบได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านระยะทางที่ใช้ในการเดินทางและสรุปผลโดยรวม ดังแสดงในรูป ข - 6 ข - 7 ข - 8 และรูป ข - 9 ตามลำดับ



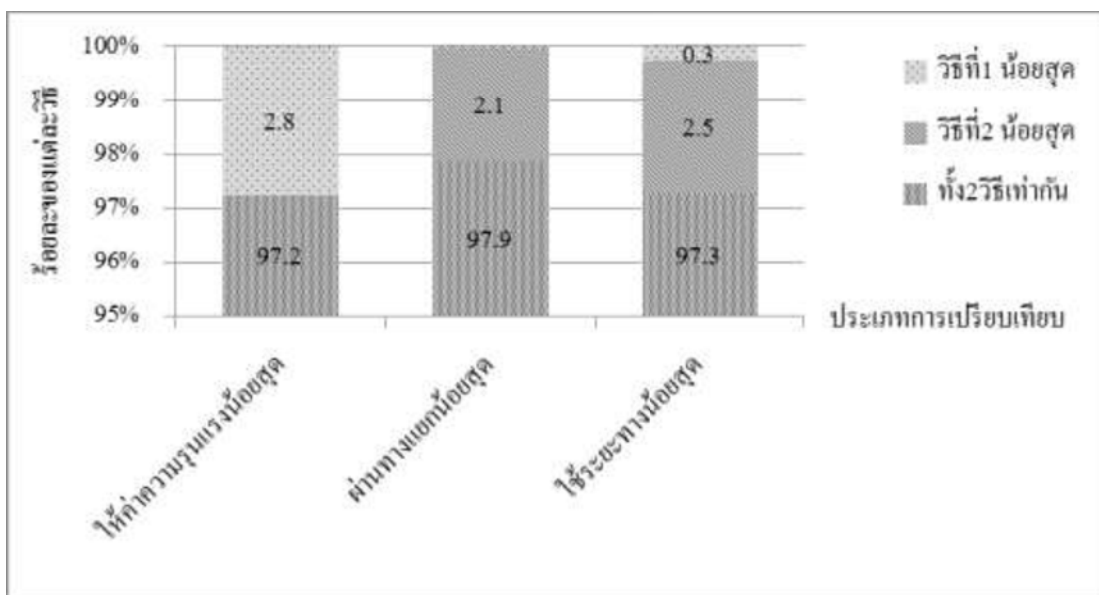
รูปที่ ข - 6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด



รูปที่ ข - 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด

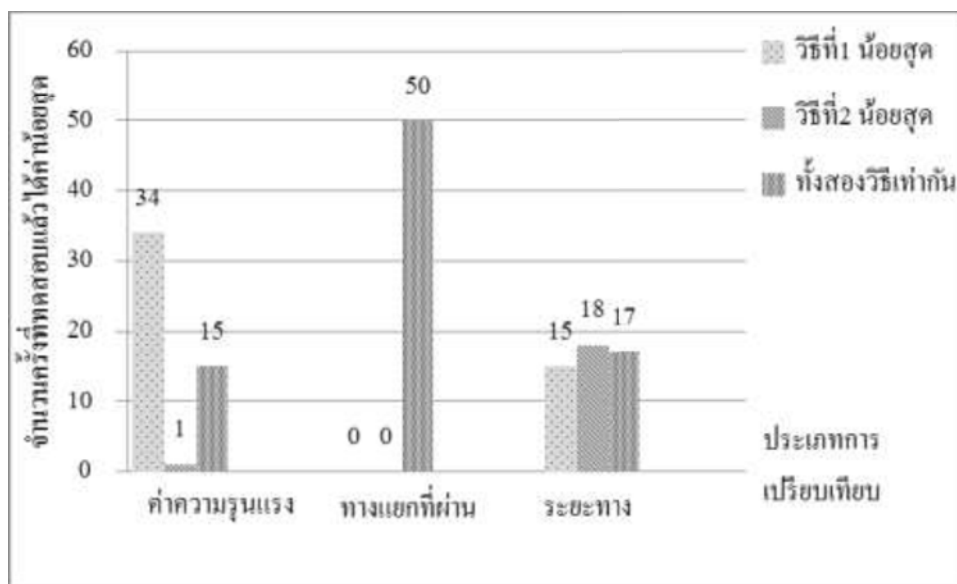


รูปที่ ข - 8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด



รูปที่ ข - 9 กราฟแสดงสรุปการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

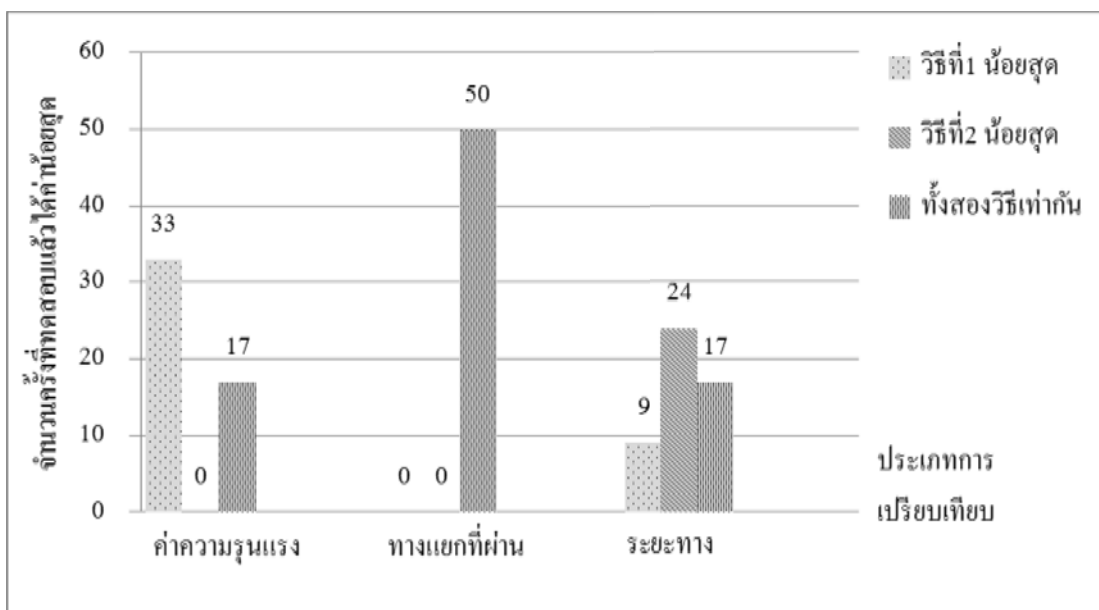
ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด โดยทดสอบจำนวน 50 ครั้งและพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ข - 10



รูปที่ ข - 10 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ข - 10 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 34 1 และ 15 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 0 0 และ 50 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 15 18 และ 17 ครั้ง ตามลำดับ

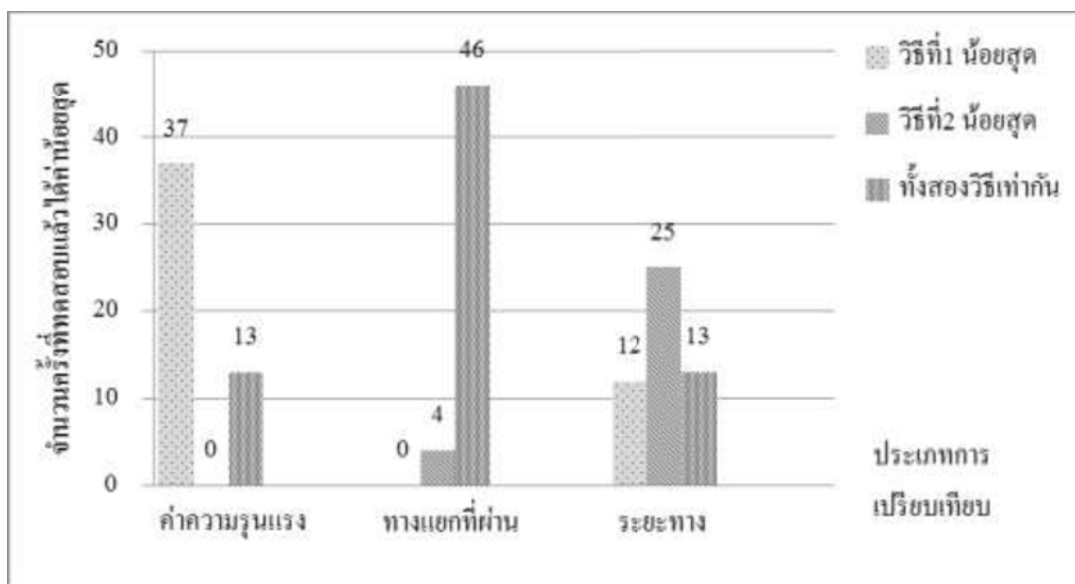
ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 100 โหนด โดยทดสอบจำนวน 50 ครั้งและพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรงจำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ข - 11



รูปที่ ข - 11 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 100 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ข - 11 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 100 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 33 0 และ 17 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 0 0 และ 50 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 9 24 และ 17 ครั้ง ตามลำดับ

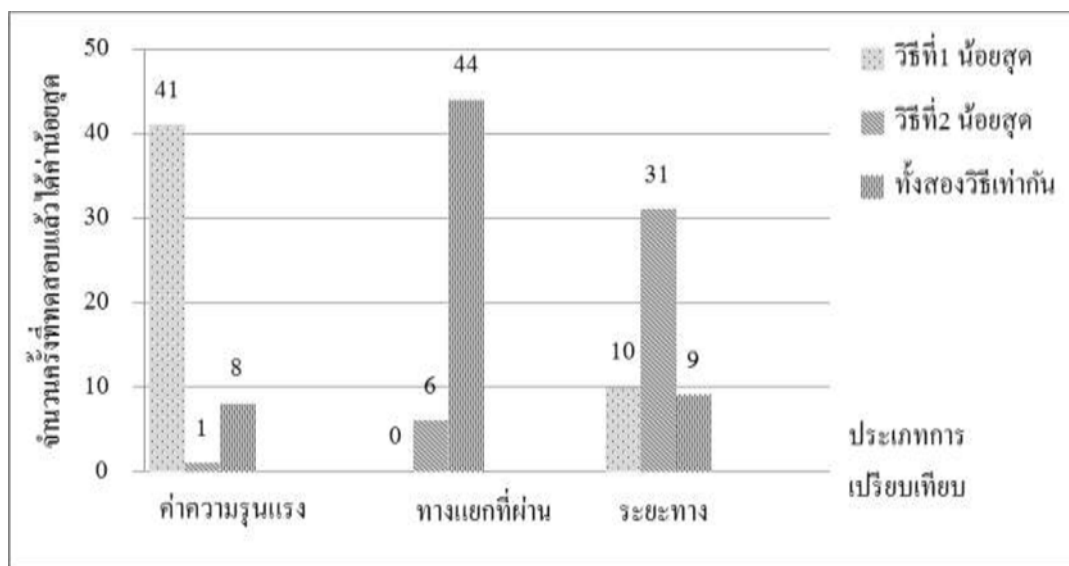
ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 500 โหนด โดยทดสอบจำนวน 50 ครั้งและพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ข - 12



รูปที่ ข - 12 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 500 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ข - 12 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 500 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 37 0 และ 13 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 0 4 และ 46 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 12 25 และ 13 ครั้ง ตามลำดับ

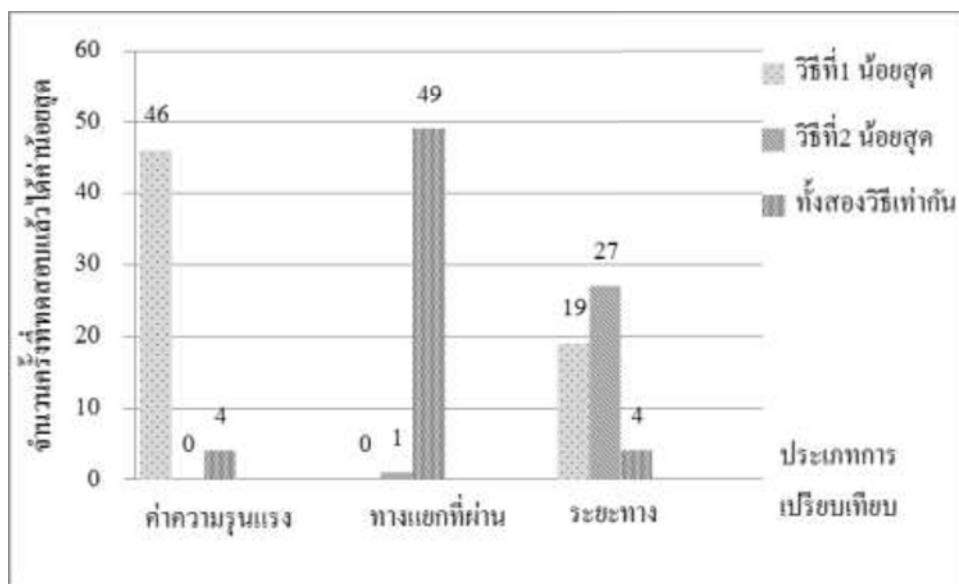
ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 1,000 โหนด โดยทดสอบจำนวน 50 ครั้งและพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ข - 13



รูปที่ ข - 13 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 1,000 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ข - 13 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 1,000 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 41 1 และ 8 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 0 6 และ 44 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 10 31 และ 9 ครั้ง ตามลำดับ

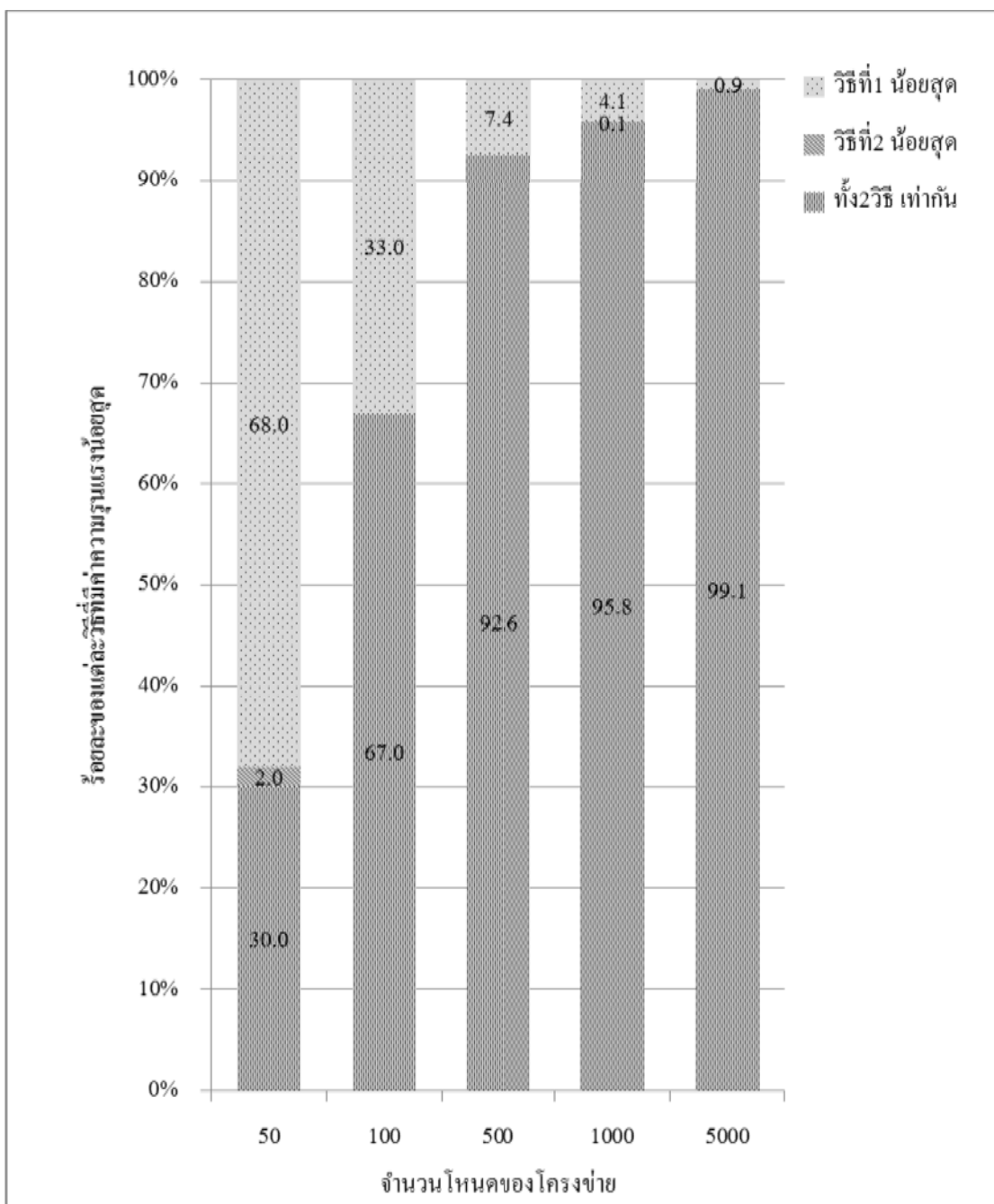
ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 5,000 โหนด โดยทดสอบจำนวน 50 ครั้งและพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ข - 14



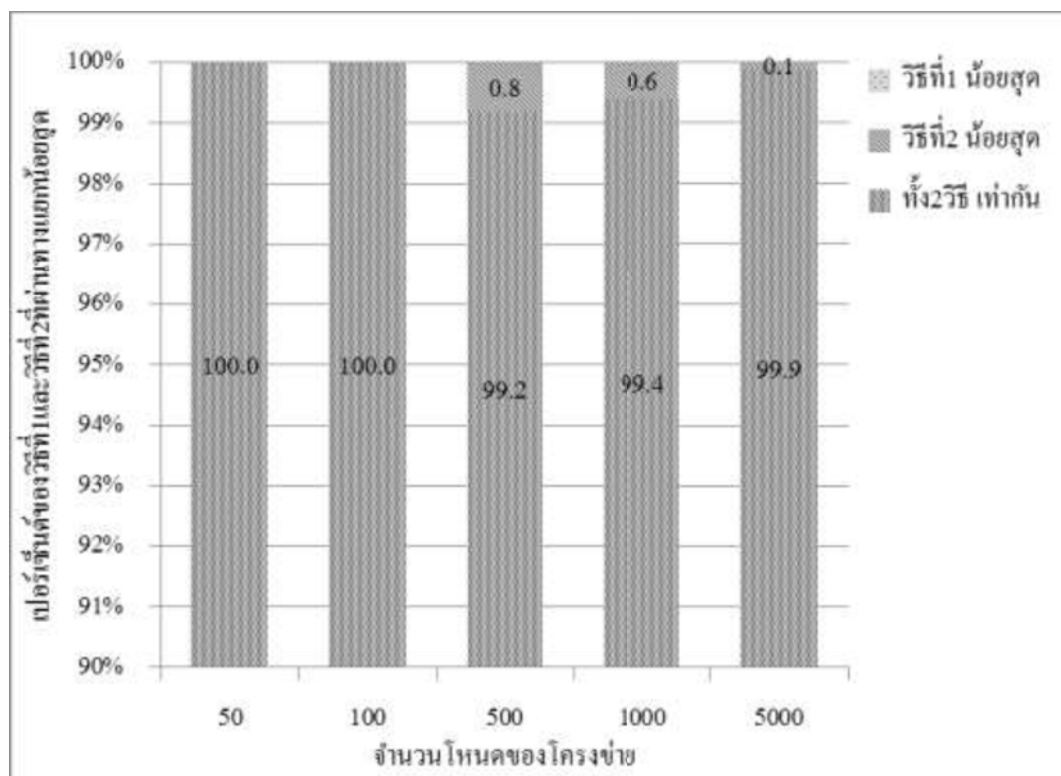
รูปที่ ข - 14 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 5,000 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ข - 14 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 5,000 โหนด พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 46 0 และ 4 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 0 1 และ 49 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 19 27 และ 4 ครั้ง ตามลำดับ

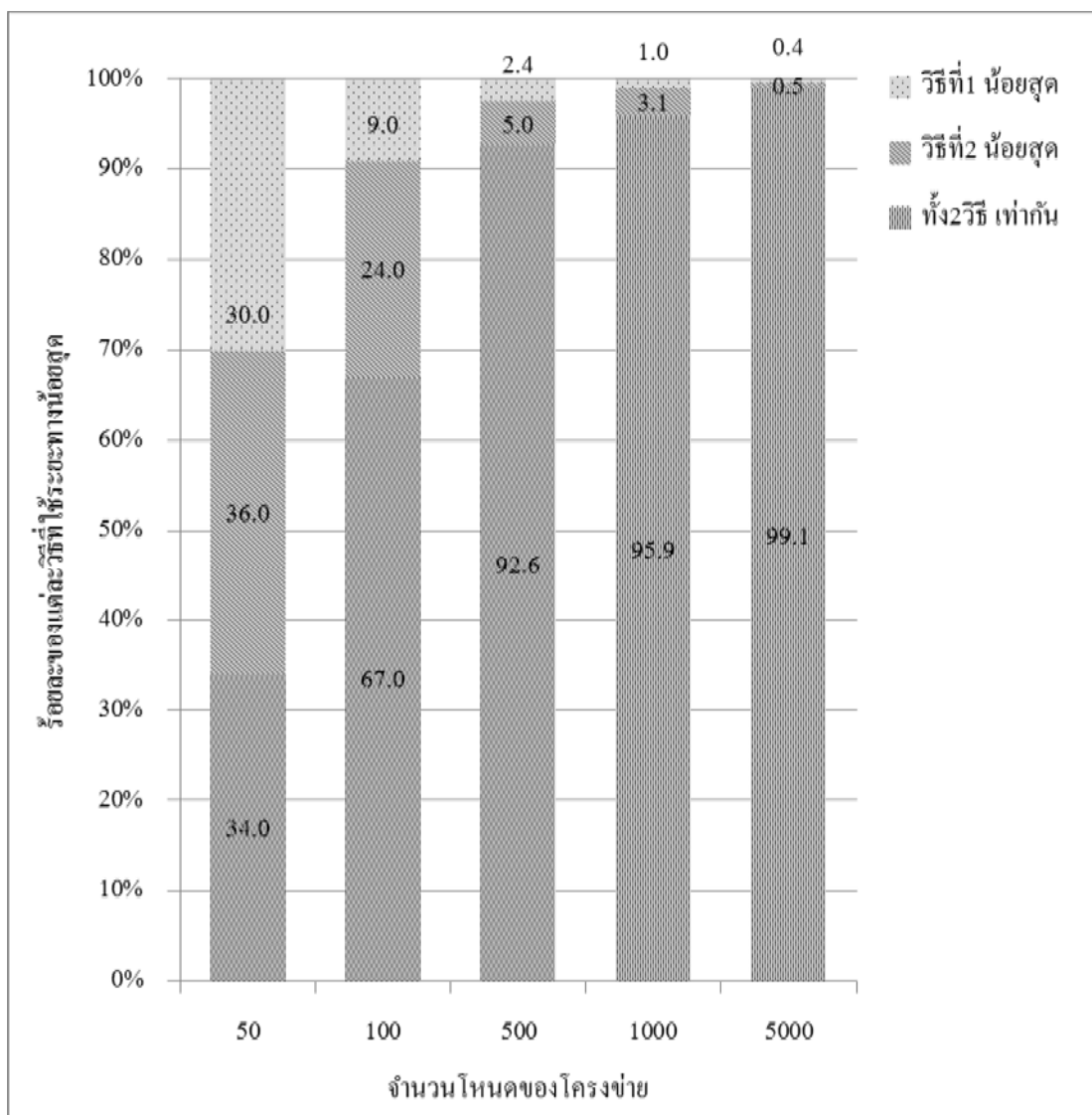
จากนั้นนำผลการทดสอบดังกล่าว มาสรุปผลเป็นร้อยละตามขนาดโครงข่ายที่ทดสอบได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่าน ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางและสรุปผลโดยรวม ดังแสดงในรูป ข - 15 ข - 16 ข - 17 และ ข - 18 ตามลำดับ



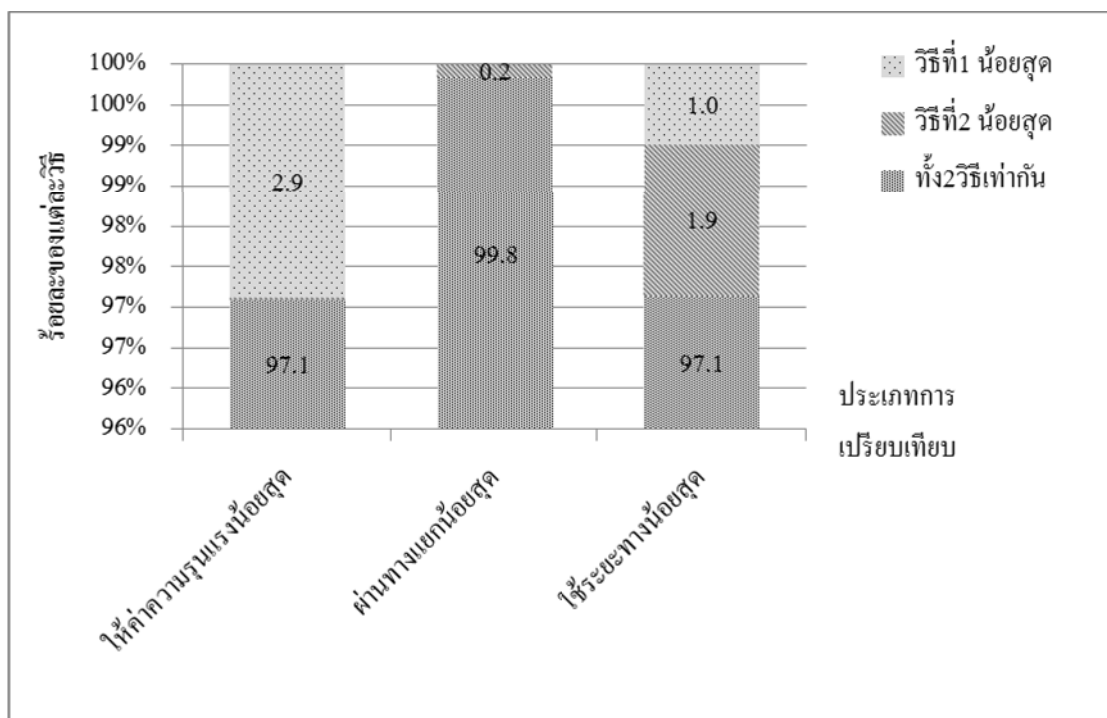
รูปที่ ข - 15 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด



รูปที่ ข - 16 กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด



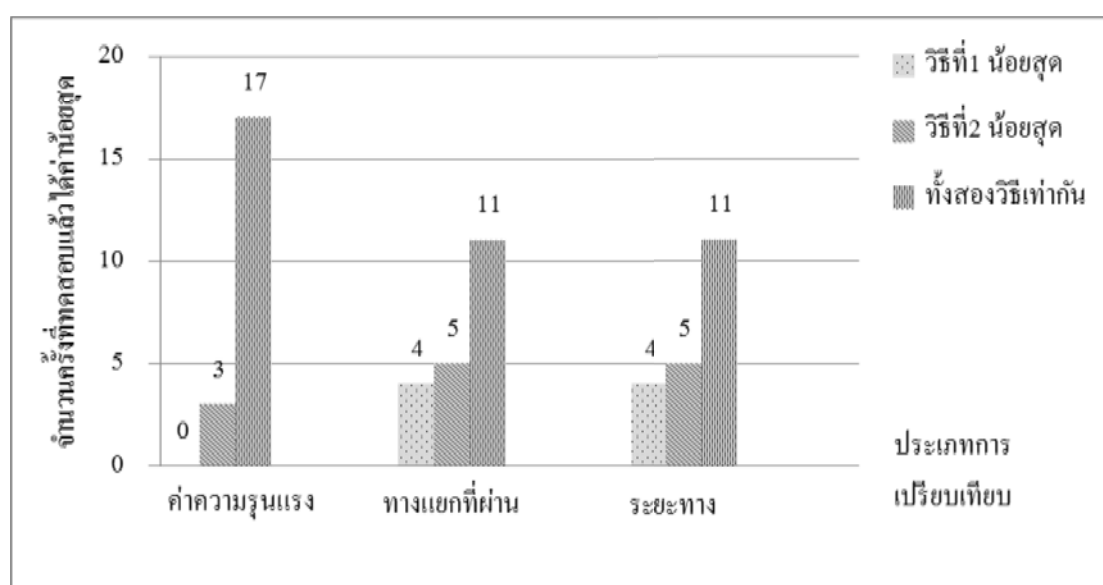
รูปที่ ข - 17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ของโครงข่ายขนาด 50 100 500 1,000 และ 5,000 โหนด



รูปที่ ข - 18 กราฟแสดงสรุปการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

ภาคผนวก ค : การทดสอบด้วยโครงข่ายจริง

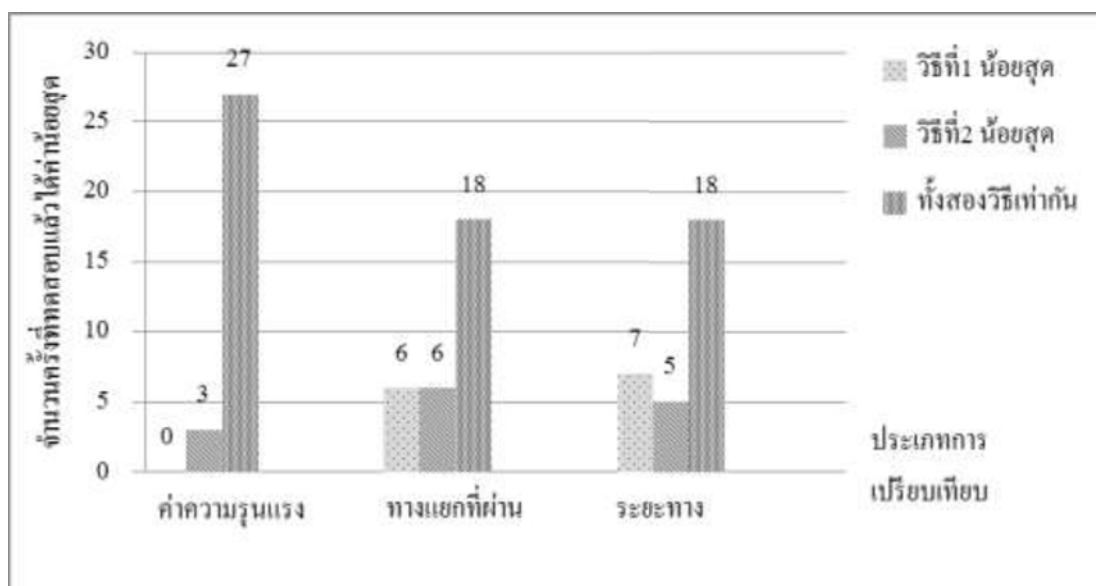
ผลการทดสอบด้วยโครงข่ายของ ของ Songkhla computerized common accident database entry ปี พ.ศ. 2550 ขนาด 24,542 โหนด โดยทดสอบจำนวน 20 ครั้งและไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ค - 1



รูปที่ ค - 1 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 20 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ค - 1 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายจริง จำนวน 20 ครั้ง การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 0 3 และ 17 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 4 5 และ 11 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 4 5 และ 11 ครั้ง ตามลำดับ

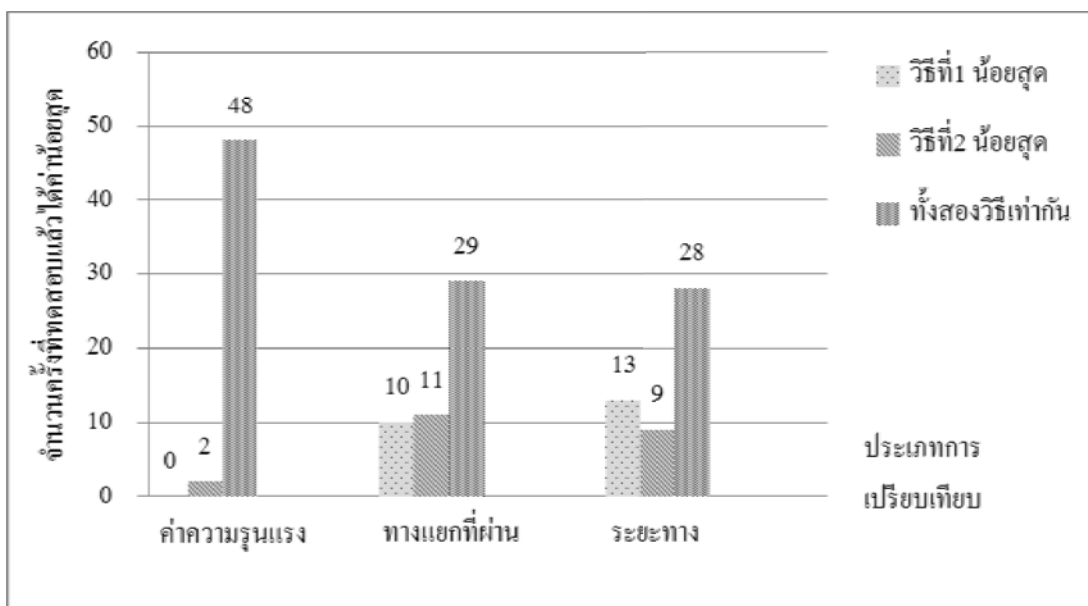
ทดสอบจำนวน 30 ครั้งและไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ค - 2



รูปที่ ค - 2 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 30 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ค - 2 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายจริง จำนวน 30 ครั้ง การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 0 3 และ 27 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 6 6 และ 18 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 7 5 และ 18 ครั้ง ตามลำดับ

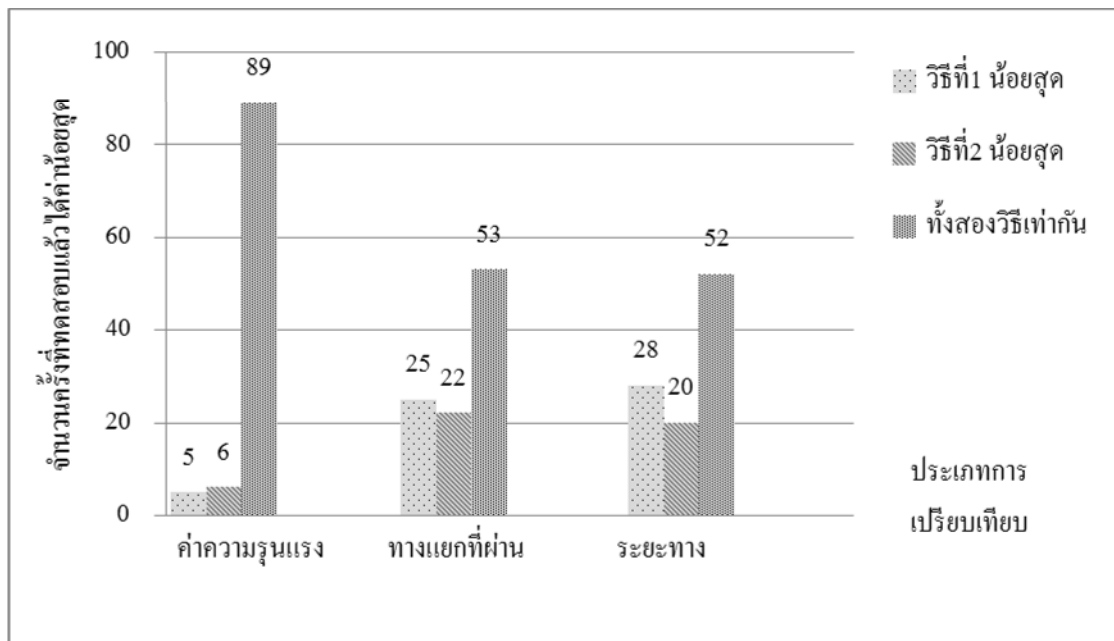
ทดสอบจำนวน 50 ครั้งและไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ค - 3



รูปที่ ค - 3 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 50 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ค - 3 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายจริง จำนวน 50 ครั้ง การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 0 2 และ 48 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 10 11 และ 29 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 13 9 และ 28 ครั้ง ตามลำดับ

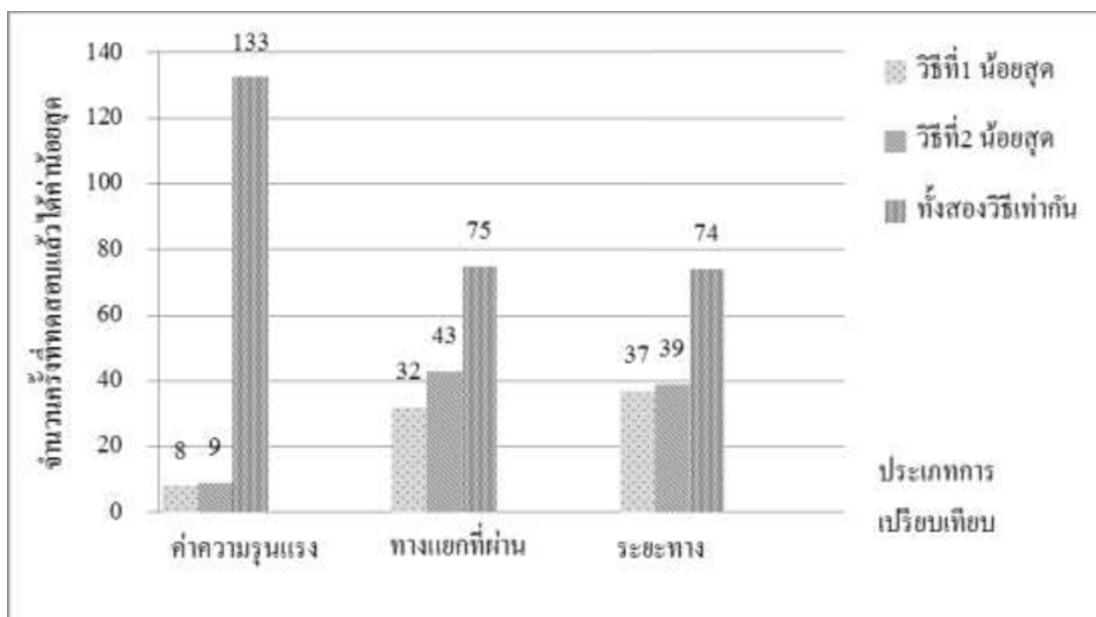
ทดสอบจำนวน 100 ครั้งและไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ค - 4



รูปที่ ค - 4 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 100 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ค - 4 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายจริง จำนวน 100 ครั้ง การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 5 6 และ 89 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 25 22 และ 53 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 28 20 และ 52 ครั้ง ตามลำดับ

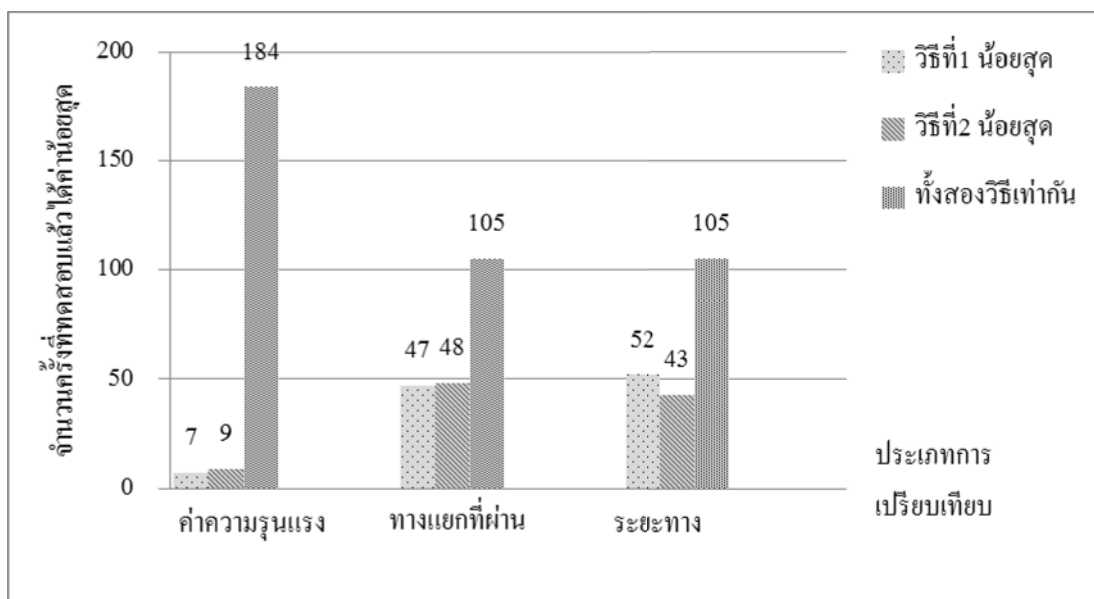
ทดสอบจำนวน 150 ครั้งและไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ค - 5



รูปที่ ๕ - 5 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 150 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ๕ - 5 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายจริง จำนวน 150 ครั้ง การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 8 9 และ 133 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 32 43 และ 75 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 37 39 และ 74 ครั้ง ตามลำดับ

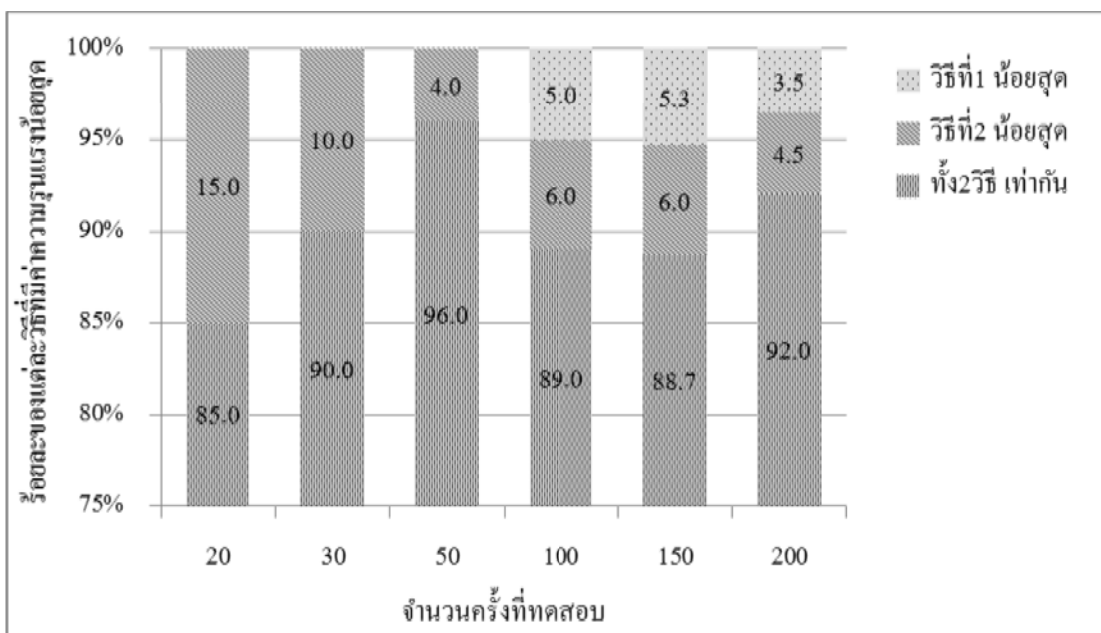
ทดสอบจำนวน 200 ครั้งและไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ซึ่งเปรียบเทียบผลวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่านและระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง แสดงดังรูป ๕ - 6



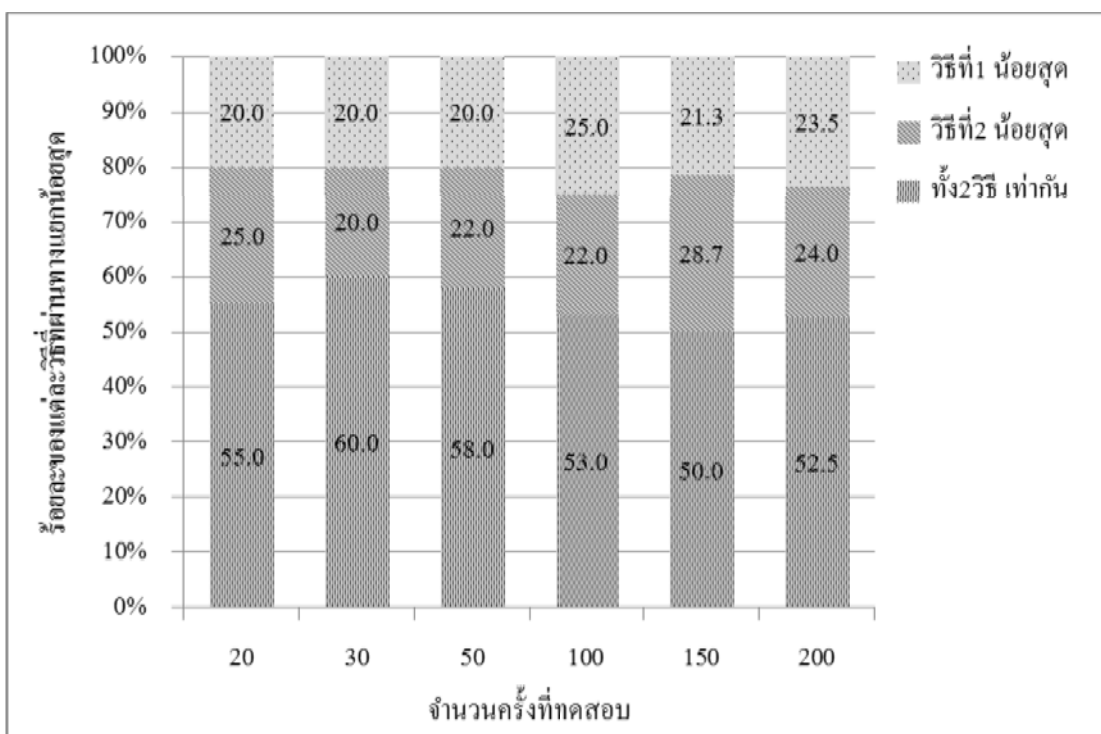
รูปที่ ๖ - 6 ผลการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่ค่าความรุนแรงน้อยสุด ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 24,542 โหนด จำนวน 200 ครั้ง โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากรูป ๖ - 6 เมื่อทดสอบด้วยโครงข่ายจริง จำนวน 200 ครั้ง การเปรียบเทียบในแง่ของค่าความรุนแรงที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ค่าความรุนแรง 7 9 และ 184 ครั้ง ตามลำดับ การเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้จำนวนทางแยกที่ผ่าน 47 48 และ 105 ครั้ง ตามลำดับ และการเปรียบเทียบในแง่ของจำนวนทางแยกที่ผ่านที่น้อยที่สุด วิธีที่ 1 วิธีที่ 2 และทั้งสองวิธีเท่ากัน ให้ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง 52 43 และ 105 ครั้ง ตามลำดับ

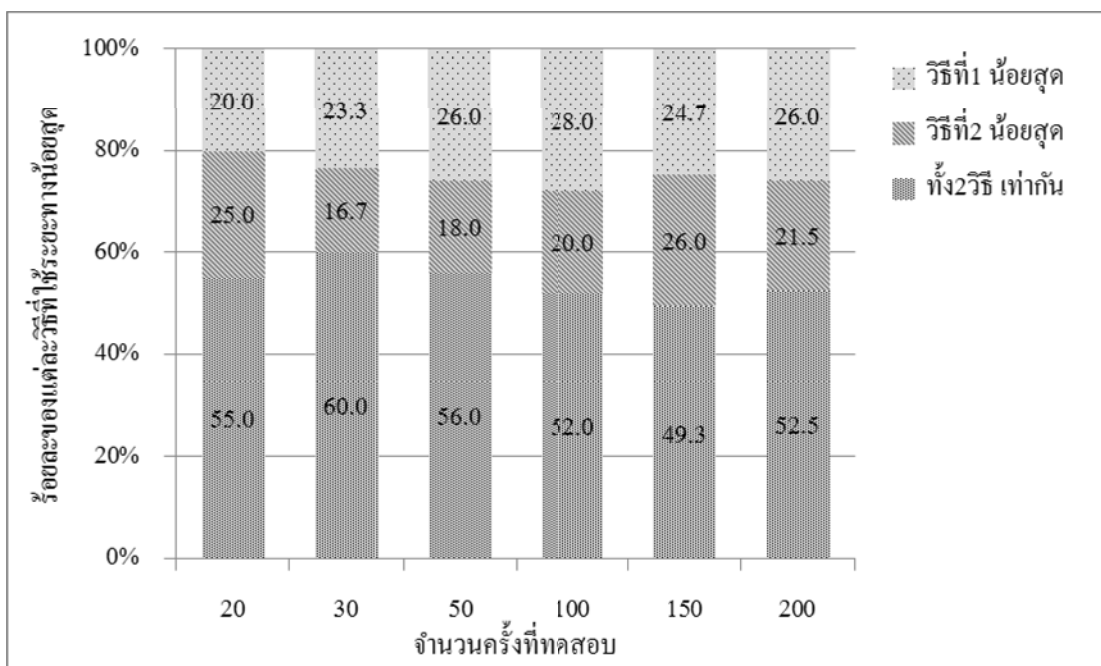
จากนั้นนำผลการทดสอบดังกล่าว มาสรุปผลเป็นร้อยละตามจำนวนครั้งที่ทดสอบ ได้แก่ ค่าความรุนแรง จำนวนทางแยกที่ผ่าน ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางและสรุปผลโดยรวม ดังแสดงในรูป ๖ - 7 ๖ - 8 ๖ - 9 และ ๖ - 10 ตามลำดับ



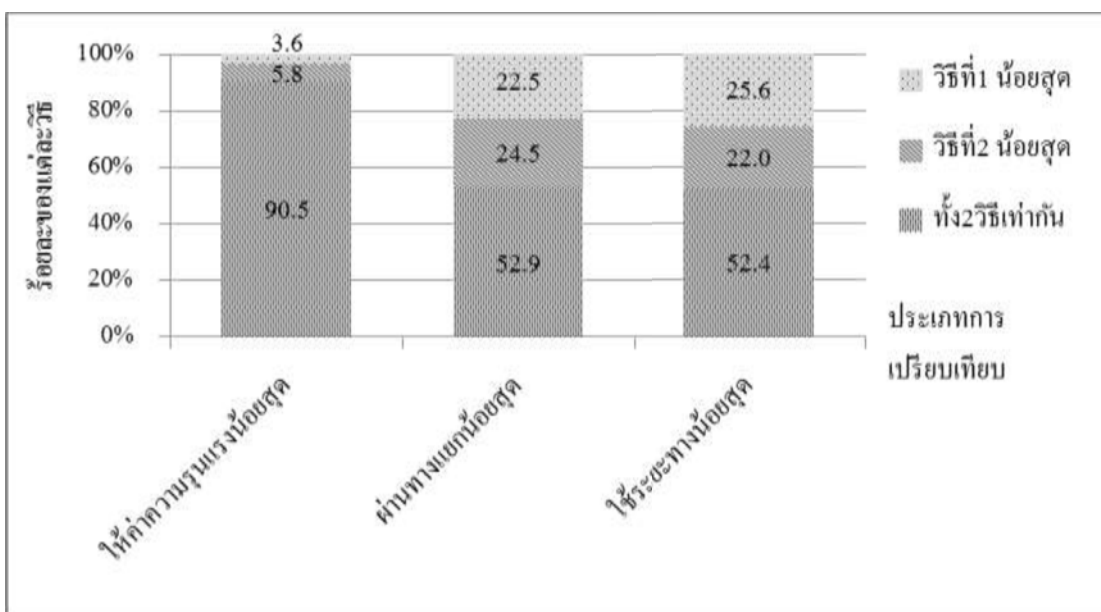
รูปที่ ค - 7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 ด้วยโครงข่ายจริง



รูปที่ ค - 8 กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 ด้วยโครงข่ายจริง

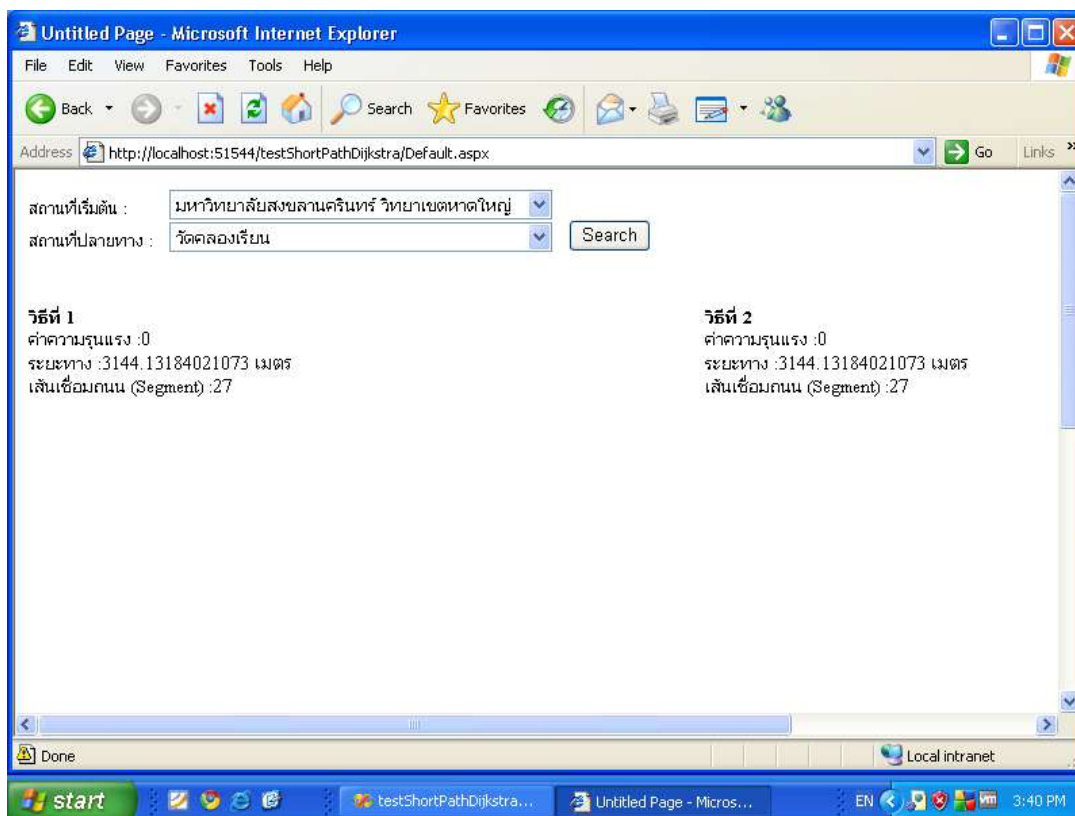


รูปที่ ๙ - 9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบระยะทางที่ใช้ระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 ด้วยโครงข่ายจริง



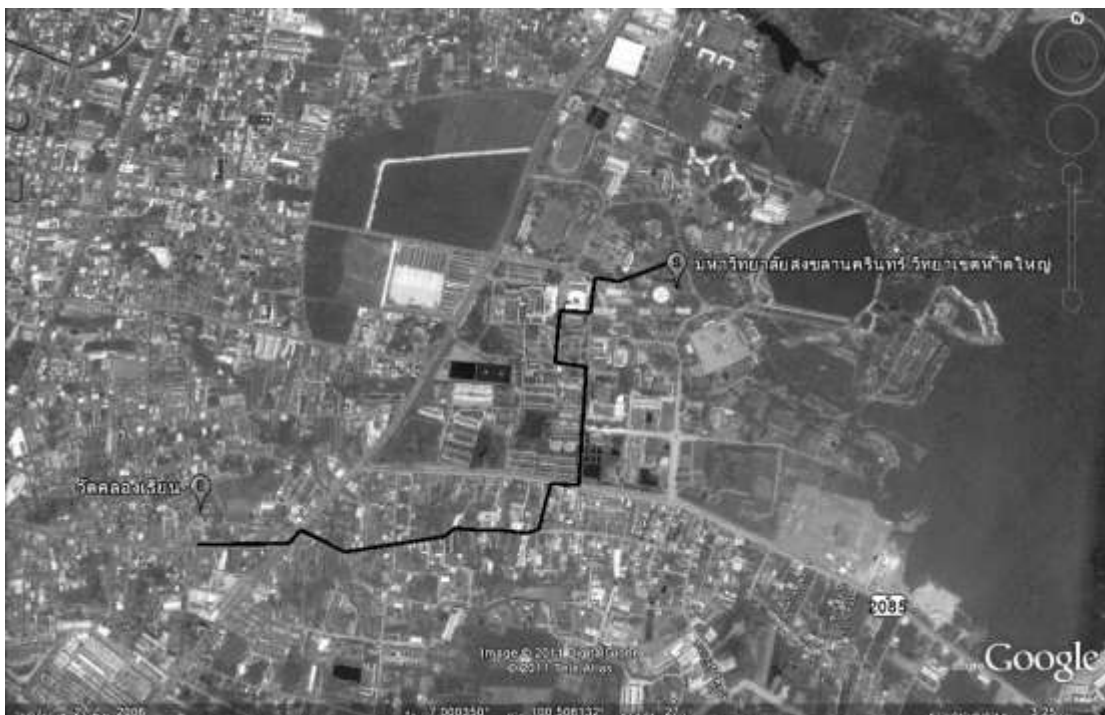
รูปที่ ๑๐ - 10 กราฟแสดงสรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยใช้ข้อมูลจริง

ภาคผนวก ง : ตัวอย่างการทำงานของกรค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ



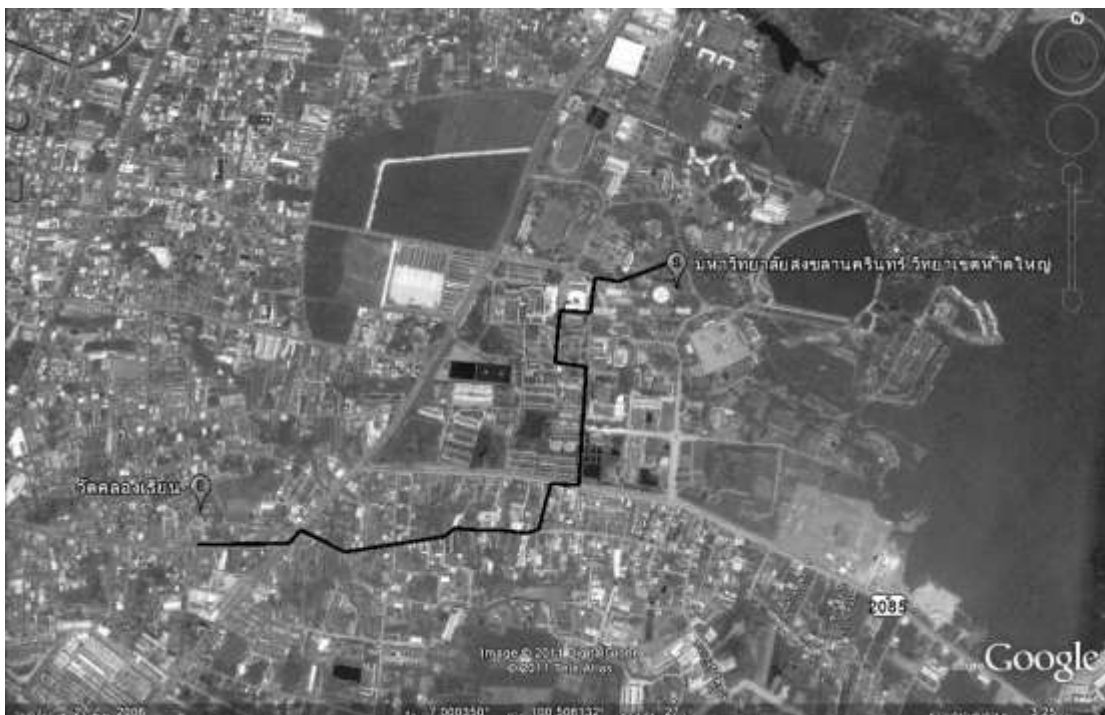
รูปที่ ง - 1 การค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไปยังวัดคลองเรียน

จากรูปที่ ง - 1 เป็นการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไปยังวัดคลองเรียน ทดสอบด้วยวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ซึ่งผลลัพธ์ ค่าความรุนแรง ระยะทาง ทางแยกเท่ากัน การที่เลือกเส้นทางดังกล่าว เนื่องจากว่ามีระยะทางไม่ไกลจนเกินไป และไม่ได้อยู่ในตัวเมืองที่มีอุบัติเหตุหนาแน่นมาก ทำให้การนำภาพมาซ้อนทับบน Google earth ทำได้ง่าย งานวิจัยนี้เพื่อนำเสนออัลกอริทึมในการค้นหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยจากอุบัติเหตุ



รูปที่ ง - 2 ผลจากการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไปยังวัดคลอง
เรียน ด้วยวิธีที่ 1

เมื่อได้พิกัดของถนนที่ผ่าน จากการเลือกเส้นทางดังรูปที่ ง - 1 นำมาแสดงผลบน Google map แต่เส้นโครงข่ายที่นำมาจาก MapInfo แตกต่างกับโครงข่ายของ Google map ทำให้ต้องนำแผนที่ที่ได้มาซ้อนทับแล้วเลื่อนลงบน Google earth ซึ่ง Google earth มีโครงข่ายเช่นเดียวกับ Google map ได้เส้นทางดังรูปที่ ง - 2 ซึ่งเป็นผลจากการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ วิธีที่ 1 และรูปที่ ง - 3 เป็นผลจากการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ วิธีที่ 2



รูปที่ ง - 3 ผลจากการค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัยจาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ไปยังวัดคลอง
เขื่อนด้วย วิธีที่ 2

ภาคผนวก จ : บทความวิชาการ

การเลือกเส้นทางปลอดภัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวางแผนการเดินทาง The development of an optimal safe path for trip planning

ทิชาลักษณ์ สุวรรณพฤษ^{1*} สักชัย ประชาวิรุณกุล² วิวัฒน์ สุทธิวิภากร³

¹หลักสูตรมหาบัณฑิตจัดการเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

²ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

³สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง ฝ่ายหาดใหญ่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90112

E - Mail: thichaluk.s@psu.ac.th*

Thichaluk Suwannapruet¹ Sakchai Prechaverakul² Wiwat Sutwipakorn³

¹Graduate Office of Management of Information Technology, Faculty of Engineering,
Prince of Songkla University (PSU), Hat Yai, Songkhla 90112

²Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, PSU, Hat Yai, Songkhla 90112

³Office of Extension and Continuing Education, Hat Yai Campus Division, PSU, Hat Yai, Songkhla 90112

E - Mail: thichaluk.s@psu.ac.th*

บทคัดย่อ

ในแต่ละปี อุบัติเหตุบนท้องถนนในประเทศไทยได้ก่อให้เกิดจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บจำนวนมาก และไม่ได้มีแนวโน้มที่จะลดลงแต่อย่างใด ดังนั้นหากสามารถวางแผนการเดินทางเพื่อหลีกเลี่ยงถนนที่มีความเสี่ยงสูง ก็อาจทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนลดลงได้ การศึกษานี้เป็นการพัฒนาวิธีการเพื่อเลือกเส้นทางที่ปลอดภัยที่สุดสำหรับการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังจุดอื่น ด้วยการใช้อัลกอริทึมของ Dijkstra เป็นพื้นฐานแล้วเพิ่มปัจจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวกับอุบัติเหตุบนท้องถนน คือค่าดัชนีความรุนแรงของถนนและทางแยก จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์เพื่อให้ได้เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด เส้นทางนี้อาจถือได้ว่าเป็นเส้นทางที่น่าจะปลอดภัยที่สุด เพราะถนนและทางแยกที่มีความรุนแรงมากกว่าจะถูกตัดทิ้งไป นอกจากนี้ ยังได้ทำการดัดแปลง อัลกอริทึมของ Dijkstra ให้รวมเอาทางแยกและถนนที่อยู่ถัดไปที่เชื่อมต่อกับทางแยกที่กำลังพิจารณา การทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 6 โหนด พบว่า อัลกอริทึมที่ปรับปรุงใหม่ทั้งสองให้ผลลัพธ์ไม่ต่างกันนัก แต่เมื่อโครงข่ายมีขนาดใหญ่ขึ้น พบว่า ทั้ง 2 วิธีให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงข่าย

คำหลัก เส้นทางปลอดภัยที่เหมาะสมที่สุด, การวางแผนการเดินทาง, กราฟ, Dijkstra's algorithm

Abstract

Road accidents in Thailand have caused a lot of fatalities and injuries each year and records have shown no improvement in reducing these numbers. If a trip planning to avoid high

risk roads can be done then it may help decreasing road accident rate. This study attempts to develop a method to select an optimal safe path for traveling from one point to another. Based on Dijkstra's algorithm, an additional factor related to road accidents, a severity index, has been included for each road segment and junction. Then they were solved to obtain a shortest path. This path can be considered as an optimal safe path because road segments and junctions with higher severity index will not be selected. Another modification of Dijkstra's algorithm was also made by including the next adjacent junction and road segment while searching for an optimal path. A test case of six-node network was used to compare the result of the two algorithms. The results showed that both algorithms similarly improved the results, but differed in some cases. However, for larger network sizes, we found that these two methods give different results depending on the nature of the network.

Keywords: Optimal safe path, trip planning, graph, Dijkstra's algorithm

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาอุบัติเหตุการจราจรทางบกในประเทศไทยเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญ แม้นแนวโน้มของการเกิดอุบัติเหตุจะลดลงบ้างตามสถิติของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ในรายงานสรุปสถิติอุบัติเหตุการจราจรทางบก เปรียบเทียบในช่วงปี 2551- 2553[1] พบว่า ในปี 2552 มีจำนวนคดีอุบัติเหตุการจราจรทางบก ลดลงจากปี

2551 คิดเป็นร้อยละ 4.40 ผู้เสียชีวิต ลดลงจากปี 2551 ร้อยละ 1.94 ผู้บาดเจ็บสาหัส ลดลงจากปี 2551 ร้อยละ 21.50 ผู้บาดเจ็บเล็กน้อยลดลงจากปี 2551 ร้อยละ 10.95 และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนผู้เสียชีวิตและบาดเจ็บ ระหว่างปี 2552 - 2553 พบว่าในปี 2553 มีจำนวนคดีอุบัติเหตุจราจรทางบก ลดลงจากปี 2552 คิดเป็นร้อยละ 23.96 ผู้เสียชีวิต ลดลงจากปี 2552 ร้อยละ 22.13 ผู้บาดเจ็บสาหัส ลดลงจากปี 2552 ร้อยละ 40.62 ผู้บาดเจ็บเล็กน้อยลดลงจากปี 2552 ร้อยละ 34.71 และข้อมูลจากสถิติอุบัติเหตุจราจรของกรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย [2] พบว่า ในปี 2551 มีจำนวนอุบัติเหตุ 46,806 ราย และในปี 2552 มีจำนวนอุบัติเหตุ 44,192 ราย แต่เมื่อนำสถิติอุบัติเหตุทางถนนในช่วงเดือนมกราคม - สิงหาคม ของปี 2551 - 2552 นำมาเปรียบเทียบ พบว่า ในปี 2552 มีจำนวนคดีอุบัติเหตุทางถนนเพิ่มขึ้นจากปี 2551 ร้อยละ 1.28 ผู้เสียชีวิตเพิ่มขึ้นจากปี 2551 ร้อยละ 2.56 ซึ่งจากสถิตินี้ ทำให้ทราบว่าการเกิดอุบัติเหตุ ในช่วงต้นปีถึงกลางปียังคงสูงและเป็นปัญหาอยู่ ถึงแม้ว่าจำนวนการเกิดอุบัติเหตุทั้งปีจะลดลงก็ตาม

ส่วนแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุของประเทศเพื่อนบ้านอย่าง สิงคโปร์ พบว่าสิงคโปร์มีอัตราการเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี [3] เมื่อเปรียบเทียบในช่วงปี 2548 - 2550 ถึงแม้ว่าแนวโน้มอุบัติเหตุจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศไทย สิงคโปร์จะมีอัตราการเกิดอุบัติเหตุน้อยกว่าประเทศไทยมาก [4] (สิงคโปร์ 167.20 ต่อ 1 แสนคน ไทย 175.93 ต่อ 1 แสนคน) ส่วนการเกิดอุบัติเหตุของประเทศที่พัฒนาแล้วอย่างสหรัฐอเมริกา [5] พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับประเทศไทย สหรัฐอเมริกามีอัตราการเกิดอุบัติเหตุน้อยกว่า (สหรัฐอเมริกา 89.24 ต่อ 1 แสนคน ไทย 175.93 ต่อ 1 แสนคน)

ไม่ว่าแนวโน้มการเกิดอุบัติเหตุในประเทศไทยจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ตาม ความสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินก็เป็นสิ่งที่ยอมรับไม่ได้ และเป็นประเด็นเร่งด่วนที่จะต้องได้รับการแก้ไข การนำข้อมูลสถิติของอุบัติเหตุมาวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาจึงเป็นสิ่งจำเป็น หรือหากสามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้มาวางแผนการเดินทางเพื่อหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีความเสี่ยงสูงในการเกิดอุบัติเหตุได้ ก็อาจจะทำให้อัตราการเกิดอุบัติเหตุลดลง

งานวิจัยนี้จึงเกี่ยวข้องกับการพัฒนาขั้นตอนวิธีที่ใช้ในการหาเส้นทางที่มีความปลอดภัยที่สุด เพื่อนำไปสู่การป้องกันและลดการเกิดอุบัติเหตุ

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการพัฒนาฐานข้อมูลอุบัติเหตุจราจร : กรณีศึกษา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา [6] ได้กล่าวถึงการพัฒนาฐานข้อมูลอุบัติเหตุให้อยู่ในรูปแบบที่ง่ายต่อการบันทึก จัดเก็บและวิเคราะห์ โดยให้ผู้ใช้สามารถเลือกกำหนดจุดที่เกิดอุบัติเหตุได้จากแผนที่พร้อมทั้งป้อนรายละเอียดต่างๆ ลงในแบบฟอร์มที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งประกอบด้วย วันเวลาที่เกิดเหตุ ประเภทอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บและเสียชีวิต ข้อมูล

สภาพแวดล้อม ข้อมูลยานพาหนะ ข้อมูลผู้ขับขี่ และข้อมูลคนเดินเท้า ข้อมูลทั้งหมดจะถูกเก็บรวบรวมไว้เป็นฐานข้อมูลอุบัติเหตุจราจร แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ได้แก่ วิเคราะห์ข้อมูลโดยรวมเพื่อเป็นสถิติ วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อกำหนดบริเวณอันตรายจากการใช้ความถี่ ค่าความรุนแรงและเสนอแนะมาตรการแก้ไข

งานวิจัยเรื่อง An improvement of the shortest path algorithm based on dijkstra algorithm [7] ได้กล่าวถึงการปรับปรุง Dijkstra อัลกอริทึม และนำเสนอในรูปแบบ Matrix ของโหนดก่อนหน้าและด้วย Shortest path tree อัลกอริทึมสามารถลดการคำนวณการที่ซ้ำและหาเส้นทางที่สั้นที่สุดได้

งานวิจัยเรื่อง A GIS-based dynamic shortest path determination in emergency vehicles [8] ได้กล่าวถึงความสำเร็จในการจัดหาเส้นทางของรถฉุกเฉิน โดยการใช้เวลาน้อยที่สุด และปรับปรุงแก้ไขประสิทธิภาพให้ดียิ่งขึ้น โดยวิเคราะห์ปัญหาจราจรติดขัดในเขตพื้นที่ตัวเมือง จุดประสงค์ของการวิจัยคือการพัฒนาให้รองรับการตัดสินใจของการจัดเส้นทางของรถฉุกเฉิน แบบ real-time ในระบบ dynamic shortest path การวิจัยนี้เสนอวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการจัดเส้นทางของรถฉุกเฉิน shortest path ประยุกต์บนพื้นฐานของ Dijkstra อัลกอริทึมซึ่งมีการปรับปรุงให้มีความฉลาดมากขึ้น โดยการเสนอเส้นทาง ในระหว่างขยับยั้ง ผลของการวิจัย ทำให้ลดเวลาในการเดินทางของรถฉุกเฉิน โดยการใช้ GIS ในการนำเสนอการจัดเส้นทางทำให้มองเห็นและสามารถจัดการโครงข่ายการจราจรในเขตพื้นที่ตัวเมืองได้

งานวิจัยเรื่อง Developed dijkstra shortest path search algorithm and simulation [9] กล่าวถึงการปรับปรุง การค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุด Dijkstra อัลกอริทึม โดยพิจารณาค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน กำหนด Priority ในการค้นหาเฉพาะในส่วนของจุดเริ่มต้นและปลายทาง โดยให้จุดเริ่มต้นและปลายทางต่างเป็นจุดกึ่งกลางของวงกลมของตนเอง และกำหนด Priority เฉพาะในวงกลม เมื่อได้จุดต่อไปที่เชื่อมกับจุดเริ่มต้น ก็ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนอยู่ในเซตครีมีเดียวกับปลายทาง แล้วใช้หลักการ Dijkstra อัลกอริทึม พบว่าใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่า Dijkstra แบบปกติ

งานวิจัยเรื่อง Analysis of the shortest repaired path of distribution network based on dijkstra algorithm [10] กล่าวถึง Dijkstra อัลกอริทึมมีการนำมาประยุกต์ด้านการคำนวณระยะทางที่สั้นที่สุดสำหรับการกระจายของเครือข่าย แต่ก็ยังใช้เวลาเพิ่มมากขึ้น เมื่อเครือข่ายมีจำนวนโหนดเพิ่มขึ้น การปรับปรุง Dijkstra อัลกอริทึมบนพื้นฐานของวิธีการ Heapsort ซึ่งเป็น Binary tree แบบสมบูรณ์ ภายใต้การทำงานของ Priority queue งานวิจัยนี้ได้พัฒนาโดยใช้ Binary tree แบบสมบูรณ์และข้อมูลโหนดที่จัดเก็บอยู่ในโครงสร้างการมีองค์ 3 Element ปรับปรุงขั้นตอนการคำนวณ ทำให้ระยะเวลาการทำงานของขั้นตอนวิธีลดลงเหลือ $O(n \log n)$ ในงานวิจัยนี้ ใช้กราฟที่มี 54 โหนดในการตรวจสอบความถูกต้องของขั้นตอนวิธี ในการทดสอบความถูกต้องแสดงให้เห็นว่าเสถียรภาพและประสิทธิภาพการค้นหาของขั้นตอนวิธีนี้ดีกว่าแบบ

อื่น ๆ

3. วิธีการวิจัย

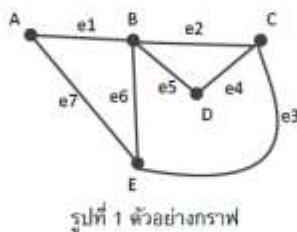
จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า ทฤษฎีกราฟเหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์เพื่อหาเส้นทางที่ปลอดภัยที่สุด และอัลกอริทึมของ Dijkstra จะใช้เวลาน้อยที่สุดเพื่อค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง งานวิจัยนี้จึง ได้นำอัลกอริทึมของ Dijkstra มาปรับปรุง โดยรวมเอาปัจจัยทางด้านอุบัติเหตุเข้าไป เพื่อที่จะได้เส้นทางที่ปลอดภัยที่สุด

3.1 ทฤษฎีกราฟ

ทฤษฎีกราฟเป็นคณิตศาสตร์แขนงหนึ่งที่สามารถนำความรู้ในเรื่องนี้ไปใช้กับปัญหาต่าง ๆ เช่น ปัญหาที่เกี่ยวกับการวางผังเมือง การวางสายโทรศัพท์ การเดินทาง หรือปัญหาอื่น ๆ ในชีวิตประจำวัน

ส่วนประกอบของกราฟ (G)

- เซตของจุดยอด (Vertex) แทนด้วย V(G)
- เซตของเส้นเชื่อม (Edge) แทนด้วย E(G)



รูปที่ 1 ตัวอย่างกราฟ

$$G = (V, E)$$

$$V(G) = \{A, B, C, D, E\}$$

$$E(G) = \{e1, e2, e3, e4, e5, e6, e7\}$$

3.2 เปรียบเทียบอัลกอริทึมที่ใช้ในการค้นหาเส้นทาง

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะงานและเวลาในการทำงานของแต่ละอัลกอริทึม

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบอัลกอริทึมในการค้นหาเส้นทาง แบบต่าง ๆ [11]

อัลกอริทึม	ลักษณะงานที่ใช้	เวลาในการทำงาน
Kruskal	การเดินทางที่ต้องผ่านทุกจุด	$O(E \log V)$
Prim	การเดินทางที่ต้องผ่านทุกจุด	$O(E + V \log V)$
Ford – Fulkerson	การคำนวณปริมาณน้ำประปา	$O(E f)$ โดยที่ f คือ Maximum Flow

อัลกอริทึม	ลักษณะงานที่ใช้	เวลาในการทำงาน
Bellman - Ford	การค้นหาเส้นทางเดินรถ การค้นหาเส้นทางการขนส่ง สินค้า มีค่าน้ำหนักเป็นลบ เข้ามาเกี่ยวข้อง	$O(V E)$
Dijkstra	การค้นหาเส้นทางเดินรถ การค้นหาเส้นทางการขนส่ง สินค้า ไม่มีค่าน้ำหนักเป็น ลบเข้ามาเกี่ยวข้อง	$O(V)$

จากตารางเปรียบเทียบอัลกอริทึม จะเห็นได้ว่า Dijkstra อัลกอริทึมเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ค้นหาเส้นทาง เนื่องจากเวลาในการทำงาน (Running time) น้อยที่สุด และงานวิจัยนี้เป็นการค้นหาเส้นทางที่มีค่าดัชนีความรุนแรงของอุบัติเหตุเป็นค่าบวก นั่นคือไม่มีค่าลบเข้ามาเกี่ยวข้อง

3.3 การให้ค่าความรุนแรงของถนน

เนื่องจากต้องการหาเส้นทางปลอดภัยที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงได้นำค่าดัชนีความรุนแรงของอุบัติเหตุ (Severity Index) มาเพิ่มเป็นอีกปัจจัยหนึ่ง นอกเหนือจากระยะทางในการหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด ค่าดัชนีความรุนแรงของอุบัติเหตุคำนวณได้จากปัจจัย 4 อย่าง คือ จำนวนผู้เสียชีวิต จำนวนการเกิดอุบัติเหตุ จำนวนผู้บาดเจ็บสาหัสและจำนวนผู้บาดเจ็บเล็กน้อย โดยกำหนดให้มีค่าถ่วงน้ำหนักของปัจจัยทั้งสี่อย่างเป็น 4 3 2 และ 1 ตามลำดับ[12] ดังนี้

$$SI = \frac{\sum_{i=1}^4 W_i F_i}{\sum_{i=1}^4 W_i}$$

SI = ค่าดัชนีความรุนแรง

W_i = ค่าถ่วงน้ำหนัก

F_i = ปัจจัยที่นำมาพิจารณา

3.4 วิธีค้นหาเส้นทางที่ปลอดภัย

- Dijkstra's algorithm[11]ใช้ในการค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดจาก Vertex เริ่มต้นไปยังปลายทาง หยุดการค้นหาเมื่อเส้นทางที่พิจารณาไปยังปลายทางเป็นเส้นทางที่สั้นที่สุด Dijkstra เป็นอัลกอริทึมที่ใช้โครงสร้างข้อมูล Priority queue ทุก Edge จะต้องมีค่าเป็นบวก พิจารณา Edge ของแต่ละ Vertex เพื่อหา Edge ที่มีค่าน้อยที่สุด โดยจะนำผลรวมค่าน้ำหนักของเส้นทางนั้นมาเปรียบเทียบกับผลรวมค่าน้ำหนักของเส้นทางอื่นด้วย เพื่อเปรียบเทียบว่าค่าน้ำหนักของเส้นทางที่เลือกนั้นจะยังมีผลรวมค่าน้ำหนักของเส้นทางน้อยที่สุดหรือไม่ งานวิจัยนี้ นำเสนอการปรับเปลี่ยนอัลกอริทึมของ Dijkstra 2 วิธี ดังนี้

วิธีที่ 1

เพิ่มค่าความรุนแรงของทางแยกและถนนเข้ามาพิจารณาด้วย โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

Input: ต้นทางและปลายทาง

Output: เส้นทางที่ปลอดภัยจากอุบัติเหตุ

Begin:

ให้ Priority queue = \emptyset
 Loop Vertex ในกราฟยกเว้น Vertex เริ่มต้น
 ให้ ค่าประมาณอุบัติเหตุ $a[v] = \infty$
 ให้ $S = \emptyset$ โดยที่ S เป็นสับเซตของค่าอุบัติเหตุที่น้อย

ที่สุด

นำ Vertex มาใส่ไว้ใน Priority queue
 Loop Priority queue
 $u =$ เลือกที่มีค่าอุบัติเหตุที่น้อยที่สุดจาก Priority queue.
 $S = S \cup \{u\}$
 Loop Vertex ที่อยู่ติดกับ Vertex u

Adjust: ปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ค่าอุบัติเหตุที่น้อยที่สุดให้กับ Vertex

if $a[v] > a[u] +$ ค่าความรุนแรงจาก u ไป v +ค่าความรุนแรงของทางแยก v then

$a[v] = a[u] +$ ค่าความรุนแรงจาก u ไป v +ค่าความรุนแรงของทางแยก v

ให้โหนดพ่อแม่ของ Vertex v เป็น u

วิธีที่ 2

- ปรับเปลี่ยน Dijkstra's algorithm โดยเพิ่มการพิจารณาการเกิดอุบัติเหตุของเส้นทางที่เชื่อมกับเส้นทางที่กำลังพิจารณาอยู่ ขั้นตอนการทำงานแตกต่างกับ Dijkstra ในส่วนการปรับเปลี่ยนเส้นทางอุบัติเหตุที่น้อยที่สุดให้ Vertex และแสดงในรูปแบบ Pseudocode ดังนี้

Adjust: ปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ค่าอุบัติเหตุที่น้อยที่สุดให้กับ Vertex

if $a[v] > a[u] +$ ค่าความรุนแรงจาก u ไป v +ค่าความรุนแรงของทางแยก v + MinAccidentVertex then

$a[v] = a[u] +$ ค่าความรุนแรงจาก u ไป v +ค่าความรุนแรงของทางแยก v + MinAccidentVertex

ให้โหนดพ่อแม่ของ Vertex v เป็น u

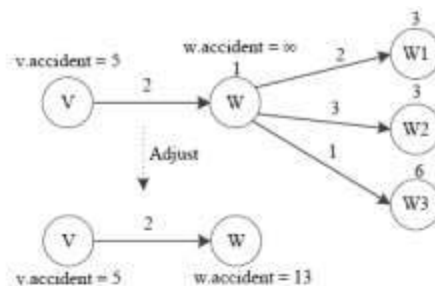
MinAccidentVertex: พิจารณาการเกิดอุบัติเหตุของเส้นทางที่เชื่อมกับเส้นทางที่กำลังพิจารณาอยู่

Loop Vertex ที่อยู่ติดกับ Vertex u

MinAccidentVertex = ทาค่า Min ของ Vertex ที่อยู่ติดกับ Vertex u

return MinAccidentVertex

การปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ค่าอุบัติเหตุที่น้อยที่สุดให้กับ Vertex อธิบายดังรูปที่ 2



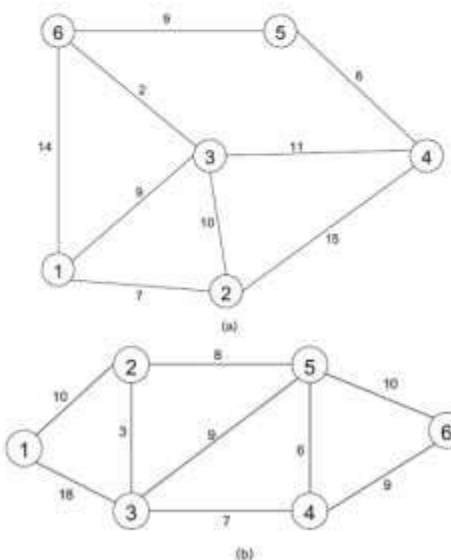
รูปที่ 2 การปรับเปลี่ยนค่าประมาณเส้นทางที่ค่าอุบัติเหตุที่น้อยที่สุดให้กับ Vertex

จากรูปที่ 2 กำหนดให้ Vertex v มี $v.accumulator = 5$ และ Vertex w มี $w.accumulator = \infty$ ถ้าเลือกค่าเส้นทางจาก V ไป W จะต้องหาเส้นทางที่เชื่อมกับ W ที่มีค่าความรุนแรงน้อยที่สุด คือ $W1$ จะให้ $w.accumulator = 5 + 2 + 1 + 2 + 3 = 13$ โดยที่ 1 เป็นค่าความรุนแรงของทางแยก W และ 2 เป็นค่าความรุนแรงของทางแยก $W1$ หากเปรียบเทียบ $w.accumulator$ เดิมคือ ∞ จะมากกว่าเส้นทางใหม่ จึงปรับเปลี่ยน $w.accumulator$ จาก ∞ เป็น 13

4. ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การเปรียบเทียบอัลกอริทึม

กราฟที่ใช้ทดลองในขั้นแรก เป็นโครงข่ายขนาด 6 โหนด เพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วย Dijkstra วิธีที่ 1 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงข่ายที่ใช้ทดลอง [11][13]

จากนั้นนำกราฟข้างต้นไปทดสอบกับ Dijkstra วิธีที่ 2 แล้วเปรียบเทียบกับวิธีที่ 1 พบว่าวิธีที่ 1 มีค่าความรุนแรงน้อยกว่าวิธีที่ 2 ดังตารางที่ 2 และ 3

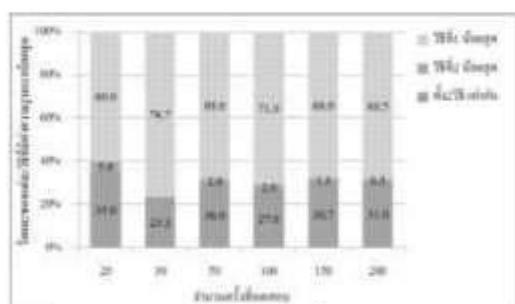
ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างการเดินทางจากรูปที่ 3(a)

วิธี	ต้นทาง	ปลายทาง	เส้นทางการเดินทาง	ค่าความรุนแรง
1	1	6	1 > 3 > 6	11
2			1 > 6	14
1	1	5	1 > 3 > 6 > 5	20
2			1 > 6 > 5	23
1	1	4	1 > 3 > 4	20
2			1 > 3 > 4	20
1	6	2	6 > 3 > 2	12
2			6 > 3 > 2	12

ตารางที่ 3 ตัวอย่างการเดินทางจากรูปที่ 3(b)

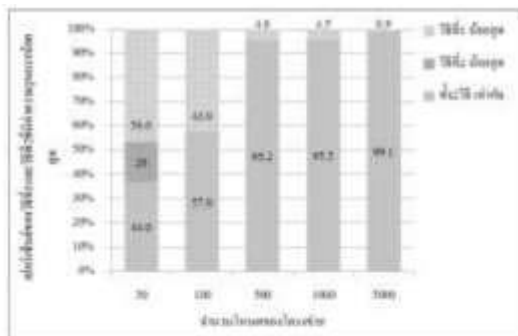
วิธี	ต้นทาง	ปลายทาง	เส้นทางการเดินทาง	ค่าความรุนแรง
1	1	6	1 > 2 > 5 > 6	28
2			1 > 2 > 5 > 6	28
1	1	5	1 > 2 > 5	18
2			1 > 2 > 5	18
1	1	4	1 > 2 > 3 > 4	20
2			1 > 3 > 4	25
1	6	2	6 > 5 > 2	18
2			6 > 5 > 2	18

จากนั้นได้ทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 50 100 500 1000 และ 5000 โหนด ซึ่งโครงข่ายเป็นรูปสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกัน และทดลองโดยการสุ่มต้นทาง - ปลายทาง 50 ครั้ง จากรูปที่ 4 จะเห็นว่า การทดลอง 50 ครั้งทำให้ผลการทดลองค่อนข้างคงที่

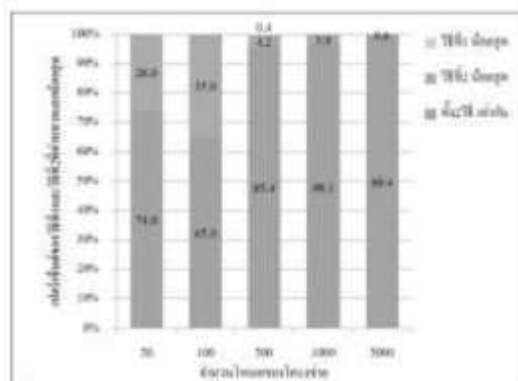


รูปที่ 4 กราฟการทดลองด้วยจำนวนครั้งต่าง ๆ จากการสุ่มทดลองด้วยโครงข่ายขนาด 50 โหนด

จากนั้นนำจำนวนครั้งที่ได้ คือ 50 ครั้งไปทดลองด้วยขนาดโครงข่ายต่าง ๆ ให้ผลดังนี้

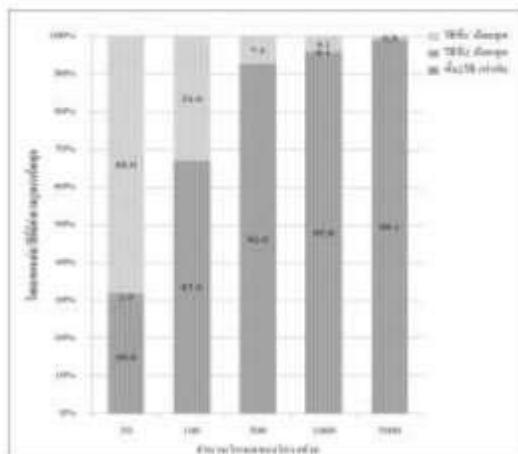


รูปที่ 5 กราฟเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

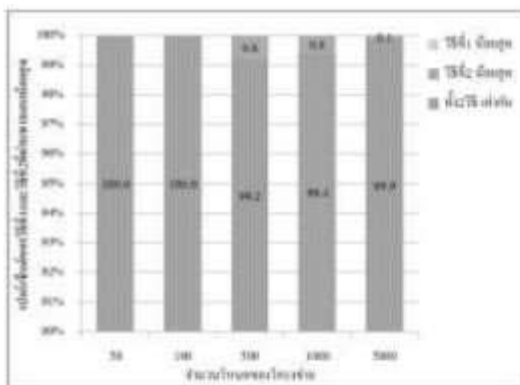


รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากนั้นได้เพิ่มค่าความรุนแรงของทางแยก และทดสอบด้วยโครงข่ายเดิม ให้ผลดังกราฟ

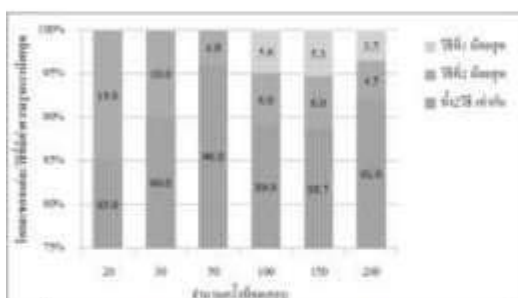


รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

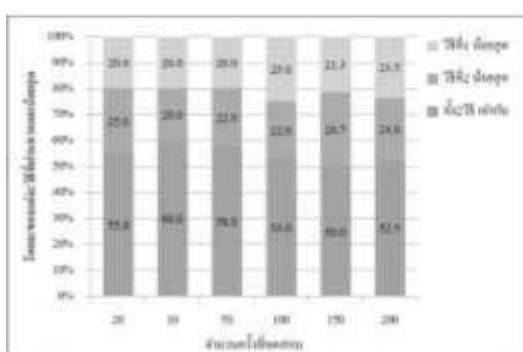


รูปที่ 8 กราฟเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2 โดยพิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก

จากนั้นทดลองด้วยข้อมูลอุบัติเหตุของ Songkhla Computerized Common Accident Database Entry ปี พ.ศ. 2550 ซึ่งข้อมูลดังกล่าว ไม่มีค่าความรุนแรงของทางแยก โครงข่ายขนาด 24,542 โหนด ให้ผลดังนี้



รูปที่ 9 กราฟแสดงการเปรียบเทียบค่าความรุนแรงระหว่างวิธีที่ 1 และ 2



รูปที่ 10 กราฟแสดงการเปรียบเทียบทางแยกที่ผ่านระหว่างวิธีที่ 1 และ 2

จากรูปที่ 4 ถึง รูปที่ 10 จะเห็นได้ว่าเมื่อทดลองด้วยโครงข่ายรูปสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกัน พบว่าวิธีที่ 1 ให้ค่าความรุนแรงของอุบัติเหตุที่ต่ำกว่า (ค่าน้อยที่สุด) ส่วนวิธีที่ 2 จะผ่านทางแยกน้อยกว่า และเมื่อทดลองด้วยข้อมูลอุบัติเหตุของ Songkhla

Computerized Common Accident Database Entry ปี พ.ศ. 2550 พบว่าวิธีที่ 2 ให้ค่าความรุนแรงของอุบัติเหตุที่ต่ำกว่า (ค่าน้อยที่สุด) และผ่านทางแยกที่น้อยกว่าวิธีที่ 1 อาจเป็นเพราะโครงข่ายมีความซับซ้อน จึงให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกับโครงข่ายรูปสามเหลี่ยมที่เชื่อมต่อกัน ซึ่งเป็นค่าที่สังเคราะห์ขึ้น

5. สรุปผลการวิจัย

จากการเปรียบเทียบระหว่าง 2 อัลกอริทึม เมื่อการทดสอบด้วยโครงข่ายขนาด 6 โหนด โดยไม่พิจารณาค่าดัชนีความรุนแรงของทางแยก พบว่าอัลกอริทึมที่ปรับปรุงใหม่ทั้งสองให้ผลลัพธ์ไม่ต่างกันนัก แต่เมื่อโครงข่ายที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ทั้ง 2 วิธีให้ผลลัพธ์ที่ต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของโครงข่าย

เอกสารอ้างอิง

- [1] ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศกลาง สำนักงานตำรวจแห่งชาติ : ข้อมูลสถิติตารางแสดงอุบัติเหตุจราจร ปี 2551 - 2553. <http://www.roadssafetydisaster.go.th/>. [Available online December, 2010]
- [2] กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย : ข้อมูลสรุปสถิติอุบัติเหตุจราจร ม.ศ.-ส.ศ. ปี 50-52. <http://www.thaihealth.or.th/node/11683>. [Available online January, 2011]
- [3] Singapore Police Force : Road Traffic Situation. http://www.spf.gov.sg/stats/traf2007_overview.htm. [Available online December, 2010]
- [4] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี : รายชื่อประเทศเรียงตามจำนวนประชากร. <http://th.wikipedia.org/wiki/รายชื่อประเทศเรียงตามจำนวนประชากร>. [Available online December, 2010]
- [5] NYS DMV AIS : Motor Vehicle Accidents. <http://www.nydmv.state.ny.us/stats-arc.htm> [Available online December, 2010]
- [6] ชนิดา มังคะจิตร, 2544. การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการพัฒนาฐานข้อมูลอุบัติเหตุจราจร : กรณีศึกษา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [7] Ji-Xian Xiao, Fang-Ling Lu. An improvement of the shortest path algorithm based on Dijkstra algorithm, Computer and Automation Engineering (ICCAE), 2010 The 2nd International Conference on, vol.2, no.26-28 Feb. 2010:383-385.
- [8] S. Panahi, M.R. Delavar. 2008. A GIS-based Dynamic Shortest Path Determination in Emergency Vehicles, World Applied Sciences Journal 3 (Supple 1): 88-94.
- [9] Yin Chao, Wang Hongxia, Developed Dijkstra shortest path search algorithm and simulation, Computer Design and Applications (ICDDA), 2010 International Conference on , vol.1, no.25-27 June 2010:116-119.

- [10] Yi Hu, Zhiying Chang, Liying Sun, Yi Wang, Analysis of the Shortest Repaired Path of Distribution Network Based on Dijkstra Algorithm, *Iceet*, vol. 2, 2009 International Conference on Energy and Environment Technology, 2009:73-76.
- [11] Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein, *Introduction to Algorithms*, Second Edition, The MIT Press, 2001.
- [12] สมพล สูงทองจรรยา. 2543. การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยบันทึกและวิเคราะห์ข้อมูลอุบัติเหตุจากรถยนต์บนท้องถนนในภูมิภาค : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
- [13] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี : Dijkstra 's algorithm. http://en.wikipedia.org/wiki/Dijkstra's_algorithm. [Available online December, 2010]

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวทิตาวัลย์ สุวรรณพฤษ

รหัสประจำตัวนักศึกษา 5110121027

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาการคอมพิวเตอร์)	มหาวิทยาลัยทักษิณ	2551

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

นักวิชาการคอมพิวเตอร์ ศูนย์คอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ทิตาวัลย์ สุวรรณพฤษ และศักดิ์ชัย ปรีชาวีรกุล. 2554. “การเลือกเส้นทางปลอดภัยที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการวางแผนการเดินทาง” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 9. PEC - 9, 2 - 3 พฤษภาคม 2554, ภูเก็ต, ประเทศไทย.