จินตทัศน์ศึกษาสำหรับระบบจัดการจราจร iTraffic

A Visualization Study of iTraffic

ชุติมณฑน์ รักนะ

Chutimon Rakna

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Degree of Master of Science in Information Technology

Prince of Songkla University

2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ จินตทัศน์ศึกษาสำหรับระบบจัดการจราจร iTraffic
ผู้เขียน นางสาวชุติมณฑน์ รักนะ
สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

.....
(ดร. วรวิกา วัฒนสุนทร)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร. อซีส นันทอมรพงศ์)

.....กรรมการ
(ดร. ชุติมา เบี้ยวไข่มุข)

.....กรรมการ
(ดร. วรวิกา วัฒนสุนทร)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

.....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ .....
(ดร. วรวิกา วัฒนสุนทร)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ .....
(นางสาวชุติมณฑน์ รักนะ)
นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ.....

(นางสาวชุติมณฑน์ รักนะ)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ จินตทัศน์ศึกษาสำหรับระบบจัดการจราจร iTraffic
ผู้เขียน นางสาวชุติมณฑน์ รักนะ
สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

จากจำนวนยานพาหนะที่เพิ่มขึ้นในจังหวัดภูเก็ต ส่งผลให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด ซึ่งในปัจจุบันมีวิธีการจัดการจราจรหลายรูปแบบ โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาด้วยการจัดการซึ่งแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การใช้เจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร และการใช้เทคโนโลยีในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร เช่น เซ็นเซอร์ กล้องวงจรปิดความเร็วสูง และข้อมูลพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS) งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งในการสร้างระบบ iTraffic ซึ่งมุ่งเน้นเฉพาะส่วนของการสร้างจินตทัศน์ (Visualization) สำหรับหน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface, GUI) เพื่อใช้ในการระบุปริมาณยานพาหนะของระบบแบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยตัวเอง (Manually traffic control) และในการวิจัยนี้ไม่สามารถลงปฏิบัติในพื้นที่จริงได้ เนื่องจากมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูง ผู้วิจัยจึงทำการสร้างระบบจำลองเพื่อใช้แทนการทดสอบในพื้นที่จริง โดยการประเมินผลแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ประเมินการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User Interface, UI) และประเมินความพึงพอใจของการใช้งานระบบ iTraffic โดยผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ iTraffic จากตำรวจจราจร สภ.อ. เมืองภูเก็ต จำนวน 30 คน พบว่ามีความพึงพอใจของการใช้ระบบโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งในการประเมินผลแบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ ความยากง่ายในการใช้งาน (Ease of use) คำศัพท์และระบบ (Terminology and system information) ความพึงพอใจส่วนตัว (Subjective satisfaction) การเรียนรู้ (Learning) และความสามารถของระบบ (System capabilities) ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ทุกด้านอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด และผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่าการแสดงความหนาแน่นของการจราจรในลักษณะของ Mini map มีส่วนช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร

คำสำคัญ : แบบจำลองการจราจร, จินตทัศน์ศึกษา และการควบคุมสัญญาณไฟจราจร

Thesis Title A Visualization Study of iTraffic
Author Miss Chutimon Rakna
Major Program Information Technology
Academic Year 2016

ABSTRACT

The number of vehicles in Phuket is increasing, resulting in traffic congestion. In order to manage the traffic, not only the traditional resources such as police and traffic light will be used but also many technologies are defined and studied including the sensor, high speed camera and global positioning system (GPS). This research focuses on the visualization of car positioning graphic transformation, using GPS concept, proposed in the form of graphic user interface (GUI) of a traffic management system, called iTraffic. iTraffic has been created since the experiment cannot be proceeded in the real situation as well as to approve that the concept of indicating car positioning information by graphic visualization can support the traffic control decision for the purpose of traffic congestion decreasing. The evaluation was assessed by 30 police officers at a police station in Phuket town, regarding with observations, interviews and questionnaires. The results, including ease of use, terminology and system information, satisfaction, learning and system capabilities, show that user satisfaction is in the positive level. The visualization which represents the density of traffic, called Mini map, is defined as well supported information for the traffic management decision.

Keyword: Traffic simulation, Visualization, Traffic light control

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร. วรวิกา วัฒนสุนทร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ให้โอกาสทางการศึกษา เมตตาให้การอบรมสั่งสอน ชี้แนะแนวทาง ช่วยแก้ไขปัญหาให้กำลังใจ ตลอดจนให้คำแนะนำในการเขียน ตรวจทาน และแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. อชีส นันทอมรพงศ์ และดร. ชุติมา เบี้ยวไข่มุข ที่ได้ให้ความกรุณาในการแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของงานวิจัย รวมทั้งสละเวลามาเป็นประธานและกรรมการในการสอบครั้งนี้ รวมไปถึงขอขอบคุณคณะผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ และตำรวจจราจรจากสถานีตำรวจภูธรเมืองภูเก็ต ที่ได้เสียสละเวลาในการตอบแบบสอบถามเพื่อเป็นข้อมูลในการศึกษา

ขอขอบพระคุณคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต และบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนเงินทุนในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่งานบัณฑิตศึกษา นางสาวฐิติมา วศินพัฒนวิศิษฏ์ (พี่ชมพู่) และเจ้าหน้าที่งานวิจัยและพัฒนานักศึกษา นางสาววรนุช ญาณศักดิ์ (พี่นุ้ย) ที่คอยให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางและให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์ รวมไปถึงขอขอบคุณนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศทุกท่านที่มีส่วนช่วยในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เสร็จสมบูรณ์

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดามารดา ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่ง ตลอดจนครูบาอาจารย์ที่เคารพทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ผู้วิจัยตลอดมา จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจ หากการศึกษาครั้งนี้ขาดตกบกพร่อง หรือไม่สมบูรณ์ประการใด ผู้วิจัยกราบขออภัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ชุติมณฑน์ รักนะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(4)
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(6)
สารบัญ	(7)
สารบัญตาราง	(10)
สารบัญภาพประกอบ	(11)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	5
1.3 ความสำคัญ และประโยชน์ของการวิจัย	6
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	6
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 การจราจร	7
2.1.1 วิธีการจัดการจราจรในปัจจุบัน	7
2.1.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของกระแสจราจร	10
2.1.3 ระดับการให้บริการ	11
2.1.4 เทคโนโลยีกับการจราจร	12
2.2 การจำลองสถานการณ์	21
2.2.1 ความเป็นมาและความหมายของการจำลองสถานการณ์	21
2.2.2 ประเภทของแบบจำลองสถานการณ์	24
2.2.3 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลองสถานการณ์กับระบบงานจริง	25
2.2.4 ขั้นตอนการศึกษาโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์	25
2.3 จินตทัศน์	27
2.3.1 ความหมายและคำจำกัดความของจินตทัศน์	27
2.3.2 ความสำคัญของการสร้างจินตทัศน์	28
2.3.3 แบบจำลองกระบวนการสร้างจินตทัศน์	29
2.3.5 ลำดับเส้นทางของการสร้างจินตทัศน์	30
2.3.6 กระบวนการสร้างจินตทัศน์	31

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.7 เทคนิคการสร้างจินตทัศน์	32
2.3.8 งานวิจัยที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน	33
2.4 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้	35
2.4.1 หลักการในการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้	35
2.4.2 กฎ 8 ข้อ สำหรับการออกแบบหน้าจอ	36
2.4.3 Human-Computer Interaction	37
2.4.4 องค์ประกอบศิลป์ในการสร้างจินตทัศน์	39
2.5 การประเมินผลและสถิติที่เกี่ยวข้อง	43
2.5.1 การประเมินผล	43
2.5.2 การหาคุณภาพของแบบสอบถาม	44
2.5.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	45
บทที่ 3 iTraffic	47
3.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ	50
3.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล	51
3.1.2 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ iTraffic	55
3.1.3 ออกแบบกรอบการทำงานของระบบ	59
3.2 การสร้างระบบ	60
3.2.1 การออกแบบจินตทัศน์ของระบบ iTraffic	60
3.2.2 การประเมินผลการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้	65
3.2.3 พัฒนาระบบ iTraffic	74
3.2.4 แผนผังการทำงานของระบบ iTraffic	79
3.3 ข้อจำกัดของระบบ	82
บทที่ 4 ระเบียบวิธีการวิจัย	83
4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	83
4.2 เครื่องมือในการวิจัย	84
4.3 ขั้นตอนการประเมินระบบ	85
4.4 การประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถาม	87

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 ผลการวิจัย	91
5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง	92
5.2 การวิเคราะห์ผลคะแนนการทดสอบใช้งานระบบ iTraffic	94
5.3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของระบบ iTraffic	102
5.3.1 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของระบบ iTraffic ด้วยแบบสอบถาม	102
5.3.2 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของระบบ iTraffic ด้วยแบบสัมภาษณ์	106
บทที่ 6 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	118
6.1 สรุปผลการวิจัย	118
6.2 อภิปรายผลการวิจัย	121
6.3 ภัยคุกคามต่อความถูกต้อง	124
6.4 ข้อเสนอแนะ	126
เอกสารอ้างอิง	127
ภาคผนวก	135
ประวัติผู้เขียน	148

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 มาตรฐานปริมาณจราจรอิ่มตัวตามความกว้างของถนน	9
ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบโปรแกรมจำลองการจราจร	16
ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้รถใช้ถนน	20
ตารางที่ 3.1 ผลการประเมินการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้จากผู้เชี่ยวชาญ	68
ตารางที่ 3.2 การประเมินผลหน้าจอแสดงผลหลังการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ	70
ตารางที่ 5.1 สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	91
ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง	93
ตารางที่ 5.3 สมมติฐานในการทดลอง	94
ตารางที่ 5.4 ผลคะแนนในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และไม่มี Mini map	95
ตารางที่ 5.5 ค่าสถิติพื้นฐานเบื้องต้น	96
ตารางที่ 5.6 ค่าสถิติสำหรับใช้ในการทดสอบค่าเฉลี่ย	96
ตารางที่ 5.7 ผลคะแนนในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map	98
ตารางที่ 5.8 ประสบการณ์ในการทำงานของกลุ่มตัวอย่างและผลคะแนนเฉลี่ย	99
ตารางที่ 5.9 ค่าสถิติพื้นฐานเบื้องต้น	100
ตารางที่ 5.10 สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน	101
ตารางที่ 5.11 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้	103
ตารางที่ 5.12 การแจกแจงแต่ละด้านของการประเมินความพึงพอใจ	105
ตารางที่ 5.13 สรุปผลการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง	106
ตารางที่ 5.14 การวิเคราะห์คำหลักเพื่อจัดกลุ่มคำ	108

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

รูปที่ 1.1 จำนวนพาหนะที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 - 2556 ในจังหวัดภูเก็ต 2
รูปที่ 2.1 ความแตกต่างของระดับการให้บริการจากระดับ A ถึง F 12
รูปที่ 2.2 ภาพตัวอย่างหน้าจอแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้รถใช้ถนน 19
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการจำลองสถานการณ์ในด้านต่าง ๆ 22
รูปที่ 2.4 กระบวนการตรวจสอบและควบคุมการจำลองระบบให้ตอบสนองตรงตามวัตถุประสงค์ 27
รูปที่ 2.5 แบบจำลองกระบวนการสร้างจินตทัศน์ 29
รูปที่ 2.6 ลำดับเส้นทางของการสร้างจินตทัศน์ 31
รูปที่ 2.7 กระบวนการสร้างจินตทัศน์ 32
รูปที่ 2.8 แบบจำลอง Human-Computer Interaction 37
รูปที่ 3.1 แนวคิดของระบบ iTraffic 47
รูปที่ 3.2 แนวคิดของการจำลองระบบ iTraffic 48
รูปที่ 3.3 หน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานระบบ 49
รูปที่ 3.4 หน้าจอแสดงผลสรุปการควบคุมสัญญาณไฟจราจร 50
รูปที่ 3.5 ภาพถ่ายบริเวณสี่แยกสตรีภูเก็ต 51
รูปที่ 3.6 ภาพบริเวณพื้นที่ศึกษาจากโปรแกรมแผนที่ของ Google (Google maps) 52
รูปที่ 3.7 ตู้อุปกรณ์ควบคุมจราจรจำนวนและรีโมทควบคุมสัญญาณไฟจราจร 52
รูปที่ 3.8 การทำงานของปุ่มที่หนึ่งบนตู้ควบคุมจราจรสัญญาณไฟจราจร 53
รูปที่ 3.9 การทำงานของปุ่มที่สองบนตู้ควบคุมจราจรสัญญาณไฟจราจร 53
รูปที่ 3.10 การทำงานของปุ่มที่สามบนตู้ควบคุมจราจรสัญญาณไฟจราจร 54
รูปที่ 3.11 การทำงานของปุ่มที่สี่บนตู้ควบคุมจราจรสัญญาณไฟจราจร 54
รูปที่ 3.12 การเปลี่ยนเฟสของสัญญาณไฟจราจร 55
รูปที่ 3.13 กรอบแนวคิดการทำงานของระบบ iTraffic แบบไม่อัตโนมัติ 58
รูปที่ 3.14 แบบจำลองกระบวนการสร้างจินตทัศน์ 60
รูปที่ 3.15 การออกแบบ Mini map ในรูปแบบต่าง ๆ 63
รูปที่ 3.16 ปุ่มเพิ่มระดับความเร็ว 64
รูปที่ 3.17 หน้าจอส่วนติดต่อส่วนติดต่อกับผู้ใช้ก่อนการประเมิน 65
รูปที่ 3.18 แผนภาพ (Activity diagram) แสดงขั้นตอนการประเมินระบบ iTraffic โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ (Heuristic evaluation) 67

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.19 ผลการประเมินตามรายการประเมินจากตารางที่ 3.3 69
รูปที่ 3.20 Mini map ก่อนการแก้ไขและปรับปรุง 71
รูปที่ 3.21 หน้ารายงานผลก่อนการแก้ไขและปรับปรุง 72
รูปที่ 3.22 ปุ่มเริ่มต้นการใช้งานก่อนการแก้ไขและปรับปรุง 73
รูปที่ 3.23 กระบวนการสร้างแบบจำลองสามมิติโดยใช้แกน 2 มิติ (แกน U และ V) 74
รูปที่ 3.24 การใส่พื้นผิว (Texture) ให้กับโมเดล 75
รูปที่ 3.25 ตัวอย่างโมเดลที่เสร็จสมบูรณ์ 75
รูปที่ 3.26 กระบวนการสร้างแบบจำลองสามมิติโดยใช้แกน 2 มิติ (แกน U และ V) 76
รูปที่ 3.27 ภาพบิตแมพแบบสองมิติ (2D Bitmap Images) 76
รูปที่ 3.28 ตัวอย่างการปิดทางผ่านของยานพาหนะ 77
รูปที่ 3.29 ตัวอย่างการปิดทางผ่านของยานพาหนะ 78
รูปที่ 3.30 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบ iTraffic 81
รูปที่ 4.1 แผนภาพ (Activity diagram) แสดงขั้นตอนการประเมินระบบ iTraffic 85
รูปที่ 4.2 ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบ iTraffic จากตำรวจจราจร 89
รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และแบบไม่มี Mini map 97
รูปที่ 5.2 กราฟ Boxplots เปรียบเทียบการใช้งานระบบ iTraffic ที่มีการวัดซ้ำ 98
รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยและประสบการณ์ในการทำงานของกลุ่มตัวอย่าง 101
รูปที่ 5.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ iTraffic 104
รูปที่ 5.5 กราฟสรุปผลการประเมินความพึงใจ 106

บทที่ 1

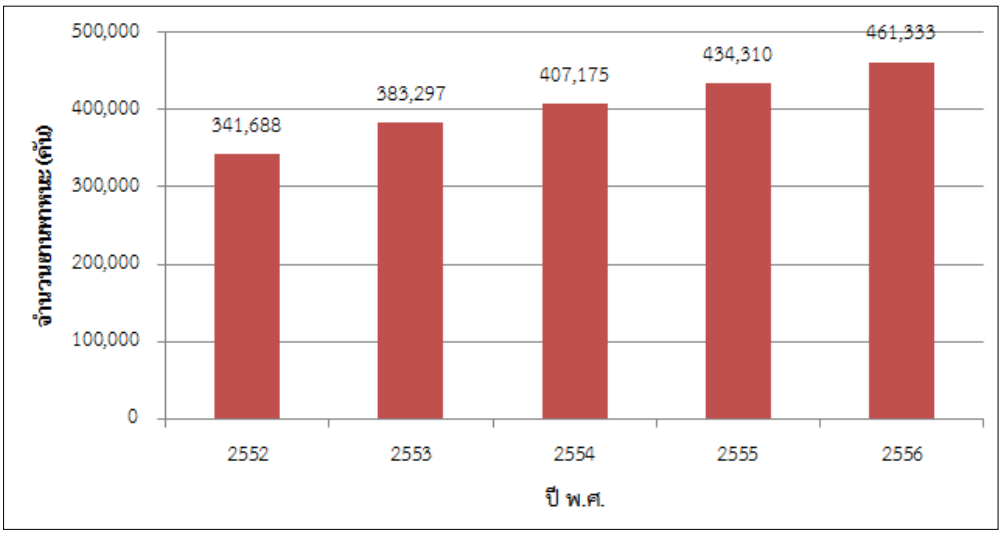
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของการวิจัย

ปัญหาจราจรถือเป็นปัญหาหนึ่งที่ส่งผลกระทบถึงคุณภาพชีวิตของคนทุกเพศ ทุกวัย ทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งหมายรวมถึงปัญหาทางด้านสุขภาพ คือ สุขภาพทางกาย และสุขภาพทางจิต ซึ่งอาจร้ายแรงจนก่อให้เกิดการบาดเจ็บและสูญเสียชีวิตอีกด้วย (อ้างอิงจากเว็บ www.who.int, 23 ตุลาคม 2558) ข้อมูลจากสถาบันวิจัยด้านการคมนาคมมหาวิทยาลัยมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา ร่วมกับองค์การอนามัยโลกระบุว่าสถิติการเสียชีวิตจากอุบัติเหตุบนท้องถนนทั่วโลกมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 18 คน ต่อประชากร 100,000 คนต่อปี สำหรับประเทศไทยมีผู้เสียชีวิตจากอุบัติเหตุเป็นอันดับสองของโลก รองจากประเทศนามิเบีย โดยประเทศไทยอยู่ในกลุ่มที่มีสถิติการเสียชีวิตมากกว่าค่าเฉลี่ยระดับโลกเกินสองเท่า นั่นคือ 44 คนต่อประชากร 100,000 คนต่อปี (Sivak and Schoettle, 2014) ปัจจัยที่ก่อให้เกิดปัญหาจราจรมักจะแตกต่างกันตามสภาวะแวดล้อม ได้แก่ ปัจจัยด้านกายภาพ ด้านเศรษฐกิจและสังคม และด้านเทคโนโลยี (Huth, *et al.*, 2015) แนวทางการแก้ไขปัญหาจราจรมักจะให้ความสำคัญที่ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปัญหาด้านกายภาพ (อ้างอิงจากเว็บ www.who.int, 23 ตุลาคม 2558) ซึ่งหมายรวมถึงสภาพถนนที่เป็นคอขวด สภาพอากาศ การก่อสร้างหรือซ่อมถนน การจัดการระบบจราจร การกำหนดสัญญาณไฟจราจร และการจัดงานหรือกิจกรรมต่าง ๆ ในด้านเศรษฐกิจ และสังคม ตัวอย่างเช่น ความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้มีอัตราการเพิ่มขึ้นของยานพาหนะเกินกว่าที่ถนนจะรองรับได้ เป็นต้น

จังหวัดภูเก็ตในฐานะที่เป็นพื้นที่วิจัยถือเป็นศูนย์กลางการท่องเที่ยวทางทะเลระดับโลก เนื่องจากมีความโดดเด่นด้านภูมิประเทศที่เป็นชายหาดชายฝั่งทะเลอันดามัน ในแต่ละปีจึงมีนักท่องเที่ยวเดินทางมาพักผ่อน และร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ปีละกว่าสิบล้านคน ดังนั้นจังหวัดภูเก็ตจึงเป็นจังหวัดที่สร้างรายได้สูงที่สุดในภาคใต้ โดยทำรายได้สูงถึง 259,290.50 ล้านบาท ในปี พ.ศ. 2557 (สำนักงานสถิติจังหวัดภูเก็ต, 2558 และองค์การบริหารส่วนจังหวัดภูเก็ต, 2558) และเพื่อรักษาปริมาณนักท่องเที่ยวไว้ จำเป็นต้องมีการสนับสนุนให้ภูเก็ตมีมาตรฐานด้านการบริการ และธุรกิจที่เกี่ยวกับการท่องเที่ยวที่มีประสิทธิภาพ สิ่งที่จะต้องควบคุมและพัฒนามีหลายบริบท และหลายระดับ รวมไปถึงการ

ส่งเสริม และพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานในด้านต่าง ๆ ซึ่งการเชื่อมโยงเครือข่ายด้านโครงสร้างพื้นฐานให้กระจายทั่วทั้งจังหวัด รวมถึงการพัฒนาระบบขนส่งมวลชนเพื่อรองรับการคมนาคมทั้งสำหรับประชาชนในพื้นที่ นักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ เป็นต้น (สำนักงานจังหวัดภูเก็ต, 2558) จากอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของยานพาหนะทุกประเภทในจังหวัดภูเก็ตตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 จนถึงปี พ.ศ. 2543 คิดเป็นร้อยละ 29 และจากปี พ.ศ. 2543 จนถึงปี พ.ศ. 2551 คิดเป็นร้อยละ 37 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนประชากรทั้งจังหวัดแล้ว พบว่าในปี พ.ศ. 2551 นั้น ยานพาหนะมีจำนวน 722,842 คัน ซึ่งมีมากกว่าจำนวนประชากรซึ่งมีจำนวน 369,522 คน ถึง 1.96 เท่า (สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ, 2558) ทั้งนี้ยังมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แสดงดังรูปที่ 1.1 ซึ่งเป็นการแสดงจำนวนยานพาหนะทุกประเภทที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 จนถึงปี พ.ศ. 2556 โดยเพิ่มมากขึ้นถึง 1.35 เท่า ทั้งนี้จำนวนยานพาหนะที่แสดงในกราฟยังไม่รวมจำนวนยานพาหนะจากนอกพื้นที่ที่เข้ามาในจังหวัดภูเก็ต และจังหวัดภูเก็ตยังมีเส้นทางที่รถจะสามารถเข้า - ออกจากจังหวัดได้เพียงเส้นทางเดียว คือ ทางหลวงหมายเลข 402 บริเวณสะพานเทพกระษัตรี ซึ่งมีจำนวนยานพาหนะเข้าออกประมาณ 25,000 คันต่อวัน (สำนักงานจังหวัดภูเก็ต, 2558)



รูปที่ 1.1 จำนวนพาหนะที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 จนถึงปี พ.ศ. 2556 ในจังหวัดภูเก็ต (สำนักงานสถิติจังหวัดภูเก็ต, 2558)

ในด้านการจัดการจราจร (Traffic management) จากสถาบันตำรวจแห่งชาติได้ระบุว่ามีวิธีที่ถือปฏิบัติอยู่ 4 วิธี ได้แก่ 1) การจัดการจราจรในภาพรวม หมายถึง การจัดการจราจรโดยคำนึงถึงประโยชน์ในภาพรวม ซึ่งจะให้ความสำคัญกับโครงข่าย (Network) เป็นอันดับแรก ตามมาด้วย เส้นทาง (Route) ถนน (Link) ทางแยก (Intersection) ตามลำดับ ตัวอย่างของการจัดการ

จราจรในภาพรวม ได้แก่ การจัดการจราจรเป็นเส้นทาง และการจัดการจราจรเป็นโครงข่าย 2) การจัดการจราจรรายกรณี หมายถึง การจัดการจราจรโดยตำรวจหรือผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องสำหรับเหตุการณ์ที่เป็นกรณีพิเศษหรือเหตุการณ์ที่มีความสำคัญ เช่น กรณีมีขบวนเสด็จ ฯ เกิดเหตุเพลิงไหม้ และการแข่งขันกีฬา 3) การจัดการจราจรเชิงรุก เป็นการป้องกันการเกิดปัญหามากกว่าการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น การสร้างระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อเก็บข้อมูลในการทำงานและนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจราจรในพื้นที่ หรือการจัดการปริมาณการจราจร ให้มีจำนวนยานพาหนะเหมาะสมกับพื้นที่ถนน เช่น จัดให้มีการใช้รถส่วนรวมเพื่อขนถ่ายคนไปร่วมงานพิธีสำคัญ แทนที่จะอนุญาตให้รถยนต์ส่วนบุคคลเข้าไปจอดรถบริเวณใกล้ ๆ พิธี และ 4) การจัดการจราจรในปัจจุบัน ซึ่งมีวิธีการจัดการจราจรหลายรูปแบบ ทั้งการออกกฎหมายเพื่อควบคุม การใช้เจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร และการใช้เทคโนโลยี (ระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรตามแยก) (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2558) โดยในส่วนของใช้การระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรตามแยกนั้น แบ่งเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) ใช้ระบบสั่งการอัตโนมัติ โดยกำหนดค่าเวลาที่เหมาะสมในการปล่อยรถจากแยก และ 2) การควบคุมด้วยเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร ซึ่งจะออกปฏิบัติการควบคุมสัญญาณไฟในช่วงเวลาพิเศษ อาทิ ช่วงเวลาที่มียานพาหนะหนาแน่นในช่วงเวลาเร่งด่วน (เช้าและเย็น) ซึ่งจะต้องอาศัยประสบการณ์ และความชำนาญพื้นที่ในการคาดการณ์จำนวน และทิศทางการไหลของยานพาหนะ เพื่อที่จะกำหนดระยะเวลาการให้สัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสม โดยไม่มีข้อมูลอื่นมาสนับสนุนการตัดสินใจ

ในเชิงการนำเทคโนโลยีเข้าไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาด้านการจราจรนั้น ในปัจจุบันมีการนำใช้ระบบ Sensor และ กล้องวงจรปิด (Closed-circuit television, CCTV) เข้ามาช่วยในการแก้ไขปัญหาจราจรในบางประเทศ เช่น การจัดการจราจรในประเทศอังกฤษนั้น ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ และ Missile defense alarm system (MIDAS) sensor ควบคู่ไปกับการใช้ CCTV ตรวจสอบ และควบคุมการไหลของจราจรเพื่อสลับสัญญาณการกำหนดอัตราความเร็ว (Speed limit) ซึ่งติดตั้งไว้บนป้ายบอกทาง (Kurzhanskiy and Pravin, 2010 และอ้างอิงจากเว็บ http://www.roadtraffic-technology.com/projects/m42, 27 ตุลาคม 2558) นอกจากนี้ยังมีการวิจัยเพื่อนำระบบเครือข่ายสื่อสารยานยนต์เฉพาะกิจ (Vehicular Ad hoc NETwork) หรือที่เรียกว่า VANET เป็นเครือข่ายที่ใช้สื่อสารกันระหว่างยานพาหนะที่วิ่งอยู่บนท้องถนน โดยมีสถานีรับส่งสัญญาณอยู่ข้างทาง ทำให้เกิดการส่งข้อมูลหากันได้ ซึ่ง VANET มีประโยชน์หลายประการ ยกตัวอย่างเช่น การแจ้งเตือนให้รถคันข้างหลังชะลอความเร็วหากข้างหน้าเกิดอุบัติเหตุ และยังสามารถใช้ข้อมูลของสภาพจราจรมาวิเคราะห์ปัญหาจราจรได้อีกด้วย (Chouhan, *et al*., 2016) อีกหนึ่งเทคโนโลยีที่มีความน่าสนใจในการนำมาประยุกต์เพื่อแก้ไขปัญหาจราจร คือ ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (Global Positioning System, GPS) โดยการทำงานของระบบ GPS จะทำการรับสัญญาณจากดาวเทียมที่โคจรอยู่รอบโลกและคำนวณความถี่ของสัญญาณนาฬิกา ซึ่งสามารถบอกตำแหน่งที่มีการรับสัญญาณได้ ในปัจจุบันมีการนำระบบ GPS มาประยุกต์ใช้กับระบบต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น นำมาประยุกต์ใช้กับระบบนำทางทำให้สามารถ

คำนวณระยะทาง หรือหาตำแหน่งติดตามยานพาหนะ และยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมแผนที่เพื่อคำนวณหาความเร็วของยานพาหนะได้อีกด้วย (Hofmann, *et al*., 2012) ในเชิงงานวิจัยแนวทางการแก้ไขปัญหาด้านการจราจรจะเน้นไปทางด้านศาสตร์ของวิศวกรรมโยธา เช่น การทำแบบจำลองการจราจรเพื่อรวบรวมปัญหา และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความล่าช้าในการเคลื่อนตัวของยานพาหนะ การนำข้อมูลมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการจราจร โดยใช้แบบจำลองเป็นตัวเปรียบเทียบความล่าช้า ความเร็ว และระยะเวลาในการเดินทาง (ธวัชชัย ปัญญาคิด, 2558) และการวัดระยะความยาวของยานพาหนะที่จอดรอสัญญาณไฟจราจรบริเวณสี่แยก (ชัชชัย วงศ์สุภาพ, 2548) เป็นต้น

ผลผลิตจากงานวิจัยดังกล่าวมักจะอยู่ในรูปแบบของแบบจำลอง และสมการทางคณิตศาสตร์ที่ยังไม่มีโอกาสได้ทดลองปฏิบัติในพื้นที่จริงเนื่องจากข้อจำกัดด้านต่าง ๆ เช่น การจำลองการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรแบบมิเตอร์ริง และการติดตั้งขดลวดตรวจจับภายใต้ผิวจราจรในเส้นทางบริเวณวงเวียนอนุสาวรีย์ประชาธิปไตย (นิวัฒน์ สุรโชติเกรียงไกร และอำพล การุณสุนทวงษ์, 2558) นอกเหนือจากข้อจำกัดด้านงบประมาณแล้ว กระบวนการวิจัยทำให้ไม่สามารถวิจัยในพื้นที่จริงได้หากไม่ได้รับอนุญาต แต่ด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าขึ้นมากในปัจจุบัน การนำ Computer simulation เข้ามาประยุกต์ใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรต่าง ๆ มีความเป็นไปได้สูงที่ช่วยลดงบประมาณน้อยกว่าการทดลองในสภาวะจริง และสถานที่จริง (Badler, *et al*., 2011 และKelton, *et al*., 2010) อีกทั้งยังสามารถจัดการกับผลลัพธ์ต่าง ๆ ได้ด้วยหลักการทางสถิติทำให้การบริหารจัดการงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นที่มาของแนวคิดในการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยนำเสนอในรูปแบบของการสร้างจินตทัศน์ หรือ Visualization หมายถึง การสร้างภาพในจินตนาการเพื่อใช้เป็นสื่อกลางในการเสนอข้อมูลในรูปแบบรูปภาพ แผนผัง หรือ ภาพเคลื่อนไหว โดยสามารถจำลองข้อมูลจากเหตุการณ์จริง เหตุการณ์ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ หรือเหตุการณ์ที่คาดว่ากำลังจะเกิดขึ้นเพื่อใช้ในการทำวิจัย ซึ่งการนำเสนอข้อมูลแบบจินตทัศน์จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้การใช้งานและทำความเข้าใจข้อมูลได้ง่ายขึ้น

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแนวคิดในการสร้างระบบ iTraffic หรือ Intelligent Traffic Management System เป็นระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรมีแนวคิดในการนำข้อมูล GPS (Satellite based data) ผนวกกับข้อมูลอื่น ๆ เช่น กล้องตรวจจับความเร็ว และเซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดปริมาณการจราจร เพื่อเพิ่มความแม่นยำของข้อมูล สำหรับประยุกต์ใช้ในการประกอบการตัดสินใจสำหรับควบคุมสัญญาณไฟจราจรทั้งแบบควบคุมด้วยตัวเอง (Manually traffic control) และการควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatically traffic control) ซึ่งงานวิจัยนี้มุ่งเน้นเฉพาะส่วนของการสร้างจินตทัศน์ (Visualization) สำหรับหน้าจอ*ส่วน*ติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface, GUI) ของระบบแบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยตัวเอง (Manually traffic control) โดยกำหนดให้เป็นการวิจัยเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า “ถ้าหากมีเครื่องมือในการระบุปริมาณยานพาหนะ (Mini map) มาช่วย

สนับสนุนการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรของตำรวจจราจร จะทำให้ปัญหาการจราจรติดขัดน้อยลง” โดยเลือกพื้นที่จังหวัดภูเก็ตเป็นพื้นที่ในการทำวิจัย เนื่องจากมีแนวโน้มว่าจะเป็นจังหวัดที่มียานพาหนะติดขัดเป็นอย่างมากในอนาคตอันใกล้ โดยใช้การจำลองสถานการณ์ที่สมมติขึ้นในรูปแบบสามมิติ ซึ่งมีข้อดี คือ ช่วยประหยัดเวลา และงบประมาณที่ใช้ในการศึกษา และยังทำให้มองเห็นสภาพจราจร และปัญหาจราจรโดยรวมอย่างเป็นระบบ และสามารถคาดการณ์ได้ และเพื่อให้ผู้ใช้เห็นการจราจรที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ผู้วิจัยจึงทำการจำลองมุมมองบุคคลที่หนึ่ง (Frist person shooter) ซึ่งจะทำการจำลองโดยมุ่งเน้นไปที่ระบบจริง แต่เนื่องจากการทดสอบในสภาวะจริงมีอุปสรรคในหลายด้าน ยกตัวอย่างเช่น การฝึกควบคุมสัญญาณไฟจราจรของตำรวจจราจรที่เพิ่งเข้าใหม่อาจจะส่งผลกระทบต่อผู้ใช้รถใช้ถนน เนื่องจากอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุ จึงเป็นที่มาในการทำแบบจำลองเพื่อลดปัญหาอุบัติเหตุที่อาจจะเกิดขึ้น ช่วยลดงบประมาณ และยังสามารถเห็นภาพรวมของสภาพแวดล้อมการจราจรได้หลายมุมมอง ทำให้การบริหารจัดการงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อหาแนวทาง (ตัวชี้วัด) ในการนำเสนอจินตทัศน์สำหรับระบุปริมาณยานพาหนะที่เหมาะสมบนหน้าจออุปกรณ์ภายในระบบ

1.2.2 สร้างระบบจำลองสามมิติ (iTraffic) เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบและประเมินผลการออกแบบจินตทัศน์ (Visualization) ของระบบ

1.2.3 เพื่อประเมินผลความพึงพอใจที่มีต่อระบบ

1.3 ความสำคัญ และประโยชน์ของการวิจัย

1.3.1 แนวทาง (ตัวชี้วัด) ในการนำเสนอจินตทัศน์สำหรับระบุปริมาณยานพาหนะที่เหมาะสมบนหน้าจออุปกรณ์ภายในระบบ iTraffic สำหรับระบบอัตโนมัติ

1.3.2 เครื่องมือในการทดสอบระบบ iTraffic แบบควบคุมด้วยตนเอง

1.3.3 แนวทางในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User interface, UI)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 จัดทำแบบจำลองสามมิติ (3D simulation) จำลองเหตุการณ์จราจรบนสี่แยกเพื่อทดสอบสมมติฐาน

1.4.2 มุ่งเน้นที่การทำระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบไม่อัตโนมัติที่ควบคุม โดยเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรเท่านั้น (ไม่ครอบคลุมถึงการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติ)

1.4.3 จินตทัศน์ศึกษา (Visualization) จะเน้นไปที่แนวทางการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (User interface, UI) ของระบบ iTraffic

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 5 ส่วน ได้แก่ การจราจร การจำลองสถานการณ์ จินตทัศน์ การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ การประเมินผลและสถิติที่เกี่ยวข้อง ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ ดังนี้

2.1 การจราจร

ความหมายของการจราจร ตามบทบัญญัติแห่งพระราชบัญญัติการจราจรทางบก พ.ศ. 2522 มาตรา 4 ได้แก่ “การใช้ทางของผู้ขับขี่ คนเดินเท้า หรือคนที่จูง ขี่ หรือไล่ต้อนสัตว์” โดยปัญหาการจราจร หมายถึง “อุปสรรค ข้อขัดข้อง ที่ทำให้การจราจรติดขัดไม่บรรลุเป้าหมายของผู้ขับขี่ คนเดินเท้าหรือประชาชนทั่วไปในสังคม” ซึ่งส่วนใหญ่จะได้รับปัญหาจากผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อม (พลเทพ เลิศวรวนิช, 2553) โดยมีวิธีจัดการจราจรในปัจจุบัน ดังนี้

2.1.1 วิธีการจัดการจราจรในปัจจุบัน

การจัดการจราจรในปัจจุบันมีวิธีการจัดการจราจรหลายรูปแบบทั้งการออกกฎหมายเพื่อควบคุม การใช้เจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร และการใช้เทคโนโลยี (สัญญาณไฟจราจรตามแยกต่างๆ)

ตามข้อกำหนดกรมตำรวจเรื่อง สัญญาณไฟจราจร เครื่องหมายจราจร และความหมายของสัญญาณไฟจราจร ข้อ 3 เมื่อวันที่ 24 เมษายน 2522 พ.ร.บ. จราจรทางบก พ.ศ. 2522 “สัญญาณไฟจราจร หมายถึง โคมหรือสัญญาณไฟจราจรที่ใช้ควบคุมการจราจร มีขนาดและติดตั้งหรือทำให้ปรากฏไว้ในทาง ในลักษณะที่ทำให้ผู้ขับขี่หรือผู้ปฏิบัติตามสัญญาณมองเห็นได้ชัดเจน การติดตั้งโคมสัญญาณไฟจราจรต้องประกอบด้วยดวงโคมอย่างน้อยสามดวง โดยมีโคมสัญญาณไฟจราจรสีแดงอยู่ตอนบนหรือด้านขวาของผู้ขับขี่ โคมสัญญาณไฟจราจรสีเหลืองอยู่ตอนกลาง และโคมสัญญาณไฟจราจรสีเขียวอยู่ตอนล่างหรือด้านซ้ายมือของผู้ขับขี่ ในบางกรณีอาจมีโคมสัญญาณไฟ

จราจรลูกศรเขียวประกอบได้” โดยมีจุดประสงค์ในการติดตั้งสัญญาณไฟจราจรเพื่อช่วยลดปัญหาการจราจรติดขัด และทำให้การใช้รถใช้ถนนปลอดภัยมากยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางที่สำคัญอันหนึ่งที่ใช้ควบคุมการใช้รถใช้ถนนในโครงข่าย ซึ่งการควบคุมสัญญาณไฟจราจรสามารถแบ่งเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยระบบอัตโนมัติ และการควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร โดยสามารถอธิบายรายละเอียด ได้ดังนี้

2.1.1.1 การควบคุมสัญญาณไฟจราจรสามารถแบ่งได้ตามลักษณะของการกำหนดสัญญาณไฟจราจรในแต่ละช่วงได้ 3 รูปแบบ ดังนี้ (พลเทพ เลิศวรวนิช, 2553)

(1) การควบคุมแบบคงที่ (Fixed time) เป็นรูปแบบของสัญญาณไฟจราจรที่ได้กำหนดไว้แล้วจากการเก็บข้อมูล ซึ่งการควบคุมแบบคงที่จะไม่สามารถรองรับกับสภาพการจราจรที่มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงไปจากข้อมูลที่เก็บไว้ได้ ส่งผลให้การควบคุมแบบคงที่ไม่สามารถกำหนดใช้ได้ทุกช่วงเวลา

(2) การควบคุมแบบตอบสนอง (Actuated control) เป็นการควบคุมโดยการเชื่อมโยงเครื่องตรวจนับปริมาณการจราจร (Detectors) และช่วงสัญญาณไฟจราจร ซึ่งเฟสของช่วงสัญญาณไฟจะเริ่มจากค่าไฟเขียวที่มีค่าต่ำที่สุด (Minimum green) และจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อมียานพาหนะเคลื่อนผ่านเครื่องตรวจนับปริมาณจราจร ซึ่งหากปริมาณการจราจรเพิ่มมากขึ้น จะส่งผลให้ช่วงของสัญญาณไฟจราจรสั้นลง

(3) การควบคุมแบบปรับเปลี่ยนอัตโนมัติ (Adaptive control) มีลักษณะคล้ายกับการควบคุมไฟจราจรแบบตอบสนอง คือ ช่วงสัญญาณไฟจราจรจะแปรผันไปตามสภาพการจราจร ที่วัดจากเครื่องตรวจนับปริมาณการจราจร แต่ความต่างของการควบคุมแบบปรับเปลี่ยนอัตโนมัติ คือ จะมีการคาดการณ์ในอนาคตว่าปริมาณการจราจรเป็นอย่างไร แล้วทำการคำนวณหาช่วงสัญญาณไฟจราจรที่ดีที่สุด โดยจะทำการกำหนดรอบเวลาของสัญญาณไฟ และเวลาระหว่างไฟเขียว เพื่อกำหนดค่าของระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติ โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

(3.1) รอบเวลาสัญญาณไฟ (Cycle time) ลำดับของจังหวะการครบหนึ่งรอบของสัญญาณไฟจราจร เรียกว่า รอบสัญญาณไฟ คือ เวลาจากจุดเริ่มต้นของไฟเขียวของเฟสหนึ่งจนถึงจุดเริ่มต้นของเวลาไฟเขียวของเฟสเดียวกัน โดยผลรวมของเวลาระหว่างไฟเขียว และเวลาแสดงไฟเขียวของทุกช่วง ซึ่งรอบเวลาสัญญาณไฟ และขนาดของช่วงไฟเขียว มีผลในการตั้งสัญญาณไฟจราจรเพื่อให้สามารถระบายรถในแต่ละด้านของทางแยกได้มากที่สุด การกำหนดสัดส่วนของสัญญาณไฟเขียวอาจกำหนดให้เปลี่ยนตามเวลาของแต่ละวัน เพื่อให้สอดคล้องกับปริมาณการไหลของจราจรแต่ละทิศทาง โดยรอบสัญญาณไฟควรรวมกันไม่เกิน 120 วินาที ในกรณีที่มีการไหลของจราจรแบบไม่อิ่มตัว (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559)

(3.2) เวลาระหว่างไฟเขียว (Intergreen time) ระยะเวลาสิ้นสุดของสัญญาณไฟเขียวในช่วงแรก ไปจนถึงจุดเริ่มต้นของระยะเวลาสัญญาณไฟเขียวในช่วงถัดไป ซึ่งประกอบด้วยช่วงเวลาไฟเหลือง และช่วงเวลาไฟแดงของทุกด้าน โดยในระหว่างช่วงเวลาไฟแดงทุกด้าน ทั้งระยะเวลา และทิศทางการเคลื่อนที่ที่สิ้นสุดเป็นช่วงที่กำลังเริ่มต้นแสดงสัญญาณไฟแดงในเวลาเดียวกัน (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559)

(3.3) ปริมาณจราจรอิ่มตัว (Saturation flow) คือ ปริมาณจราจรที่สามารถเคลื่อนที่ได้สูงสุด หลังจากการปล่อยไฟเขียว 2 - 3 วินาที และก่อนหยุดจากสัญญาณไฟแดง 2 - 3 วินาที เช่นกัน โดยมาตรฐานปริมาณจราจรอิ่มตัวตามความกว้างของถนน ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 มาตรฐานปริมาณจราจรอิ่มตัวตามความกว้างของถนน (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร, 2559)

ความกว้างของช่องจราจร (เมตร)	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	-	-
จำนวนช่องจราจรเลี้ยวขวา	-	-	-	-	-	1	2
ปริมาณจราจรอิ่มตัว (คันต่อชั่วโมง)	1,840	1,885	1,960	2,210	2,575	1,600	2,700

2.1.1.2 การควบคุมด้วยเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร จะออกปฏิบัติการควบคุมสัญญาณไฟในช่วงเวลาพิเศษ อาทิ ช่วงเวลาที่มียานพาหนะหนาแน่นในช่วงเวลาเร่งด่วน (เช้า และเย็น) ซึ่งจะต้องอาศัยประสบการณ์ ความชำนาญพื้นที่ในการคาดหมายจำนวน และทิศทางการไหลของยานพาหนะเพื่อจะกำหนดระยะเวลาการให้สัญญาณไฟจราจรที่เหมาะสมโดยไม่มีข้อมูลอื่นมาสนับสนุนการตัดสินใจ การจัดการจราจรที่ใช้ปฏิบัติแบ่งเป็น 3 วิธี ได้แก่ 1) การจัดการจราจรในภาพรวม 2) การจัดการจราจรรายกรณี และ 3) การจัดการจราจรเชิงรุก สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้ (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2558)

(1) การจัดการจราจรในภาพรวม หมายถึง การจัดการจราจรโดยคำนึงถึงประโยชน์ในภาพรวมโดยให้ความสำคัญกับโครงข่าย (Network) เป็นอันดับแรก ตามมาด้วยถนน (Link) ทางแยก (Intersection) ตามลำดับ ตัวอย่างของการจัดการจราจรในภาพรวม ได้แก่ การจัดการจราจรเป็นเส้นทาง และการจัดการจราจรเป็นโครงข่าย

(2) การจัดการจราจรรายกรณี หมายถึง การจัดการจราจรโดยตำรวจหรือผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องสำหรับเหตุการณ์ที่เป็นกรณีพิเศษ หรือเหตุการณ์ที่มีความสำคัญ เช่น กรณีมีขบวนเสด็จ ฯ เกิดเหตุเพลิงไหม้ และการแข่งขันกีฬา เป็นต้น

(3) การจัดการจราจรเชิงรุก เป็นการป้องกันการเกิดปัญหามากกว่าการแก้ปัญหา ตัวอย่างเช่น การสร้างระบบคอมพิวเตอร์เพื่อเก็บข้อมูลในการทำงาน และนำข้อมูลนั้นมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจราจรในพื้นที่ หรือการจัดการปริมาณการจราจร ให้มีจำนวนยานพาหนะเหมาะสมกับพื้นที่ถนน เช่น จัดให้มีการใช้รถส่วนรวมเพื่อขนถ่ายคนไปร่วมงานพิธีสำคัญแทนที่จะอนุญาตให้รถยนต์ส่วนบุคคลเข้าไปจอดรถบริเวณใกล้ ๆ พิธี

2.1.2 ทฤษฎีเบื้องต้นของกระแสจราจร

ทฤษฎีเบื้องต้นของกระแสจราจร (Fundamental theory of traffic flow) คือ ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของจราจร (Flow rate, V) ความเร็ว (Speed, S) และความหนาแน่น (Density, D) ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 3 ตัวแปร สามารถแสดงเป็นสมการได้ดังนี้

$$V = S*D$$

เมื่อ V คือ อัตราการไหล (Flw rate) จำนวนยานพาหนะที่แล่นผ่านตำแหน่งหนึ่ง ๆ ในระยะเวลาที่กำหนด เช่น 15 นาที แปลงเป็นหน่วยคันต่อชั่วโมง

D คือ ความหนาแน่น (Density) จำนวนยานพาหนะที่ปรากฏต่อช่วงความยาวของถนนซึ่งมีหน่วยเป็นคันต่อกิโลเมตร

S คือ อัตราเร็วของปริมาณการจราจรบนถนน (Speed) ซึ่งมีหน่วยเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง

โดยความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความหนาแน่นจะเป็นไปโดยที่ไม่มีปัจจัยจากภายนอกมาขัดจังหวะ เช่น ทางแยก สัญญาณไฟจราจร และป้ายจราจร ที่มีส่วนเข้ามาควบคุมการไหลของจราจร จะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็วของยานพาหนะมีค่าลดลง ปริมาณการไหลของจราจรก็จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหลของจราจรเป็นไปอย่างต่อเนื่องไปจนถึงจุดหนึ่งที่อัตราการไหลของจราจรมีค่ามากที่สุด หลังจากนั้นทั้งความเร็วของยานพาหนะและอัตราการไหลของจราจรจะลดลงเหลือแต่ความหนาแน่นเท่านั้นที่ยังคงเพิ่มขึ้น จนกลายเป็นจุดที่ไม่มีอัตราการไหลของจราจร เป็นจุดที่แสดงความหนาแน่นสูงสุด หรือที่เรียกว่า ความหนาแน่นแออัด ซึ่งหมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความหนาแน่นของยานพาหนะ ส่งผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของยานพาหนะกับอัตราการไหลของจราจร โดยปกติแล้วความเร็วจะลดลงเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น จนกระทั่งความเร็วของยานพาหนะเข้าใกล้จุดที่มีความหนาแน่นแออัดในแต่ละพื้นที่ ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว อัตราการไหล และความหนาแน่นของยานพาหนะจะมีความแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยในแต่ละพื้นที่นั้น ๆ (Maerivoet and Moor, 2005 และ Dongxu and JooSeok, 2014) เช่น ประเภทถนน การซ่อมแซมถนน และสภาพการจราจร

2.1.3 ระดับการให้บริการ

จากงานวิจัยของ ชาดา ทีราโมโต และดร.จำรัส พิทักษ์ศฤงคาร (รศ.ดร.เกษม ชูจารุกุล, 2551) พูดถึงระดับการให้บริการ (Level Of Service, LOS) ในทางวิศวกรรมจราจร ซึ่งระดับการให้บริการ หมายถึง มาตราวัดในเชิงคุณภาพ (Qualitative measure) บอกถึงคุณภาพในการให้บริการของถนน โดยพิจารณาจากส่วนประกอบต่าง ๆ เช่น ความเร็วของยานพาหนะ ระยะเวลาในการเดินทาง ความคล่องตัวในการจราจร ความปลอดภัย ค่าใช้จ่าย ความสะดวกสบายในการขับขี่และการเดินทาง ซึ่งสามารถแบ่งระดับการให้บริการ และแสดงเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ 6 ตัว ได้แก่ A B C D E และ F โดยแต่ละค่าจะแสดงถึงลักษณะ และสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน

เกณฑ์ในการกำหนดระดับการให้บริการ เนื่องจากถนนที่มีลักษณะแตกต่างกัน จะมีเกณฑ์สำหรับระดับการให้บริการที่แตกต่างกัน อาทิ ทางด่วนหรือทางพิเศษ ย่อมมีเกณฑ์ที่แตกต่างกับแยกที่มีสัญญาณไฟจราจร อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นถนนประเภทใดก็จะมีค่าระดับการให้บริการ 6 ค่าเท่ากัน คือ LOS A ถึง LOS F โดยมีคำอธิบายของระดับการให้บริการแต่ละขั้น ดังนี้

2.1.3.1 ระดับการให้บริการ A (LOS A) เป็นระดับการให้บริการที่ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ ด้วยความเร็วอิสระ ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างการชะลอตัวมีค่ามากกว่า 100 เมตร แสดงดังรูปที่ 2.1

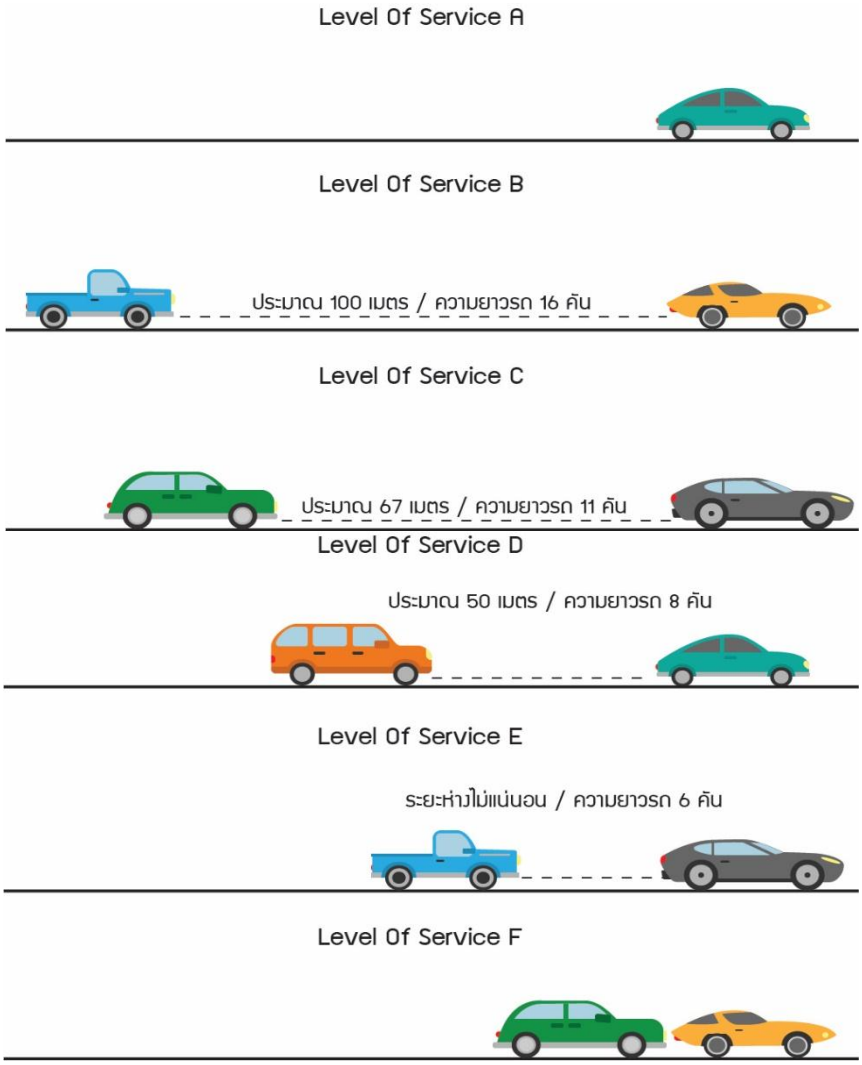
2.1.3.2 ระดับการให้บริการ B (LOS B) เป็นระดับการให้บริการที่ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ได้โดยอิสระ ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างการชะลอตัวมีค่าประมาณ 100 เมตรหรือเปรียบเทียบได้กับความยาวรถยนต์ 16 คัน แสดงดังรูปที่ 2.1

2.1.3.3 ระดับการให้บริการ C (LOS C) เป็นระดับการให้บริการที่ยานพาหนะสามารถใช้ความเร็วในการสัญจรได้ใกล้เคียงความเร็วอิสระ แต่จะถูกจำกัดมากขึ้น ผู้ขับขี่ต้องให้ความระมัดระวังขณะเปลี่ยนช่องจราจรมากขึ้น ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างการชะลอตัวมีค่าประมาณ 67 เมตร หรือเปรียบเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 11 คัน แสดงดังรูปที่ 2.1

2.1.3.4 ระดับการให้บริการ D (LOS D) เป็นระดับการให้บริการที่ยานพาหนะใช้ความเร็วในการสัญจรเริ่มลดลงเล็กน้อย ขณะที่ปริมาณจราจรและความหนาแน่นเริ่มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การสัญจรถูกจำกัดมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ระยะห่างเฉลี่ยการชะลอตัวมีค่าเท่ากับ 50 เมตร หรือเปรียบเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ 8 คัน แสดงดังรูปที่ 2.1

2.1.3.5 ระดับการให้บริการ E (LOS E) เป็นระดับการให้บริการที่ระดับสูงสุดที่ถนนจะสามารถรองรับปริมาจราจรได้ การสัญจรเป็นไปด้วยความล่าช้า ระยะห่างเฉลี่ยการชะลอตัวมีค่าน้อยกว่า 50 เมตร หรือเปรียบเทียบได้กับความยาวของรถยนต์ประมาณ 6 คัน แสดงดังรูปที่ 2.1

2.1.3.6 ระดับการให้บริการ F (LOS F) เป็นระดับการ ให้บริการที่เกิดสภาพการจราจรติดขัด แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความแตกต่างของระดับการให้บริการจากระดับ A ถึง F

2.1.4 เทคโนโลยีกับการจราจร

ในการศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการจราจร (Traffic related technology) เพื่อสืบค้นว่ามีเทคโนโลยี หรืองานวิจัยที่นำเอาข้อมูล GPS มาประยุกต์ใช้กับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแล้วหรือไม่ จากการศึกษาผู้วิจัยจะทำการจำแนกประเภทของเทคโนโลยีที่ใช้กับการจราจรเพื่อศึกษาและนำเอาวิธีการไปประยุกต์ใช้ในการทำระบบสำหรับการจัดการจราจร โดยในส่วนนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมการจำลองสภาพจราจรสำหรับผู้ออกแบบโครงสร้างจราจร ซอฟต์แวร์สำหรับผู้ใช้รถใช้ถนน และเทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้กับการจราจร

2.1.4.1 เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้กับการจราจร ซึ่งในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีที่หลากหลายมาประยุกต์ใช้กับการจราจร ในเนื้อหาส่วนนี้จะกล่าวถึงการนำเทคโนโลยีที่มีส่วนช่วยในการจัดการจราจรเพื่อนำเอาแนวทาง ข้อดี และข้อเสีย มาประยุกต์ใช้ในการทำแบบจำลองระบบการจัดการจราจรซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัย โดยสามารถอธิบายรายละเอียดบางส่วนของเทคโนโลยีที่ผู้วิจัยทำการศึกษาได้ดังนี้

(1) Global Positioning System (GPS) คือ ระบบบอกตำแหน่งบนพื้นผิวโลก ซึ่งในปัจจุบันมีการนำระบบ GPS มาประยุกต์ใช้กับระบบต่าง ๆ ยกตัวอย่างเช่น นำมาประยุกต์ใช้กับระบบนำทางทำให้สามารถคำนวณระยะทาง หรือหาตำแหน่งติดตามยานพาหนะ และยังสามารถคำนวณความเร็วของยานพาหนะได้หากนำมาใช้กับโปรแกรมแผนที่ โดยข้อดีของ GPS ประหยัดค่าใช้จ่าย สามารถใช้เป็นเครื่องช่วยตัดสินใจในการเดินทางได้ดี สามารถทราบเส้นทาง ระยะทาง และความเร็วของตำแหน่งที่ต้องการจะไปได้ และยังสามารถใช้ได้ทั้งการคมนาคม ทั้งทางบก ทางน้ำ หรือในอวกาศได้อีกด้วย และข้อเสียของ GPS คือ ถ้าหากเกิดปัญหาจากดาวเทียมเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของดวงจันทร์ และดวงอาทิตย์ หรือเกิดจากนาฬิกามีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยก็จะทำให้การคำนวณระยะทางผิดพลาด เป็นต้น

(2) Image processing เริ่มใช้งานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 โดยมีหลักการทำงาน คือ วิเคราะห์ภาพจาก VDO frames ซึ่งข้อมูลที่จะได้จากเครื่องตรวจวัด ได้แก่ ปริมาณจราจร ความเร็วรถ จำนวนรถในบริเวณนั้น ระยะห่างของรถแต่ละคัน สามารถแยกประเภทรถได้โดยใช้ความยาว ความหนาแน่นของปริมาณจราจร และความยาวแถวคอยที่รถติดอยู่บนถนน (อภิวรรธน์ โชติสังกาศ, 2555 และ MacCarley, *et al.*, 1992 และ Kazufumi, *et al.*, 2006) เป็นต้น โดยข้อดีของ Image processing คือ สามารถวัดช่องจราจรได้หลายช่องพร้อมกัน การเพิ่มเครื่องตรวจวัดทำได้ง่าย และเมื่อเชื่อมต่อข้อมูลระหว่างกล้อง และตัวอุปกรณ์จะทำให้สามารถตรวจวัดได้ในบริเวณกว้าง และข้อเสียของ Image processing คือ หากมีการติดตั้งกึ่งกลางถนนจะต้องมีการปิดช่องทางจราจร ถ้าสภาพอากาศไม่ปกติก็ส่งผลต่อประสิทธิภาพของกล้อง และที่สำคัญจะคุ้มค่าก็ต่อเมื่อมีการตรวจวัดหลายพื้นที่พร้อมกันโดยใช้กล้องตัวเดียว

(3) เซ็นเซอร์ (Sensors) มีการนำเซ็นเซอร์หลายประเภทมาประยุกต์กับการจัดการจราจรหลายประเภท อาทิ เครื่องตรวจวัดจะส่งสัญญาณ และสะท้อนคลื่น Microwave กลับออกมาเพื่อตรวจจับรถยนต์ที่วิ่งผ่านสัญญาณ (Zwahlen, *et al.*, 2005 และ Xuan, *et al.*, 2005) ซึ่งข้อมูลที่จะได้จากเครื่องตรวจวัด ได้แก่ ปริมาณจราจร ความเร็วของรถ จำนวนรถในบริเวณนั้น ๆ ระยะห่างของรถแต่ละคัน และจำแนกความยาวรถแต่ละคันด้วยประเภทของรถ โดยมีข้อดี คือ ใช้งานตรวจจับในช่วงสั้นๆ ไม่ไวต่อสภาพอากาศ สามารถวัดความเร็วได้โดยตรง และสามารถใช้ตรวจวัดการจราจรได้หลายช่องทางในเวลาเดียวกัน และข้อเสีย คือ ไม่สามารถวัดรถที่จอดอยู่นิ่งกับที่

ได้ และเครื่องตรวจวัดการจราจรด้วยคลื่นอินฟราเรดที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงกว่าคลื่นไมโครเวฟ แต่มีลักษณะการทำงานคล้ายกับเครื่องตรวจวัดการจราจรแบบ Microwave radar sensors โดยการทำงานจะมีการปล่อยคลื่นอินฟราเรดออกมาตรวจจับรถที่วิ่งผ่านแนวสัญญาณ หลังจากนั้นอุปกรณ์จะตรวจจับพลังงานแสงที่กระจายอยู่โดยรอบ และแปรสัญญาณส่งผ่านอุปกรณ์ประมวลผล ซึ่งข้อมูลที่จะได้จากเครื่องตรวจวัด (อภิวรรธน์ โชติสังกาศ, 2555 และ Hussain, *et al.*, 1994) ได้แก่ ปริมาณการจราจร ความเร็วของรถ ปริมาณรถในบริเวณนั้น และจำแนกความยาวรถแต่ละคันด้วยประเภทของรถ โดยข้อดีของ Laser sensors คือ สามารถใช้ตรวจวัดการจราจรได้หลายช่องทางในเวลาเดียวกัน มีสัญญาณส่งออกมาหลายเส้น ทำให้สามารถตรวจจับตำแหน่งรถ ความเร็ว และประเภทของรถได้อย่างมีความแม่นยำ และข้อเสียของ Laser sensors คือ ต้องมีการปิดช่องทางจราจรเพื่อทำการติดตั้ง ต้องมีระยะเวลาในการทำความสะอาดเลนส์เป็นประจำ และประสิทธิภาพในการทำงานลดลง ถ้าหากมีสภาพอากาศเปลี่ยนแปลง

2.1.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจราจร (สำหรับผู้ออกแบบโครงสร้างการจราจร) การจำลองสภาพจราจรเป็นการจำลองสถานการณ์ที่สมมติขึ้น โดยใช้โปรแกรมจำลองสามมิติเป็นเครื่องมือซึ่งมีข้อดี คือ ช่วยประหยัดเวลางบประมาณที่ใช้ในการศึกษา สามารถมองเห็นสภาพจราจรโดยรวม ส่งผลให้สามารถคาดเดาสถานการณ์ได้ (Badler, *et al.*, 2011) และไปเป็นไปตามกฎจราจรโดยการจำลองมุ่งเน้นไปที่ระบบขนาดใหญ่ที่มีการจำลองการจราจรในเวลาจริง

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดการจราจรภายในพื้นที่เทศบาลเมืองภูเก็ต ซึ่งเป็นแหล่งที่พักและย่านการค้ามีการขยายตัวทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วในบริเวณนั้น ทำให้เกิดปัญหาจราจรมากขึ้น เนื่องจากถนนสายหลักไม่สามารถรองรับปริมาณจราจรที่เพิ่มขึ้นได้จึงได้มีการออกแบบเพื่อจัดการกับการจราจรในบริเวณดังกล่าว โดยลดความเร็วของยานพาหนะเพื่อเพิ่มความปลอดภัย เนื่องจากเป็นพื้นที่ชุมชน หลังการจัดการจราจรทำให้เกิดความคล่องตัวและแก้ปัญหาการติดขัดของการจราจรได้ ยกตัวอย่างเช่น มีการวิเคราะห์สภาพการจราจร บริเวณตำบลสามกอง จังหวัดภูเก็ต โดยมีการสำรวจข้อมูลจราจรถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหารถติด สำรวจความเร็วเฉลี่ย และช่วงเวลาในการเดินทาง เป็นต้น นำข้อมูลที่มาทำการประยุกต์ใช้กับโปรแกรม S-PARAMICS (ชัชชัย วงศ์สุภาพ, 2548) โดยทำการคัดเลือกการทดลองพัฒนาแบบจำลอง และเปรียบเทียบแบบจำลอง ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง และวิเคราะห์ทางเลือกในการแก้ปัญหา

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการจำลองสภาพการจราจรบริเวณทางเข้าออกของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ หลังการเปิดใช้อุโมงค์ลอดใต้ทางแยกเกษตร โดยใช้โปรแกรม PARAMICS เพื่อศึกษาวิเคราะห์ผลกระทบการเดินทางเข้าออกมหาวิทยาลัยหลังการเปิดใช้อุโมงค์ โดยมีการเสนอแนวทางแก้ปัญหาและจดการจราจร 3 ทางเลือก และมีตัวชี้วัด คือ ความล่าช้า (Delay) และความยาวแถวคอย (Queue length) เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการจัดการจราจรต่อไป (วศินี วสุนธราสุข และสาธิตา มาลัยธรรม, 2549)

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการจำลองการจัดการระบบจราจรบริเวณแยกโรงเรียนกวดวิชาและภาษาคเณศวร อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองระดับจุลภาค มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สภาพการจราจร และประเมินทางเลือกที่ใช้ในการจัดการจราจรบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยพิจารณาจากข้อมูลสภาพการจราจรในปัจจุบัน และใช้โปรแกรม Vissim เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง โดยทำการเปรียบเทียบ (Calibration) และการตรวจสอบความถูกต้อง (Validation) ของแบบจำลองซึ่งถือเป็นกระบวนการสำคัญ โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ผลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองที่ให้สภาพการจราจรเหมือนกับสภาพจริง และได้เสนอทางเลือกในการจัดการจราจร เนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวเป็นงานวิจัยเพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาสำหรับวิศวกรโยธา แต่ไม่ได้ระบุทางเลือกหรือแนวทางการแก้ปัญหาเพื่อช่วยเหลือตำรวจจราจรผู้วิจัยจึงเล็งเห็นปัญหาและนำแนวทางการสร้างแบบจำลองดังกล่าวมาใช้เป็นแนวทางในสร้างแบบจำลองของระบบ iTraffic (ธัญพงษ์ ศรีโยธี และคณะ, 2554)

จากงานวิจัยเกี่ยวกับการจำลองการวิเคราะห์สภาพการจราจรบริเวณทางแยกในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทั้ง 8 ทางแยก โดยการสร้างแบบจำลองในโปรแกรม CORSIM ที่มีตัวชี้วัด คือ ความล่าช้าเฉลี่ย ความยาวของแถวคอยสูงสุด และความเร็วเฉลี่ย พบว่าแบบจำลองที่ได้เป็นแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากสามารถจำลองปริมาณการจราจร ความล่าช้า แถวคอยสูงที่สุด และระดับบริการ ได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง ทำให้เล็งเห็นว่าการใช้โปรแกรม CORSIM ในการสร้างแบบจำลองเป็นเครื่องมือที่ดีมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์สภาพจราจร (เหมือนมาศ, และคณะ, 2558) และจากการสำรวจงานวิจัยที่ผ่านมา ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบโปรแกรมจำลองการจราจร (Traffic Simulation) สำหรับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง อาทิ วิศวกรโยธา เพื่อใช้ในการออกแบบโครงสร้างการจราจรและวางโครงสร้างของถนน ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบโปรแกรมจำลองการจราจร (Traffic Simulation)

รายการ	S-PARAMICS	VISSIM	CORSIM/NETSIM
ความยากง่ายในการใช้งาน	ค่อนข้างง่าย	ค่อยข้างยาก	ปานกลาง
ราคา	ปานกลาง	แพง	ถูก
การเลือกช่องจราจร	ดีมาก	ดีมาก	มีปัญหา ถ้าช่วงถนนสั้น
การตัดกระแส/รวมกันจราจร	ดีมาก	ดีมาก	พอใช้
รองรับปริมาณจราจรแบบ จุดเริ่มต้น - จุดสิ้นสุด	ได้	ได้	ไม่ได้
แสดงผลแบบ 3 มิติ	ได้	ได้	ไม่ได้
การเลือกเส้นทางแบบ Real time (Dynamic Assignment)	ดีมาก	ดี	ไม่ได้
จำลองเหตุการณ์พิเศษ (อุบัติเหตุ หรือ รถจอดข้างทาง เป็นต้น)	ดีมาก	ดี	ไม่ได้
ความยากง่ายในการปรับเทียบ	ปานกลาง	ค่อนข้างยาก	ยาก (มีข้อจำกัดหลายอย่าง)
การแสดงผลค่าดัชนีจราจร	ดีมาก	ดี	ดี
การจัดทำภาพเคลื่อนไหว	ปานกลาง	ค่อนข้างง่าย	ค่อนข้างง่าย

จากตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบโปรแกรมจำลองการจราจรสามโปรแกรม จะเห็นได้ว่าโปรแกรม S - PARAMICS เป็นโปรแกรมที่ง่ายต่อการใช้งาน มีความคุ้มค่าเมื่อเปรียบเทียบกับราคา และมีคุณสมบัติในการจำลองการจราจรค่อนข้างครบถ้วน ดีกว่าโปรแกรม VISSIM และ CORSIM/NETSIM นอกจากนี้คุณภาพของโปรแกรม S - PARAMICS มีความเหมาะสมต่อผู้ออกแบบโครงสร้างการจราจรมากกว่าสองโปรแกรมข้างต้น

2.1.4.3 ซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการจราจร (สำหรับผู้ใช้รถใช้ถนน)

ในงานวิจัยครั้งนี้วิจัยได้ทำการศึกษาซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับการจราจร เพื่อทำการตรวจสอบว่ามีซอฟต์แวร์ใดบ้างที่ช่วยเหลือตำรวจจราจรในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างซอฟต์แวร์ที่ได้รับความนิยมเนื่องจากมียอดดาวน์โหลดสูงสุด จำนวน 8 ลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

(1) Google maps[1] เป็นบริการของ Google ให้บริการเทคโนโลยีด้วยแผนที่ที่มีประสิทธิภาพสูงในเรื่องของการระบุตำแหน่ง การนำทาง สภาพการจราจร และใช้งานง่าย เป็นบริการฟรี ซึ่งได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากแผนที่และภาพถ่ายดาวเทียมที่มีคุณภาพดี ครอบคลุมทุกพื้นที่ สามารถใช้บริการได้จากโทรศัพท์มือถือที่รองรับ GPS มีการแสดงผลในมุมมองต่าง ๆ อาทิ มุมมองถนน มุมมองแผนที่ มุมมองภูมิประเทศ และมุมมองการจราจร โดยในมุมมองของการจราจร Google maps จะแสดงเส้นทางเป็นสี เพื่อจำแนกข้อมูลสภาพจราจร โดยมีสีเขียว สีเหลือง สีแดง และสีแดงเข้ม (Santos, *et al.*, 2011) เพื่อให้ง่ายแก่ผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 2.2

(2) Nostra map[2] เป็นแอปพลิเคชันแผนที่บนสมาร์ทโฟน รองรับทั้งระบบปฏิบัติการ iOS และ Android ซึ่งมีหลายฟังก์ชันการทำงาน ยกตัวอย่างเช่น ใช้ในการนำทาง รายงานสภาพการจราจรอัพเดตทุก 5 นาที แสดงสภาพถนนที่มีการซ่อมแซมอยู่ รายงานจุดเสี่ยงที่มีกราฟิกแสดงเป็นสัญลักษณ์เข้าใจง่าย ช่วยวางแผนการเดินทาง แสดงผลได้ทั้งภาพแบบแผนที่ ภาพดาวเทียมและแผนที่ไฮบริดจ์ โดยแสดงตัวอย่างหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 2.2

(3) Longdo traffic[3] เป็นแอปพลิเคชันแผนที่ที่มีข้อมูลสภาพจราจร รายงานสภาพอุบัติเหตุ อีกทั้งยังมีข้อมูลภาพจราจรจากกล้อง CCTV จาก NECTEC และกองบังคับการตำรวจจราจรอีกด้วย จุดเด่นของ Longdo traffic คือ เป็นระบบแผนที่ที่ใช้งานง่าย และมีรายละเอียดสถานที่จำนวนมาก นำเสนอข้อมูลในหลายรูปแบบ รวมไปถึงการแสดงเส้นทางเป็นสี โดยเส้นสีเขียว เหลือง แดง เป็นการแสดงความติดขัดของสภาพการจราจร สามารถดูสภาพการจราจรแบบเรียลไทม์ และมีระบบแนะนำเส้นทางอัตโนมัติที่หลีกเลี่ยงการจราจรติดขัด โดยแสดงตัวอย่างหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 2.2

---

[1] https://www.google.co.th/maps

[2] http://www.nostramap.com/personal

[3] http://traffic.longdo.com

(4) Traffy[4] เป็นระบบรายงานสภาพการจราจร เป็นระบบรายงานสภาพจราจรที่แสดงระดับความติดขัด และเหตุการณ์จราจร สามารถนำมาใช้วางแผนก่อนการเดินทาง และในขณะเดินทาง เพื่อหลีกเลี่ยงบริเวณที่การจราจรติดขัดช่วยลดระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการเดินทางด้วย โดยแสดงข้อมูลจราจรแบบเรียลไทม์ในพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานครฯ และปริมณฑล โดยแสดงตัวอย่างหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 2.2

(5) BMA traffic[5] เป็นแอปพลิเคชันรายงานสภาพการจราจร สามารถแสดงผลได้ทั้งรูปแบบเส้นสี แทนสภาพจราจร และในรูปแบบของภาพเคลื่อนไหวแบบเรียลไทม์ รวมไปถึงการแสดงข่าวสารต่าง ๆ ระบบการแจ้งเตือนเหตุการณ์ให้ผู้ใช้งานทราบเมื่อมีเหตุการณ์เกิดขึ้นในบริเวณที่ผู้ใช้งานสนใจ และยังมีระบบสมาชิกให้ผู้ใช้งานสามารถแจ้งข่าวสาร และเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ โดยแสดงตัวอย่างหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 2.2

(6) TVIS[6] (Traffic Voice Information Service, TVIS) เป็นระบบรายงานสภาพจราจรอัจฉริยะ ซึ่งในปัจจุบันมีข้อมูลเฉพาะสภาพการจราจรในจังหวัดกรุงเทพมหานครฯ การทำงานของ TVIS จะทำการดึงข้อมูลสภาพการจราจรจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ แบบอัตโนมัติ และสามารถค้นหาข้อมูลเส้นทางได้ด้วยเสียง โดยการพูดชื่อถนนที่ต้องการ เนื่องจากมีระบบจำเสียงพูดภาษาไทย หรือโปรแกรมรู้จำเสียงอัตโนมัติ (Automatic Speech Recognition, ASR) โดยจะเปลี่ยนเสียงคำพูดของผู้ใช้เป็นข้อความ รวมไปถึงการดึงภาพจากกล้อง CCTV เพื่อดูสภาพจราจรในบริเวณใกล้เคียง โดยแสดงตัวอย่างหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 2.2

(7) Waze social[7] หรือเครือข่ายสังคมของผู้ใช้ถนน คือ ระบบ GPS ที่มีการทำงานร่วมกับสังคมออนไลน์สามารถบอกสภาพการจราจร แสดงพิกัด และความเร็วในการขับเคลื่อนบนหน้าหน้าจอผล โดย Waze จะทำการเก็บสถิติความเร็วเฉลี่ยในการขับเคลื่อนบนถนนของผู้ใช้เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเพิ่มเติมในแผนที่จราจรที่มีอยู่ ทำให้ผู้ใช้คนอื่นสามารถมองเห็นสภาพการจราจรว่าเป็นอย่างไร และยังมีฟังค์ชันที่สามารถกด “Like” หรือเขียนแสดงความคิดเห็นได้ นอกจากนี้ Waze ยังมีลักษณะของเกมแฝงอยู่ คือ มีการเก็บระดับประสบการณ์ และสะสมไมล์ผู้ใช้สามารถทำการแข่งขันระหว่างกันได้ โดยแต้มจะหาได้จากกิจกรรมที่ทำในแอปพลิเคชัน เช่น การปักหมุดบอกสภาพการจราจร หรือสะสมระยะทาง โดยแสดงตัวอย่างหน้าจอแสดงผล ดังรูปที่ 2.2

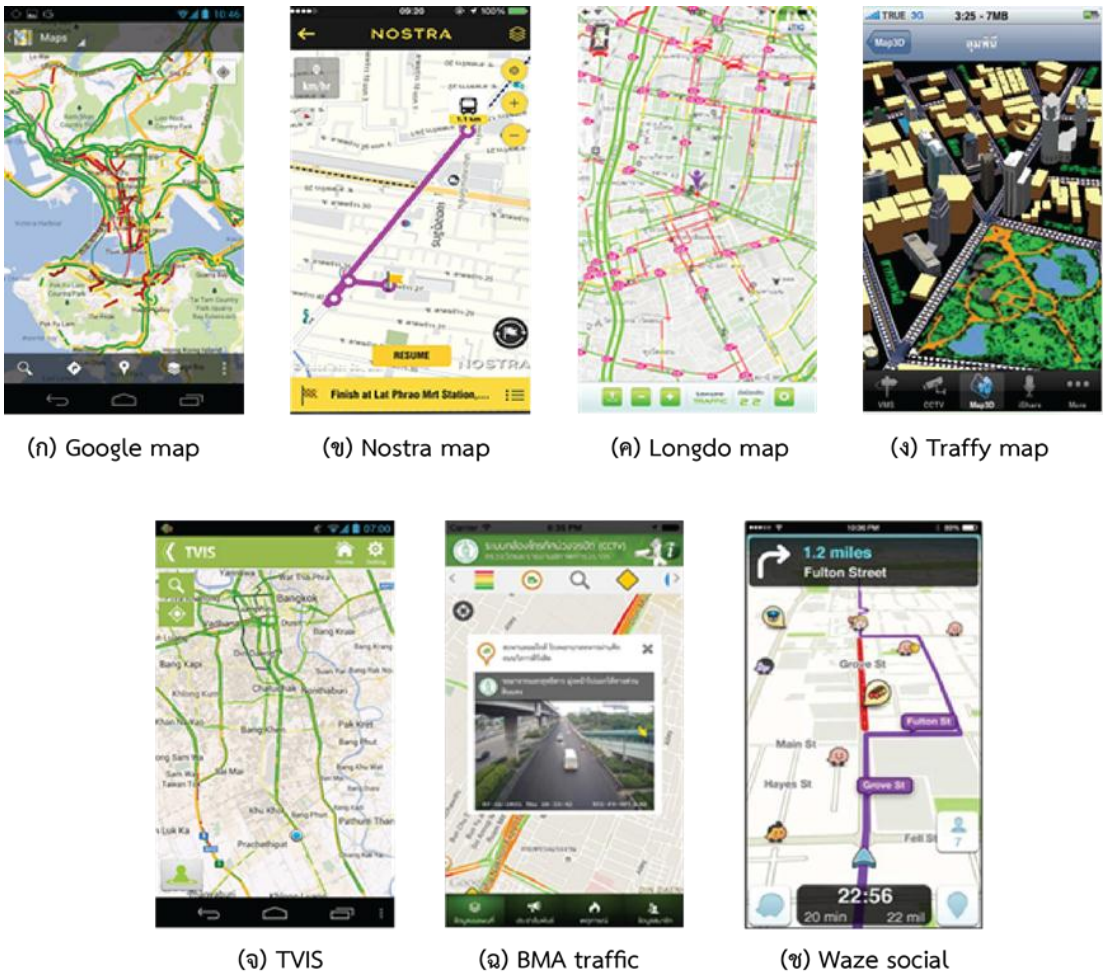
---

[4] http://www.nstda.or.th/news/15877-traffy

[5] http://www.bmatraffic.com/index.aspx

[6] http://www.tvis.in.th/home/traffic.php

[7] https://www.waze.com



(ก) Google map (ข) Nostra map (ค) Longdo map (ง) Traffy map

(จ) TVIS (ฉ) BMA traffic (ช) Waze social

รูปที่ 2.2 ภาพตัวอย่างหน้าจอแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้รถใช้ถนน

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบซอฟต์แวร์ที่ได้ทำการศึกษาเบื้องต้น ดังตารางที่ 2.3 จะเห็นได้ว่า longdo map เป็นซอฟต์แวร์ที่มีคุณสมบัติค่อนข้างครบถ้วน ซึ่งนับได้ว่าเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับผู้ใช้รถใช้ถนน

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับผู้ใช้รถใช้ถนน

รายการ	Google map	Nostra map	Longdo map	Traffy	TVIS	BMA traffic	Waze social
ระบบนำทาง	√	√	√	√	√	√	√
แสดงเส้นทางจราจรติดขัด	√	√	√	√	√	√	√
เส้นทางจักรยาน	√	√	√	-	-	-	-
คำนวณระยะทางและเวลา	√	√	√	√	√	√	√
รายงานสภาพจราจร	-	-	√	√	√	-	-
แสดงจุดที่มีกล้อง CCTV	-	-	√	√	√	√	√
แสดงดัชนีรถติด	-	-	√	-	-	-	-
แสดงเส้นทางเลี่ยงการจราจรติดขัด	-	-	-	-	√	-	√
รายงานข่าวการจราจร	-	-	√	-	√	√	-
รายงานเสียงอัตโนมัติ	-	-	-	-	√	-	-
แสดงสถานที่ใกล้เคียง (เช่น แหล่งท่องเที่ยว ปั๊มน้ำมัน ตู้เอทีเอ็ม โรงพยาบาล และธนาคาร)	√	√	√	√	√	√	√
แสดงเหตุการณ์ทั้งหมด (เช่น อุบัติเหตุ เหตุการณ์ชุมนุม ซ่อมถนน ปิดช่องจราจร รถเสีย ไฟไหม้ และน้ำท่วมขังผิวจราจร)	-	-	√	√	-	√	-

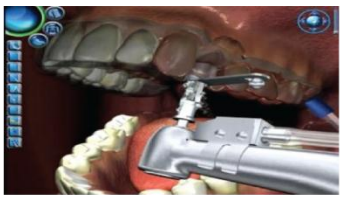
2.2 การจำลองสถานการณ์

2.2.1 ความเป็นมาและความหมายของการจำลองสถานการณ์

2.2.1.1 ความเป็นมาของการจำลองสถานการณ์ (Simulation) เริ่มขึ้นในปี ค.ศ. 1950 ในยุคนั้นเป็นยุคที่คอมพิวเตอร์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์มีราคาค่อนข้างสูงรวมทั้งการฝึกอบรมในเรื่องคอมพิวเตอร์เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมาก ดังนั้นวิธีการสร้างแบบจำลองสถานการณ์จึงไม่เป็นที่รู้จัก หลังจากนั้นประมาณปี ค.ศ. 1970 - 1980 คอมพิวเตอร์เป็นที่ยอมรับอย่างรวดเร็ว และมีราคาถูกลง ส่งผลให้การสร้างแบบจำลองสถานการณ์เป็นสิ่งมีคุณค่ามากขึ้น และถูกใช้บ่อยขึ้นในอุตสาหกรรมยานยนต์และยานอวกาศ ในปี ค.ศ. 1978 Rasmussen และ George ได้กล่าวถึงการศึกษา Model simulation ของมหาวิทยาลัย Case Western Reserve ในสาขาการวิจัยปฏิบัติการ (Operations research) ได้ศึกษาถึงประโยชน์ส่วนใหญ่ เครื่องมือที่ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางในสาขาการวิจัยปฏิบัติการ การจัดการด้านวิทยาศาสตร์ (Management science) และพบว่างานวิจัยด้านแบบจำลองสถานการณ์ ได้มีการจัดอันดับให้อยู่ในลำดับที่ 5 และในปี ค.ศ. 1979 มีการสำรวจพบว่ามีบริษัทขนาดใหญ่ถึง 84% ที่มีการใช้แบบจำลองสถานการณ์ ซึ่งหลังจากนั้นมีการนำแบบจำลองสถานการณ์ไปใช้ประโยชน์เพิ่มมากขึ้น ยกตัวอย่างเช่น นำไปใช้ในอุตสาหกรรมธนาคาร การขนส่ง โรงพยาบาล เครือข่ายคอมพิวเตอร์ และกระบวนการทางธุรกิจ ซึ่งในปัจจุบันแบบจำลองสถานการณ์กลายมาเป็นเครื่องมือมาตรฐานที่แม้แต่บริษัทขนาดเล็กก็มีการนำไปใช้งานเพื่อช่วยในส่วนของการออกแบบ

2.2.1.2 ความหมายของการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์ (Simulation) คือ กระบวนการในการออกแบบแบบจำลองของระบบจริง และประสบการณ์ด้านพฤติกรรมต่าง ๆ โดยการสร้างแบบจำลองเพื่อให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของระบบ หรือการประเมินด้วยวิธีการที่แตกต่างกันไปสำหรับการปฏิบัติการของระบบ (ภายใต้ข้อจำกัดซึ่งถูกกำหนดตามมาตรฐานหรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้) รวมไปถึงการเก็บรวบรวมวิธีการที่ใช้ในการจำลองสถานการณ์จริงของระบบต่าง ๆ มาไว้บนคอมพิวเตอร์ โดยการใช้ซอฟต์แวร์เข้ามาช่วยเพื่อที่จะศึกษาวิธีการของกิจกรรมในรูปแบบต่าง ๆ โดยมีการเก็บข้อมูล และการวิเคราะห์หารูปแบบที่ถูกต้องเพื่อนำมาปรับปรุงใช้ในอนาคต (Kelton, *et al.*, 2010) เนื่องจากในสถานการณ์หรือการปฏิบัติงานจริงไม่สามารถจะทำการทดลอง หรือเปลี่ยนกระบวนการทำงานได้จนกว่าจะมองเห็นถึงประโยชน์ที่จะได้รับ ยกตัวอย่างเช่น การขจัดปัญหาที่อยู่นอกเหนือความคาดหมายที่เกิดขึ้นทำให้กระบวนการผลิตช้าลง



(ก) แบบจำลองภายในช่องปากเพื่อใช้ทดลองปฏิบัติการสำหรับการฝึกนักศึกษาด้านทันตแพทย์ [1]

(ข) แบบจำลองในฐานขุดเจาะน้ำมันสำหรับพนักงานที่ต้องลงปฏิบัติงานจริง [2]

(ค) แบบจำลอง Nanomission สำหรับคนที่สนใจด้านนาโนเทคโนโลยี [3]

(ง) แบบจำลองการฝึกอพยพบนเรือสำหรับลูกเรือที่ไปล่องเรือ [4]

(จ) แบบจำลองการฝึกกู้ภัยสำหรับเจ้าหน้าที่กู้ภัย [5]

(ฉ) แบบจำลองการสร้างถนนสำหรับนักศึกษาวิศวกรรมโยธา [6]

รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการจำลองสถานการณ์ในด้านต่าง ๆ

ดังนั้นการจำลองสถานการณ์จะสามารถช่วยให้วิเคราะห์สภาพปัจจุบันของระบบ และช่วยหาแนวทางหรือทางเลือกที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้กับสถานการณ์จริง หรือการปฏิบัติงานจริง ซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดข้อผิดพลาด นอกจากนี้ยังสามารถช่วยประหยัดเงินและเวลาได้อีกด้วย การจำลองสถานการณ์ในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยม เนื่องจากระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้การจำลองสถานการณ์สามารถนำไปประยุกต์ใช้และเป็นที่นิยมในหลายด้าน (Kelton, *et al.*, 2010) อาทิ ในด้านอุตสาหกรรม การแพทย์ การทหาร การศึกษา ธุรกิจ ฯลฯ แสดงดังรูปที่ 2.3 ยกตัวอย่างเช่น (ก) แสดงแบบจำลองภายในช่องปาก เพื่อใช้ทดลองปฏิบัติการในช่องปากสำหรับการฝึกนักศึกษาด้านทันตแพทย์ หรือ (ข) เป็นแบบจำลองสำหรับให้พนักงานที่จะต้องปฏิบัติงานในฐานขุดเจาะน้ำมันจริง เป็นต้น

---

[1] https://images.sciencedaily.com/2009/06/090611084130_1_900x600.jpg

[2] http://www.maersk.com/~/media/videos/youtube/thumbnails/ivxyrjrdo7i.jpg

[3] http://elianealhadeff.blogspot.com/2007/01/serious-games-to-understand-nanotech.html

[4] https://www.ecsorl.com/wp-content/uploads/2015/10/clia-g_03.jpg

[5] http://oculusrift-blog.com/wp-content/uploads/2013/05/699-Serious-Games.jpg

[6] http://elianealhadeff.blogspot.com/2009/07/serious-games-for-civil-engineering.html

Computer simulation คือ วิธีการศึกษาตัวแบบจำลองของระบบจริงใน โลก ซึ่งประเมินผลในลักษณะของตัวเลข โดยใช้โปรแกรมออกแบบเพื่อจำลองระบบปฏิบัติการหรือ ลักษณะที่เกิดขึ้นจริงในระบบ Simulation เป็นกระบวนการของการออกแบบและสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์โดยจำลองจากระบบงานจริงเพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมได้ง่ายขึ้น ภายใต้เงื่อนไข และข้อกำหนดต่าง ๆ การจำลองแบบปัญหา Computer simulation เป็นกระบวนการออกแบบ (design) ตัวแบบจำลอง (Model) ของระบบงานจริง (Real system) แล้วดำเนินการโดยใช้ตัว แบบจำลองนั้นเพื่อเรียนรู้พฤติกรรมของระบบ หรือประเมินผลการดำเนินงาน การใช้แผนงานต่าง ๆ ในการดำเนินงานของระบบภายใต้ขอบเขตที่วางไว้โดยการจำลองแบบปัญหามีกระบวนการที่แบ่งได้ 2 ส่วน คือ การสร้างตัวแบบจำลอง และการนำแบบจำลองไปใช้งาน

สรุปการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (Computer simulation) เป็นวิธีการออกแบบตัวแบบจำลอง (Model) ของสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นหรือระบบในเชิงทฤษฎี โดยการจำลองผ่านทางคอมพิวเตอร์และวิเคราะห์ผลการปฏิบัติการ (Output) ซึ่งการจำลองสถานการณ์ด้วยคอมพิวเตอร์สามารถใช้ในการทำนายผลกระทบที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขในสถานการณ์ของระบบจำลอง

2.2.1.3 สาเหตุที่ไม่ใช้ระบบงานจริงในการศึกษาทดลอง ซึ่งมีหลายสาเหตุ อาทิ 1) ทำให้การทำงานตามปกติเกิดความติดขัด เช่น ทดลองใช้พนักงานฝากและถอนเงินในเวลาปกติจากเดิมใช้พนักงานในการทำงาน 3 คน และเมื่อมีคนที่เพิ่มเข้ามาอาจจะส่งผลให้การทำงานติดขัด 2) ใช้เวลาในการทดลองมากเท่ากับเวลาจริงของการทำงานเช่นใช้เวลาในการทดลอง 30 วัน ก็ต้องใช้เวลาทั้งสิ้น 30 วันจริง 3) ใช้ค่าใช้จ่ายในการทดลองมาก เช่น ต้องมีการจ้างพนักงานเพิ่ม การซื้ออุปกรณ์ใหม่มาเพิ่มเพื่อใช้ในการทดลอง 4) ระบบงานจริงไม่สามารถทดลองได้จริงทุกสถานการณ์ และ 5) ได้ผลการทดลองไม่ทันกับเวลาตามที่ต้องการ เป็นต้น

2.2.1.4 ข้อได้เปรียบในการใช้แบบจำลองสถานการณ์ ได้แก่ การสร้างแบบจำลองสามารถทำการทดลองซ้ำ ๆ กันได้หลายครั้งในแต่ละกรณี เป็นวิธีการวิเคราะห์ที่ประยุกต์ใช้งานได้ง่าย เพราะคำตอบที่ได้รับสามารถใช้งานได้ทันที ค่าใช้จ่ายในการทดลองต่ำกว่าการทดลองในระบบจริง เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการฝึกอบรม และสามารถใช้ทดลองในสถานการณ์ที่อันตรายได้ เป็นต้น

2.2.2 ประเภทของแบบจำลองสถานการณ์

การจำแนกประเภทของแบบจำลองสถานการณ์ (Types of simulation) นั้นจำแนกตามการใช้งานโดยอาศัยลักษณะการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบ (Status system) โดย Kelton และคณะ (Kelton, *et al.*, 2010) ได้แบ่งประเภทของการจำลองสถานการณ์ (Simulation classification) ไว้ 3 ประเภท ดังนี้

2.2.2.1 แบบระบบสถิตกับแบบระบบเชิงพลวัต (Static and dynamic simulation models) การจำลองแบบระบบสถิต คือ การจำลอง ณ เวลาหนึ่งหรือการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบไม่เกี่ยวข้องกับเวลา เช่น Monte carlo simulation การจำลองสถานการณ์ความน่าเชื่อถือของระบบ (Simulation of reliability systems) ส่วนการจำลองแบบระบบเชิงพลวัต คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบมีความเกี่ยวข้องกับเวลาหรือ เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา เช่น การจำลองระบบแถวคอย

2.2.2.2 แบบระบบงานต่อเนื่องและแบบระบบงานไม่ต่อเนื่อง (Continuous & discrete simulation models) การจำลองแบบระบบงานต่อเนื่อง คือ ระบบงานที่การเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบมีความต่อเนื่องตลอดเวลา เช่น ระดับน้ำภายในเขื่อนจะต้องมีการเพิ่มหรือลดตลอดเวลาซึ่งเกิดจากการเปิดระบายน้ำออก หรือเมื่อเกิดฝนตกระบบการจราจร และระบบฝาก-ถอนเงินด้วยตู้ ATM ส่วนแบบจำลองแบบระบบงานไม่ต่อเนื่อง คือ ระบบงานที่การ เปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบเป็นช่วง ๆ ระยะเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่น ระบบการทำงานของ ธนาคารที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างเวลา 8.30 - 16.30 น. การจำลองการทำงานของท่าเรือ การมาของเรือที่เริ่มขนถ่ายสินค้า การขนถ่ายสินค้าเสร็จ เป็นต้น

2.2.2.3 แบบระบบแน่นอนกับแบบระบบไม่แน่นอน (Deterministic & stochastic simulation models) แบบจำลองแบบระบบแน่นอน คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบใหม่ สามารถบอกได้แน่นอนว่าเป็นอย่างไร หรือตัวแบบที่ไม่มีการป้อนข้อมูลแบบสุ่ม (Random input) จะเป็นแบบที่ไม่มีความเสี่ยงหรือความแปรปรวนเลย ทุกอย่างเกิดขึ้นในปริมาณที่แน่นอน อาทิ ระบบการปฏิบัติงานหนึ่งกระบวนการจะมีผลลัพธ์ออกมาทุกงานใช้เวลา 15วินาที ตัวแบบทางการเงินของบริษัทที่สมมติว่ายอดขายหรือค่าใช้จ่ายเป็นไปตามประมาณการ ดังนั้น กำไรในแต่ละเดือนหรือปลายปีจะมีตัวเลขเป็นค่าประมาณการ เป็นต้น ในขณะที่แบบจำลองแบบ ระบบไม่แน่นอน คือ ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานภาพของระบบที่ไม่สามารถบอกได้ว่าเกิดอะไรขึ้น หรือเป็นการใช้ตัวแปรป้อนเข้าที่มีความแปรปรวน หรือความเสี่ยง เช่น ตัวแบบงบประมาณ ทางการเงินของบริษัทที่สมมติว่ายอดขาย หรือค่าใช้จ่ายมีคุณลักษณะแบบแจกแจง ดังนั้น กำไรในแต่ละเดือนหรือปลายปีจะมีค่าไม่แน่นอน อย่างไรก็ตามการจำลองแบบสามารถประเมินค่าความเสี่ยงเป็นตัวเลขได้ เช่น โอกาสที่บริษัทจะได้กำไร 40% เท่ากับ 75%

2.2.3 การประยุกต์ใช้งานแบบจำลองสถานการณ์กับระบบงานจริง

แบบจำลองสถานการณ์สามารถนำมาแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ได้หลายระบบงานด้วยกัน ซึ่งแสดงตัวอย่างการนำไปใช้งานในระบบงานประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

2.2.3.1 การจำลองระบบงานด้านบริหารธุรกิจ และเศรษฐศาสตร์ เช่น การศึกษา สถานะทางการตลาด การศึกษาอัตราการแลกเปลี่ยนเงิน ภาวะเงินเฟ้อ เงินฝืด และพฤติกรรมของผู้บริโภค

2.2.3.2 การจำลองระบบงานด้านการจราจร เช่น ระยะเวลาที่ใช้ในการเปิด ปิด สัญญาณไฟเขียว ไฟเหลือง ไฟแดง ตามที่ตั้งสัญญาณไฟจราจร ณ จุดต่าง ๆ

2.2.3.3 การจำลองระบบงานด้านอุตสาหกรรม เช่น ระบบคลังสินค้า ระบบแถวคอย และระบบการรับ - จ่ายสินค้า

2.2.3.4 การจำลองระบบการฝึกหัดบนเครื่องบิน โดยการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การขึ้นหรือลงในสนามบินที่มีข้อจำกัดในเรื่องสถานที่ อาทิ สนามบินนานาชาติ ฮ่องกง สนามบินนานาชาติสิงคโปร์ เป็นต้น

2.2.3.5 การจำลองระบบด้านการจัดการคมนาคมทางอากาศให้กับเครื่องบินเครื่องใดเครื่องหนึ่ง ณ ระดับความสูงเท่าใดเพื่อป้องกันอุบัติเหตุเครื่องบินชนกัน

2.2.3.6 การจำลองระบบด้านการทหาร เช่น การรบ และการต่อสู้ต่าง ๆ

2.2.3.7 การจำลองระบบด้านการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมก่อนปล่อยน้ำบำบัดแล้วลงไปยังแหล่งน้ำแบบอัตโนมัติ

2.2.3.8 การจำลองระบบด้านผลกระทบทางเศรษฐกิจ เมื่อมีการตัดสินใจใช้นโยบายต่าง ๆ

2.2.3.9 การจำลองระบบด้านการแข่งขันในเชิงธุรกิจต่างๆ เมื่อผู้บริหารมีแผนการหลายแบบมาทดลองใช้

2.2.4 ขั้นตอนการศึกษาโดยใช้แบบจำลองสถานการณ์

ในการสร้างแบบจำลองสถานการณ์จะทำในรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ต้องอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการทำงานซึ่งมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

2.2.4.1 กำหนดรูปแบบปัญหา (Problem formulation) คือ การกำหนดว่าปัญหามีอะไรบ้าง ผู้กำหนดนโยบายต้องพิจารณาว่าปัญหาที่ยกมานั้นครอบคลุมปัญหาทั้งหมด

2.2.4.2 การกำหนดวัตถุประสงค์ (Set objective & overall planning) คือ การกำหนดวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความชัดเจนว่าจะทำตัวแบบจำลองอย่างไร กำหนดขอบเขตของโครงการ และข้อจำกัดต่าง ๆ

2.2.4.3 สร้างตัวแบบจำลอง (Model building) สร้างตัวแบบจำลองต้องคำนึงถึงลักษณะของระบบงานที่จำลอง และตัวแบบจำลองนี้ต้องสามารถอธิบายพฤติกรรมของระบบที่ต้องการศึกษาได้ชัดเจน

2.2.4.4 การเก็บข้อมูล (Data collection) ตัวแปรของระบบทั้งหมดจะเป็นข้อมูลที่ต้องทำการเก็บรวบรวม

2.2.4.5 การลงรหัส (Coding) เป็นการเปลี่ยนตัวแบบจำลองให้เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.2.4.6 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม (Verified) เป็นขั้นตอนการตรวจสอบว่าโปรแกรมนี้ทำงานได้หรือไม่

2.2.4.7 ตรวจสอบความถูกต้องของระบบจำลอง (Validate) เป็นการตรวจสอบขั้นต่อมาว่าโปรแกรมสามารถดำเนินการได้ผ่าน และผลลัพธ์ที่ได้ถูกต้องหรือไม่

2.2.4.8 วางแผนการทดลอง (Experiment design) เป็นการวางแผนการใช้ตัวแบบจำลองอย่างไรจึงจะได้ข้อมูลมาวิเคราะห์ได้

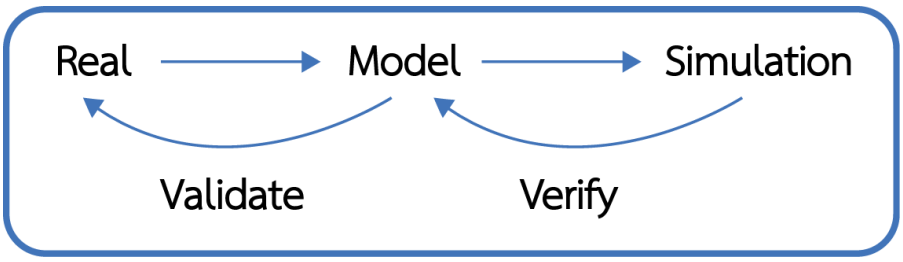
2.2.4.9 ให้ตัวแบบจำลองทำงานและวิเคราะห์ผล (Production runs & analysis) เมื่อมีการวางแผนการทดลองแล้วก็ต้องมีการสั่งให้ตัวแบบทำตามแผนที่วางไว้ และวิเคราะห์ผลลัพธ์ออกมา

2.2.4.10 พิจารณาการทำงานเพิ่ม (More runs) เนื่องจากบางครั้งตัวแบบจำลอง ให้ผลออกมาไม่เป็นตามที่ต้องการและยังขาดความถูกต้องแม่นยำ เพื่อให้เกิดความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ก็อาจมีการเพิ่มตัวแบบทำงานหรือตัวแปรเข้าไปเพื่อให้ระบบจำลองสถานการณ์สมบูรณ์ขึ้น

2.2.4.11 การทำคู่มือการใช้งานและทำการรายงานผล (Document program & report result) การทำคู่มือการใช้งานหรือเอกสารอธิบายแบบจำลองเพื่อให้ผู้ใช้งานทราบข้อจำกัดต่าง ๆ ในตัวแบบจำลอง หากมีการนำตัวแบบจำลองนำไปใช้งาน และจัดทำรายงานผลการทำงานหรือผลการทดลองออกมาแสดงด้วย

2.2.4.12 การนำไปใช้งาน (Implementation) เป็นการนำแบบจำลองสถานการณ์ที่สร้างขึ้นเสร็จสมบูรณ์แล้วมาช่วยในการตัดสินใจต่อไป

Model verification and validation คือ การยืนยันและการหาความน่าเชื่อถือของแบบจำลองถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่สุดก่อนที่จะนำแบบจำลองไปใช้งาน โดยการ Validation เป็นการยืนยันว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องตรงตามระบบจริง ส่วน Verification เป็นการยืนยันว่าโปรแกรมสามารถจำลองระบบได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 2.4 กระบวนการตรวจสอบและควบคุมการจำลองระบบให้ตอบสนองตรงตามวัตถุประสงค์ (Danupun, 2002)

จากภาพที่ 2.4 สามารถอธิบายได้ว่าระบบจริงสามารถอธิบายได้ด้วยแบบจำลอง ส่วนแบบจำลองสามารถอธิบายการทำงานโดยโปรแกรมการจำลองระบบการ Validation เป็นการยืนยันว่าแบบจำลองสอดคล้องกับระบบจริง และการ Verification เป็นการยืนยันว่าโปรแกรมการจำลองระบบสามารถทำงานตอบสนองตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ได้

ในงานวิจัยนี้จะทำการจำลองเหตุการณ์การจราจรบนสี่แยกถนนเทพกระษัตรีตัดกับถนนดำรง (สี่แยกโรงเรียนสตรีภูเก็ต) เขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต ในมุมมองบุคคลหนึ่งโดยจะให้ผู้ใช้ระบบทำหน้าที่เป็นผู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกที่ระบบจัดสรรให้ และมีการสุ่มยานพาหนะปล่อยออกมาอย่างต่อเนื่องซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป พร้อมทั้งมีข้อมูลการระบุตำแหน่งของยานพาหนะเพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรของตำรวจจราจร

2.3 จินตทัศน์

2.3.1 ความหมายและคำจำกัดความของจินตทัศน์

การสร้างจินตทัศน์ (Visualization) คือ การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยสนับสนุนหรือทำงานโต้ตอบกับมนุษย์ได้ การนำเสนอภาพแทนข้อมูลที่ต้องการจะขยายความก่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจ (Card, *et al.*, 1999) ซึ่งหมายถึง ภาพหรือกราฟิก การใช้สี รูปร่างหรือรูปทรงสัญลักษณ์เป็นการแสดงผลข้อมูลในระหว่างผู้ใช้งาน และคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของรูปภาพ โดยช่วยให้ผู้ใช้สามารถจดจำและเรียนรู้ผ่านการมองเห็น หรือหมายถึงการสร้างมโนภาพในสิ่งที่สนใจขึ้นมา ซึ่งก็ได้มีการนำมาใช้กับการนำเสนอ หรือเป็นกรอบแนวคิดและสามารถนำไปใช้สนับสนุนการตัดสินใจ (Ware, 2004) ทำให้ผู้ใช้งานเกิดการเรียนรู้และง่ายต่อการทำความเข้าใจ

การนำเทคนิคการสร้างจินตทัศน์มาใช้งานขึ้นอยู่กับชนิดข้อมูลและความต้องการแสดงผลข้อมูล โดยการนำเสนอข้อมูลด้วยภาพส่งผลให้เกิดการรับรู้ด้วยภาพ ประกอบด้วยวัตถุ ฉาก หรือภาพ คน และกระบวนการแสดงแนวความคิดกับวัตถุที่ได้ออกแบบสำหรับการสร้างคลาส (Class) ซึ่งเน้นไปที่การใช้งาน โดยการสร้างจินตทัศน์เป็นตัวแทนกราฟิกที่ดีที่สุดที่บ่งบอกถึงความคิดที่ซับซ้อนได้อย่างชัดเจน แม่นยำ และมีประสิทธิภาพ Stephan Diehl กล่าวว่า Visualization เป็นการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของ Visual form ซึ่งเป็นการแสดงข้อมูลในรูปแบบของรูปภาพ กราฟ หรือแผนภาพ โดยผลลัพธ์ของจินตทัศน์เป็นการแสดงข้อมูลให้ผู้ใช้สามารถสัมผัสได้ ซึ่งกระบวนการในการแสดงหรือการนำข้อมูลออกมาผู้ใช้อาจจะไม่ทันสังเกต แต่การสร้างจินตทัศน์มีจุดมุ่งหมายในการส่งข้อมูลไปยังระบบ ทำให้เกิดการรับรู้โดยภาพของผู้ใช้งานระบบโดย จินตทัศน์เป็นสิ่งจำเป็นในการค้นหาข้อมูลและใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อช่วยลดช่องว่างระหว่างผู้ใช้งาน และข้อมูล ซึ่งยังช่วยให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Diehl, 2007)

การสร้างจินตทัศน์ เป็นเทคนิคการสร้างภาพที่สามารถแปลงข้อมูลดิบลงในรูปแบบของกราฟ หรือภาพ ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจข้อมูลที่แฝงอยู่ได้ง่ายขึ้น (Yeh, 2006) กระบวนการรับรู้รูปแบบนี้ ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ทำให้ผู้ใช้เข้าใจความหมายของข้อมูลมากขึ้น วิธีการสร้างจินตทัศน์เป็นวิธีที่ช่วยให้ผู้ใช้มีความเข้าใจในข้อมูล ทำให้ผู้ใช้สามารถประเมินผลและวิเคราะห์ข้อมูลได้ง่ายขึ้น (Muzammil และ Sarwar Shah, 2011)

กล่าวโดยสรุปการสร้างภาพจินตทัศน์ คือ เครื่องมือ เทคนิค วิธีการ หรือกระบวนการแปลงข้อมูลสารสนเทศ และองค์ความรู้ โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยจัดการไปยังการนำเสนอผลลัพธ์แบบกราฟิก แผนภาพ แผนภูมิ แผนผัง โครงสร้าง แผนที่ หรือรูปแบบต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนงานวิจัยในวงกว้าง เช่น การวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศ การสำรวจข้อมูลสารสนเทศ การทำนายแนวโน้ม ช่วงเวลา การเล่าเรื่องราวที่ผ่านมา

2.3.2 ความสำคัญของการสร้างจินตทัศน์

2.3.2.1 เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพที่สามารถนำไปใช้งานกระบวนการเรียนรู้ กระบวนการเปลี่ยนข้อมูลเป็นภาพที่มีความแตกต่างกัน (Chen, 2010) มีวัตถุประสงค์เพื่อการสำรวจข้อมูล การวิเคราะห์ และการอธิบาย

2.3.2.2 เป็นโดเมนการวิจัยที่มุ่งเน้นการใช้วิธีการสร้างภาพธรรมที่ช่วยให้คนมีความเข้าใจข้อมูลและประเมินผลหรือวิเคราะห์ข้อมูล (Khan, 2011) คือ การส่งข้อมูลที่ผ่านกระบวนการและได้ข้อมูลที่สรุปผล มองเห็นด้วยภาพที่เชื่อมโยงกันในลักษณะแบบโต้ตอบ การรับรู้ของมนุษย์โดยผู้ใช้ได้รับรู้สาเหตุของความสัมพันธ์ และการพึ่งพากันเกี่ยวกับโครงสร้างภายในของข้อมูล โดยเทคนิคการสร้างภาพจินตทัศน์ช่วยให้ข้อมูลที่มีจำนวนมากและซับซ้อนเกิดความเข้าใจได้ซึ่งวัตถุประสงค์

พื้นฐาน คือ การสร้างตัวแทนข้อมูลด้วยกราฟิกแบบโต้ตอบซึ่งมนุษย์สามารถรับรู้และเข้าใจ มักจะเกี่ยวข้องในการนำเสนอข้อมูลมองเห็นด้วยภาพกราฟ อธิบายคุณลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่ และเป็นข้อมูลที่มีมิติสูง โดยข้อมูลที่มีบทสรุป โครงสร้างซับซ้อน

2.3.2.3 เป็นสื่อที่มีประโยชน์สำหรับการตรวจสอบ การทำความเข้าใจ และการถ่ายทอดข้อมูล (Steele, 2011) มีเหตุผล ดังนี้

(1) ยกระดับความสามารถของงานให้มีความน่าดึงดูดและน่าสนใจอย่างยิ่ง และเพิ่มเส้นทางของระบบการมองเห็นข้อมูลสารสนเทศจำนวนมากรับรู้เข้าสู่คลังข้อมูลทางความคิดของเราได้อย่างรวดเร็ว

(2) ใช้ประโยชน์จากคลังข้อมูลทางความคิดของเรา โดยใช้ซอฟต์แวร์เป็นเครื่องมือช่วยในการสร้างสรรค์โดยระบุรูปแบบ ความหมาย และการเชื่อมโยงความสัมพันธ์การติดต่อสื่อสารได้เป็นอย่างดี

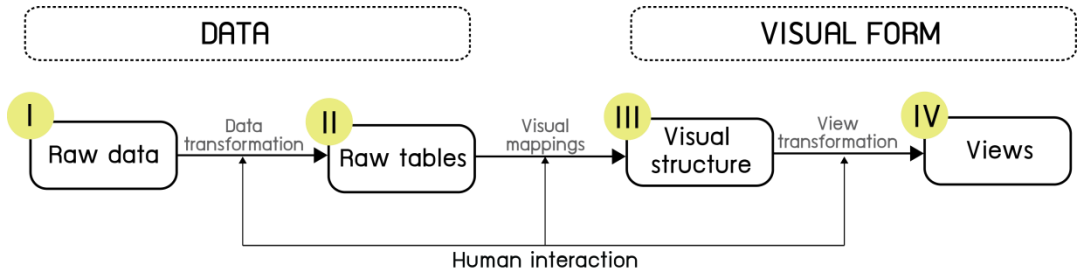
(3) เกิดแรงบันดาลใจใหม่ ทั้งคำถามและการสำรวจเพิ่มเติม

(4) ช่วยระบุปัญหาย่อย

(5) เป็นการดีอย่างยิ่งสำหรับการระบุแนวโน้ม และค่าผิดปกติ การค้นพบหรือการค้นหาที่น่าสนใจหรือระบุข้อมูลที่เฉพาะเจาะจงในเขตข้อมูลขนาดใหญ่

2.3.3 แบบจำลองกระบวนการสร้างจินตทัศน์

เป้าหมายของการสร้างจินตทัศน์ ได้แก่ การวิเคราะห์ (Analyze) การสำรวจ (Explore) การค้นพบ (Discover) การอธิบายโดยใช้ภาพประกอบ (Illustrate) และการสื่อสารข้อมูลสารสนเทศ (Communicate information) จากเป้าหมายทั้งหมดนี้จัดอยู่ในรูปแบบ ที่รับรู้และเข้าใจได้ชัดเจนดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แบบจำลองกระบวนการสร้างจินตทัศน์ (Gaither, *et al.*, 2005)

จากรูปที่ 2.5 ได้อธิบายกระบวนการสร้างจินตทัศน์ เริ่มต้นจากการดึงข้อมูล เพื่อให้เกิดการมองเห็นเป็นภาพในการสนับสนุนการมีปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์ช่วยให้เกิดความรู้สึก และรับรู้เข้าใจได้ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนสำคัญ ดังนี้ (I) ข้อมูลดิบ (Raw data) ได้แก่ ข้อมูลที่มีรูปแบบที่มีลักษณะเฉพาะ (II) ตารางข้อมูล (Data tables) ได้แก่ ความสัมพันธ์จากตัวแปรและข้อมูลจำนวนมากที่มีความหลายหลาย (III) โครงสร้างภาพ (Visual structures) ได้แก่ พื้นผิวเชิงพื้นที่ เครื่องหมายและคุณสมบัติ กราฟิก (IV) มิติที่มองเห็นภาพ (views) ได้แก่ ภาพกราฟิก ที่แสดงลักษณะเฉพาะของการดำเนินงานกับความสัมพันธ์ต่าง ๆ เช่น ตำแหน่ง การย่อขยาย ประเด็นที่น่าสนใจ

2.3.5 ลำดับเส้นทางของการสร้างจินตทัศน์

ลำดับเส้นทางของการสร้างจินตทัศน์ (Visualization pipeline) ประกอบด้วย 5 โมดูลหลัก สามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

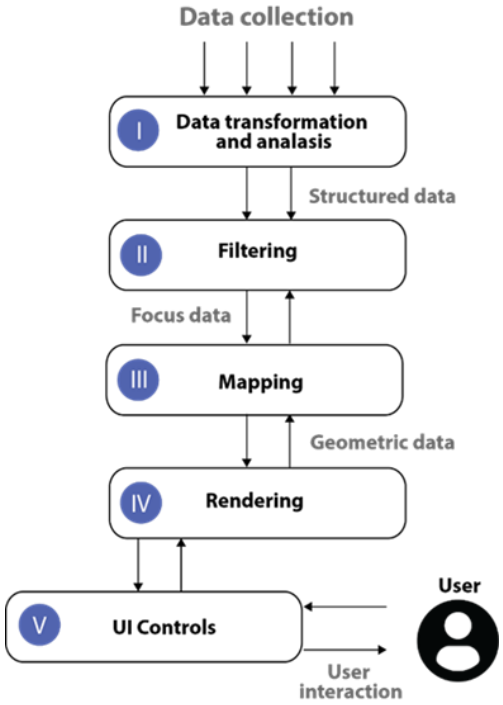
2.3.5.1 การแปลงข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล (Data transformation and analysis) เป็นกระบวนการแปลงข้อมูล และโมดูลของการวิเคราะห์ข้อมูลแบบมีโครงสร้าง และไม่มีโครงสร้างที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับข้อมูลแบบไม่มีโครงสร้างสามารถจัดการด้วยเทคนิค Data mining เช่น Clustering หรือ Categorization เพื่อดึงโครงสร้างข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับจินตทัศน์ และสำหรับข้อมูลที่มีโครงสร้างจะถูกส่งไปยังโมดูลการกรอกข้อมูลโดยตรง

2.3.5.2 การกรอกข้อมูล (Filtering) เป็นโมดูลการลบข้อมูลที่ไม่เกี่ยวข้องด้วยการกรองข้อมูล และทำการแก้ไขค่าที่ผิดพลาด ส่งไปยังโมดูลการกรองอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติเพื่อเลือกส่วนข้อมูลส่งไปยังโมดูลถัดไป

2.3.5.3 การนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกับแบบแผน หรือแนวคิดเพื่อวิเคราะห์และสกัดเป็นสารสนเทศเพื่อนำไปใช้งาน (Mapping) โดยนำผลจากการกรองข้อมูลดึงเข้าสู่โมดูลการทำแผนที่ ซึ่งมีพื้นฐานทางเรขาคณิต เช่น จุด เส้น และกำหนดคุณลักษณะของภาพ เช่น สี ตำแหน่งและขนาด เพื่อส่งไปยังการสร้างภาพกราฟฟิก

2.3.5.4 การสร้างภาพกราฟฟิก หรือการให้แสงและเงา (Rendering) เป็นโมดูลของการสร้างภาพ หรือการให้แสงและเงา ซึ่งจะถูกแสดงผลลัพธ์ให้เห็นเป็นภาพกราฟิก

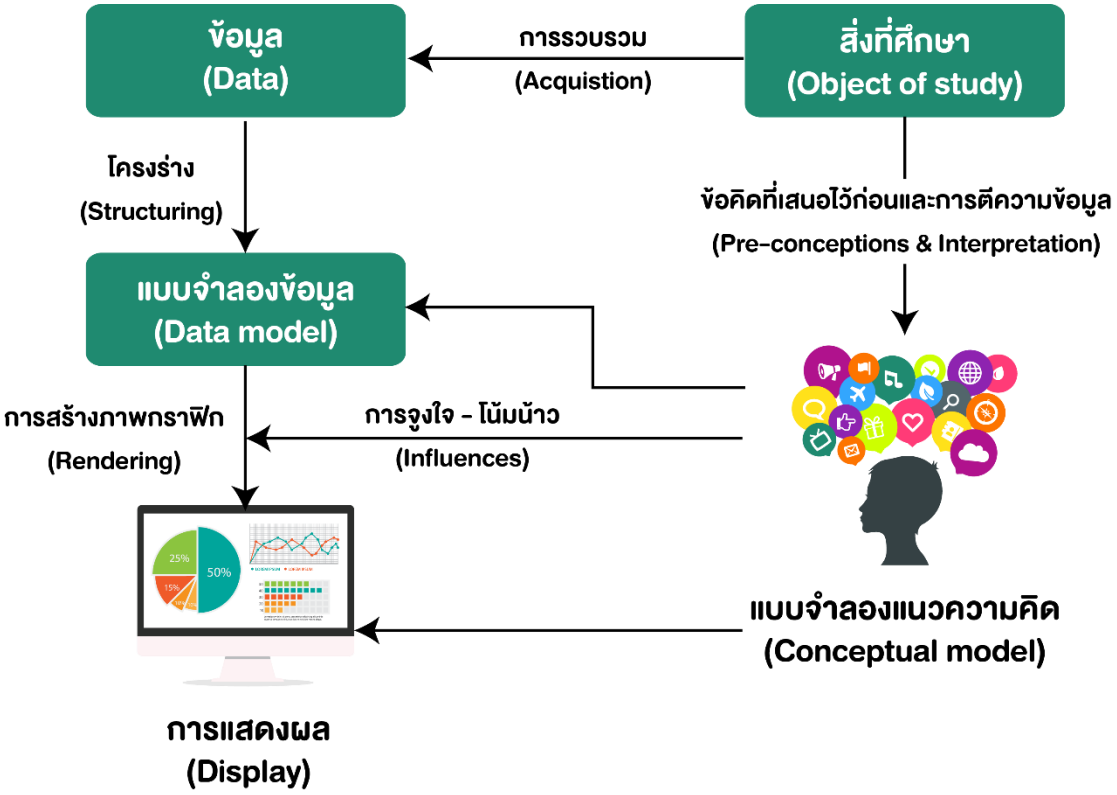
2.3.5.5 การควบคุมส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI Controls) ผู้ใช้สามารถโต้ตอบข้อมูลกราฟิกผ่านการควบคุมจากส่วนประสานกับผู้ใช้ เพื่อการสำรวจและสร้างความเข้าใจข้อมูลได้จากหลายมุมมอง ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ลำดับเส้นทางของการสร้างจินตทัศน์ (Visualization pipeline)

2.3.6 กระบวนการสร้างจินตทัศน์

กระบวนการสร้างจินตทัศน์ (Visualization process) ระหว่างคอมพิวเตอร์และมนุษย์แสดงภาพรวมของเส้นทางของข้อมูลรวมถึงข้อมูลเชิงลึก เริ่มต้นจากกระบวนการสิ่งที่เราต้องการจะศึกษาแบ่งเป็นสองเส้นทาง ได้แก่ กระบวนการเก็บข้อมูลและกระบวนการสร้างแบบจำลองแนวความคิด กระบวนการนี้ได้มีความคิดล่วงหน้า และการตีความหมายข้อมูล ความหมายข้อมูลจากแนวความคิดที่ได้จากแบบจำลอง แนวความคิด และจากสิ่งที่เราต้องการจะศึกษาเริ่มที่ การรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เช่น การขนส่ง การเงิน เศรษฐกิจ การข่าว การทหาร จากกระบวนการข้อมูลนี้จะได้โครงร่างข้อมูลก่อนไปสู่กระบวนการแบบจำลองข้อมูล โดยผ่านขั้นตอนการสร้างภาพกราฟิกหรือการเรนเดอร์จากแบบจำลอง เริ่มจากการนำเข้าแบบจำลองข้อมูลจะแสดงผลวัตถุในลักษณะสองมิติหรือสามมิติแสดงโครงสร้างข้อมูลเชิงเรขาคณิต ได้แก่ พิกัด มุมมอง พื้นผิว ลวดลายข้อมูลเกี่ยวกับความสว่างและแสดงผลบนจอภาพทั้งแบบ ดิจิทัล ขั้นตอนการเรนเดอร์ รวมถึงการให้สี แสง เงา และเส้น แล้วแต่มุมมองแนวคิด การออกแบบ โดยแบบจำลองแนวความคิดนี้ผู้ออกแบบนั้นจะต้องคำนึงถึงสามส่วนสำคัญ คือ แบบจำลองข้อมูล การสร้างภาพ และการแสดงผล เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ของการศึกษาที่มีประสิทธิภาพนั้นเอง สรุปกระบวนการสร้างภาพจินตทัศน์ ดังรูปที่ 2.7 (Gaither, *et al.*, 2005)



รูปที่ 2.7 กระบวนการสร้างจินตทัศน์ (Visualization process)

2.3.7 เทคนิคการสร้างจินตทัศน์

เทคนิคหรือวิธีการสร้างจินตทัศน์ (Visualization technique) สามารถจำแนกหรือจัดกลุ่มจากรูปแบบได้ 6 กลุ่มหลัก (Eppler และ Lengler, 2007) ได้แก่

2.3.7.1 การสร้างจินตทัศน์ของข้อมูล (Data visualization) คือ การแทนข้อมูลด้วยรูปแบบต่าง ๆ ทั้งแบบที่มีแกนอ้างอิงและไม่มีแกนอ้างอิง ประกอบด้วยตาราง กราฟ วิดีโอ ภาพเคลื่อนไหว และสื่อประสม ในรูปแบบต่าง ๆ การแทนข้อมูลจะต้องมีการอ้างอิง หรือแบบเชิงสัมพันธภาพของข้อมูล โดยนำคุณลักษณะของข้อมูลออกมานำเสนอให้สามารถเข้าใจในอีกมุมมองหนึ่งด้วยภาพหรือรูปแบบต่าง ๆ

2.3.7.2 การสร้างจินตทัศน์ของสารสนเทศ (Information visualization) คือ สารสนเทศเป็นสิ่งที่ได้ประมวลมาจากข้อมูลทำให้เกิดเป็นนามธรรมมากยิ่งขึ้น เพื่อให้เข้าใจในระดับที่ตีความได้ในบริบทหนึ่ง การสร้างจินตทัศน์ของสารสนเทศจะเป็นการขยายความรู้สึกนึกคิดให้ชัดเจนและเข้าใจมากขึ้น ซึ่งสารสนเทศนี้จะต้องแปลงหรือนำเสนอในรูปของภาพสองมิติ หรือสามมิติ ภาพของสารสนเทศนั้น สามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยผู้ใช้เพื่อให้เกิดรูปแบบที่ผู้ใช้เข้าใจได้มากที่สุด

2.3.7.3 การสร้างจินตทัศน์ของแนวคิด (Concept visualization) คือ แนวคิดเป็นสิ่งที่สืบเนื่องมาจากการได้สัมผัสกับสารสนเทศ และมองเห็นภาพรวมการแทนภาพแนวคิดจะต้องแสดงออกด้วยการผสมผสาน ให้เห็นคุณภาพและแนวคิดสามารถเชื่อมโยงกับยุทธศาสตร์ ปัญหา และแนวทางการที่จะนำไปสู่ความเข้าใจในเรื่องที่ซับซ้อนจากองค์ประกอบต่าง ๆ ของแนวคิดมากยิ่งขึ้น

2.3.7.4 การสร้างจินตทัศน์ของยุทธศาสตร์ (Strategy visualization) คือ การสร้างจินตทัศน์ของยุทธศาสตร์ จะต้องนำบริบททางยุทธศาสตร์มาใช้ คือ เป้าหมาย กลยุทธ์ ทำให้มองเห็นยุทธศาสตร์เหล่านั้น จึงต้องนำองค์ประกอบเหล่านี้มาประกอบกันเพื่อสร้างความเข้าใจในการสื่อสารยิ่งขึ้น

2.3.7.5 การสร้างจินตทัศน์ในเชิงอุปมาอุปมัย (Metaphor visualization) คือ วิธีการมองภาพจากแบบดั้งเดิมแบบหนึ่งไปเป็นอีกแบบหนึ่ง ทำให้เกิดโครงสร้างของแนวคิดข้อมูลสารสนเทศในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่าย และทำให้เกิดความเข้าใจมากยิ่งขึ้นในลักษณะหลักของสิ่งที่ต้องการสร้างจินตทัศน์

2.3.7.6 การสร้างจินตทัศน์ของระบบที่ประกอบด้วยหลายส่วน (Compound visualization) คือ การใช้ภาพกราฟิกหลายรูปแบบโดยนำแต่ละชิ้นส่วนมาประกอบกันแล้วเกิดการผสมผสานเป็นภาพเดียวหรือหนึ่งภาพนั่นเอง เพื่อทำให้องค์ประกอบแต่ละชิ้นรวมกันเป็นบริบทเดียวกัน

ในงานวิจัยนี้ได้จัดอยู่ในการสร้างจินตทัศน์ของสารสนเทศ (Information visualization) เนื่องจากเป็นการนำเสนอข้อมูลทั้งในรูปแบบสองมิติและสามมิติ โดยสามารถข้อมูลจะสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามคำสั่งของผู้ใช้ ส่งผลให้ผู้ใช้สามารถตีความได้ในบริบทหนึ่งซึ่งจะเป็นการขยายความรู้สึกนึกคิดให้เข้ามากยิ่งขึ้น

2.3.8 งานวิจัยที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน

จากสำรวจการวิจัยของ Shixia Liu และคณะ พบว่างานวิจัยในด้านจินตทัศน์ที่ได้รับความสนใจในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ วิธีการเชิงประจักษ์ (Empirical methodology) การโต้ตอบหรือปฏิสัมพันธ์ (Interactions) กรอบความคิด (Frameworks) และแอปพลิเคชัน (Applications) โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

2.3.8.1 วิธีการเชิงประจักษ์ (Empirical methodology) ประกอบด้วยโมเดลการสร้างจินตทัศน์ 12 แบบ (Liu, *et al.*, 2014) ทฤษฎีการประเมินผลศึกษาจากการใช้งาน และการทดลองควบคุมการศึกษาที่หลากหลาย เป้าหมายหลักของการสร้างตัวแบบ และทฤษฎีที่นำเสนอบนพื้นฐานทางทฤษฎีจำนวนหนึ่งของการใช้งานจากโดเมนที่แตกต่างกันโดยที่การประเมินผลสามารถนำมาใช้เพื่อลดช่องว่างระหว่างการวิจัยและการใช้งานจริง ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาวิธีการที่มีการใช้

งานอยู่และการควบคุมการทดลองเพื่อสร้างความเข้าใจกับผู้ใช้จริงในเรื่องการดำเนินงานและมีปฏิสัมพันธ์กับชุดเครื่องมือเพื่อออกแบบสร้างจินตทัศน์ เทคนิคการสร้างจินตทัศน์ของนักออกแบบนักพัฒนาระบบสามารถประเมินศักยภาพและข้อจำกัดของเครื่องมือที่ได้พัฒนาขึ้นและแบ่งกลุ่มวิธีการนี้ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ได้แก่ ตัวแบบและการประเมินผล

2.3.8.2 การโต้ตอบหรือปฏิสัมพันธ์ (Interactions) แบ่งได้เป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มปฏิสัมพันธ์แบบ WIMP คือ วินโดว์ (Windows) สัญลักษณ์รูป (Icons) เมาส์ (Mouse) ตัวชี้ (Pointer) และกลุ่มหลังปฏิสัมพันธ์ WIMP โดยเทคนิคกลุ่มปฏิสัมพันธ์แบบ WIMP นั้น มุ่งเน้นศึกษาวิธีที่ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับเครื่องมือการสร้างจินตทัศน์โดยใช้เมาส์และคีย์บอร์ด ส่วนกลุ่มหลังปฏิสัมพันธ์ WIMP นั้นมุ่งเน้นศึกษาวิธีการใช้ประโยชน์จากปากกาหรือการสัมผัสผ่านการโต้ตอบกับอุปกรณ์ ด้วยกระบวนทัศน์ที่ไปได้ไกลกว่าของวินโดว์ สัญลักษณ์รูปเมนู และอุปกรณ์ตัวชี้ เช่น อุปกรณ์ที่ใช้งานได้แบบสัมผัส

2.3.8.3 กรอบแนวคิด (Frameworks) มีจุดหมายเพื่อออกแบบโครงร่างการสร้างจินตทัศน์สำหรับการใช้งานในวงกว้างของเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับการสร้างจินตทัศน์ และการใช้งาน (Bostock, *et al.*, 2011 และ Heer & Bostock, 2010) หรือระบบสำหรับบางชุดแอปพลิเคชันในโดเมนเฉพาะ เช่น ข้อมูลหลายตัวแปร และข้อมูลที่มีคุณสมบัติหรือลักษณะที่แตกต่างกัน

2.3.8.4 แอปพลิเคชัน (Applications) เป็นการแนะนำการใช้งานที่หลากหลาย รวมถึงการสร้างจินตทัศน์แบบกราฟ แบบข้อความ แผนที่ และการแสดงข้อมูลหลายตัวแปร

จากงานวิจัยด้านการสร้างจินตทัศน์ที่ผ่านมามุ่งเน้นไปที่วิธีการเชิงประจักษ์ และแอปพลิเคชัน กล่าวคือ กลุ่มวิธีการแรก และวิธีการที่สี่ จากการสำรวจของ Shixia Liu และคณะ (Liu, *et al.*, 2014) แสดงให้เห็นว่าข้อบ่งชี้ว่าการสร้างจินตทัศน์จะค่อย ๆ มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นนักวิจัยและผู้ปฏิบัติงานมีการศึกษาวิธีการเชิงประจักษ์อย่างต่อเนื่องเพื่อการเข้าถึงผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้ก็ได้อ้างอิงวิธีการเชิงประจักษ์มาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

2.3.9 ข้อพิจารณาการสร้างจินตทัศน์

ข้อพิจารณาการสร้างจินตทัศน์แบ่งออกได้ 4 มิติ ประกอบด้วย (1) ชนิดข้อมูล ได้แก่ ชนิดอนุกรมเวลา ชนิดลำดับชั้น และชนิดข้อความ เป็นต้น (2) โดเมน อาทิ กลุ่มการทหาร กลุ่มสังคม กลุ่มการเงินและธุรกิจ วิศวกรรม ซอฟต์แวร์ เป็นต้น (3) เทคนิค การเลือกเทคนิคหรือวิธีการสร้างจินตทัศน์ที่สอดคล้องกับงานวิจัย และวัตถุประสงค์ (4) ระเบียบวิธี ขึ้นอยู่กับ“ทฤษฎีสารสนเทศ” ของการสร้างจินตทัศน์สำหรับการเลือกชุดข้อมูลที่ดีที่สุดให้บรรลุจุดมุ่งหมาย (Robertson, 1990)

2.4 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้

2.4.1 หลักการในการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (Shneiderman; Plaisant, 2005)

ในการออกแบบออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ ซึ่งต้องมีการโต้ตอบระหว่างผู้ใช้กับระบบ ผู้วิจัยจึงต้องคำนึงถึงเรื่องต่อไปนี้

2.4.1.1 ประเมินทักษะผู้ใช้งาน เพราะผู้ใช้งานมีหลากหลาย การรู้จักผู้ใช้ เป็นหลักการแรกที่ต้องทำ ซึ่งสามารถแบ่งทักษะผู้ใช้งานออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ ผู้ใช้มือใหม่ (Novice or first - time user) ผู้ใช้ระดับกลาง (Knowledgeable intermittent users) และผู้เชี่ยวชาญ (Expert frequent user) ในการออกแบบที่จะทำให้ทุกกลุ่มสามารถเข้าใจร่วมกันได้นั้นจะเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากและท้าทายมาก เนื่องจากแต่ละกลุ่มมีทักษะการใช้งานที่แตกต่างกัน

2.4.1.2 แจกแจงงาน นักออกแบบต้องแจกแจงหน้าที่ และงานของระบบให้ละเอียดก่อน แล้วเรียงลำดับว่างานไหนมีความสำคัญก่อน งานไหนสำคัญหลัง

2.4.1.3 เลือกแบบการมีปฏิสัมพันธ์ การปฏิสัมพันธ์มีได้หลายรูปแบบ นักออกแบบควรเลือกให้เหมาะสม เช่น

(1) Direct manipulation การจับต้องสัมผัสโดยตรง เช่น การลากไอคอนลงไปบนถังขยะ แสดงว่าต้องการลบ มีข้อดี คือ ภาพที่นำเสนอแสดงถึงหน้าที่อย่างชัดเจน ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ได้ง่าย จดจำได้ง่าย อีกทั้งยังหลีกเลี่ยงความผิดพลาดที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากความไม่เข้าใจไอคอนนั้นๆ เป็นต้น

(2) Menu selection การเลือกเมนู มีข้อดี คือ เรียนรู้ได้ง่าย ลดการใช้คีย์บอร์ด เกิดการตัดสินใจที่มีโครงสร้าง ลดการเกิดข้อผิดพลาด มีข้อเสีย คือ เมนูที่มากไปทำให้การนำเสนอไม่ดี และส่งผลให้ผู้ใช้งานที่มีความชำนาญใช้งานได้ช้าลง

(3) Form fill in การเติมคำลงในฟอร์ม มีข้อดี คือ การกรอกข้อมูลมีความง่าย ฝึกฝนได้ไม่ยาก และมีคำแนะนำที่สะดวก มีข้อเสีย คือ ใช้พื้นที่แสดงผลมาก

(4) Command language ภาษาในการสั่งการ เป็นการใช้ตัวอักษรโดยส่วนใหญ่จะใช้กับผู้ใช้ที่มีความเชี่ยวชาญหรือมีความชำนาญแล้ว มีข้อดี คือ มีความยืดหยุ่น และเหมาะสมกับผู้ใช้ระดับสูง โดยที่ผู้ใช้สามารถสร้างคำสั่งเองได้ มีข้อเสีย คือ มีข้อผิดพลาดได้ง่าย ต้องการการอบรมและการจดจำสูง

(5) Natural language ภาษาพูด หรือภาษาที่ใช้โดยธรรมชาติ มีข้อดี คือ สร้างสาระสำคัญของระบบการเรียนรู้ มีข้อเสีย คือ ต้องแยกแยะบทสนทนา อาจไม่แสดงถึงเนื้อหา อาจจะต้องพิมพ์มาก และคาดเดาไม่ได้

ดังนั้นหลักการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI) สำหรับระบบ iTraffic ต้องเริ่มจากการประเมินทักษะผู้ใช้งานว่าอยู่ในระดับใด เป็นใคร หลังจากนั้นผู้วัยจึงออกแบบและแจกแจงหน้าที่ของระบบว่ามีจุดประสงค์ในการใช้งานอะไร เพื่ออะไร สุดท้ายเลือกแบบการมีปฏิสัมพันธ์ ผู้วิจัยเลือกการมีปฏิสัมพันธ์แบบสัมผัสโดยตรง ผ่านไอคอนการควบคุมสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น

2.4.2 กฎ 8 ข้อสำหรับการออกแบบหน้าจอ (Shneiderman; Plaisant, 2005)

2.4.2.1 ดำรงความคงที่ (Strive for consistency) ทำให้เกิดความสม่ำเสมอ ไม่ว่าจะเป็นเมนู ไอคอน สี รูปแบบ ตัวอักษรต่าง ๆ ควรจะมีความสม่ำเสมอ เป็นรูปแบบเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็นสัญลักษณ์ สีขนาดที่ใช้ควรจะเป็นชุดเดียวกัน

2.4.2.2 มีทางลัดให้เลือกเดิน (Enable users to shortcuts) เมื่อผู้ใช้ทำการใช้ระบบบ่อยครั้งจนเคยชิน ระยะเวลาตอบโต้ที่รวดเร็ว การเสนอผลลัพธ์บนหน้าจออย่างรวดเร็วเป็นสิ่งที่ผู้ใช้งานประจำและผู้เชี่ยวชาญต้องการ

2.4.2.3 เสนอคำตอบกลับอย่างมีความหมาย (Offer information feedback) ให้ข้อมูลป้อนกลับเมื่อมีการปฏิสัมพันธ์ เพื่อเป็นตัวเร้าที่ดีสำหรับผู้ใช้งาน ให้มีความรู้สึกว่ากำลังได้ควบคุมและโต้ตอบกับระบบอยู่ การเสนอคำตอบกลับ ควรอธิบายให้ชัดเจนว่าเกิดผลอะไรและควรทำอะไรต่อไป

2.4.2.4 ตอบโต้โดยยืนยันการสิ้นสุด (Design dialog yield closure) ขั้นตอนในการทำกิจกรรมควรออกแบบให้มีจุดเริ่มต้น ระหว่างกลาง และจุดสิ้นสุด การให้คำอธิบายว่ากำลังเกิดอะไรขึ้นและสิ้นสุดลงเมื่อใด ทำให้ผู้ดำเนินการพอใจในผลการกระทำของตน และสามารถวางแผนดำเนินการขั้นต่อไปได้

2.4.2.5 จัดการกับข้อผิดพลาดอย่างง่าย (Offer simple error handling) มีการป้องกันความผิดพลาดจากผู้ใช้งาน เช่น เมื่อมีการคลิกเม้าส์ผิดที่ หรือป้อนข้อมูลผิด ระบบจะมีข้อความเตือนว่าผู้ใช้งานป้อนข้อมูลผิดพลาดจะช่วยลดความผิดพลาดของข้อมูลได้มาก และควรอนุญาตให้ผู้ใช้แก้ไขเฉพาะส่วนที่ผิดโดยไม่ต้องลงมือทำใหม่ตั้งแต่ต้น

2.4.2.6 อนุญาตให้ดำเนินการแก้ไขกลับได้ (Permit easy reversal of actions) การสั่งดำเนินการกิจกรรมใดควรสามารถย้อนกลับได้ง่าย เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้ทันที จะทำให้ผู้ใช้เกิดความกล้าที่จะทดลองใช้ระบบและหาทางเลือกใหม่ที่ไม่เคยทดลองมาก่อน

2.4.2.7 สนับสนุนการควบคุมจากภายใน (Support internal locus of control) ระบบมีการจัดการการควบคุมภายใน ต้องออกแบบให้เกิดการตอบสนองของหน้าจอกับสิ่งที่ผู้ใช้ได้กระทำลงไปให้มีความสัมพันธ์กัน หลักการสำคัญในที่นี้ คือ ระบบต้องขออนุญาตให้ผู้ใช้เป็นผู้ริเริ่มกิจกรรมของตน (Initiators) ไม่ใช่เป็นผู้สนองตอบต่อระบบ (Responders)

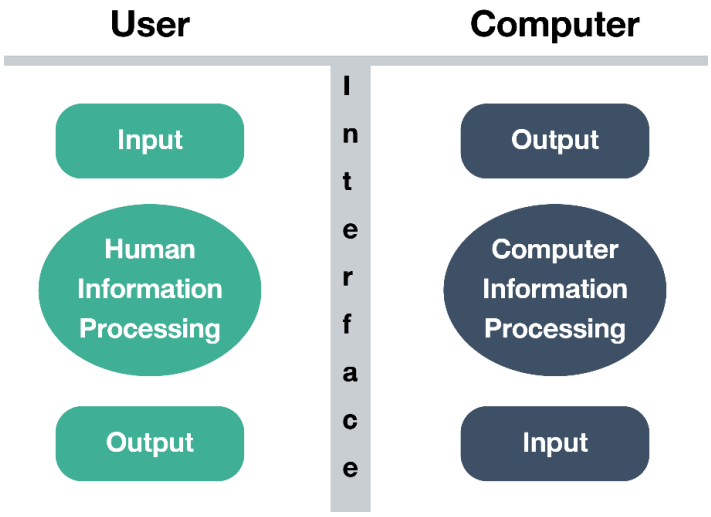
2.4.2.8 ลดภาระความทรงจำระยะสั้น (Reduce short term memory load) ด้วยข้อจำกัดของความจำระยะสั้นของมนุษย์ การนำเสนอผลลัพธ์หรือหน้าจอจะต้องทำให้เรียบง่าย ไม่ซับซ้อน ตัวเลือกบนเมนูมีขนาดพอเหมาะไม่มากเกินไป และควรลดความยาวของเวลาที่นำเสนอเนื้อหา เพื่อง่ายต่อการจดจำในระยะสั้น ถ้าเป็นไปได้ควรมีระบบการให้ความช่วยเหลือเตือนความจำพร้อมอยู่เสมอ เรียกใช้ได้ทันทีเมื่อผู้ใช้ต้องการ

ในการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ (UI) ในงานวิจัย ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่า ในการออกแบบจะต้องคำนึงถึงความสม่ำเสมอ คงที่ รูปแบบลักษณะต่าง ๆ ต้องมีความเป็นไปในทิศทางเดียวกัน และมีทางลัดให้เลือกเดิน เป็นการเพิ่มช่องทางการใช้งานที่สะดวกให้กับผู้ใช้ เสนอคำตอบกลับอย่างมีความหมาย เมื่อผู้ใช้มีการปฏิสัมพันธ์กับระบบและตอบโต้โดยยืนยันการสิ้นสุด ให้รู้สึกว่ามีจุดเริ่มต้น มีจุดสิ้นสุด จัดการกับข้อผิดพลาดอย่างง่าย โดยการเตือนด้วยข้อความแบบง่าย ๆ อนุญาตให้ดำเนินการแก้ไขกลับได้ รวมถึงสนับสนุนการควบคุมจากภายในและลดภาระความทรงจำระยะสั้น

2.4.3 Human - Computer Interaction (Nielsen, 1993)

เป็นแบบจำลองที่ศึกษาถึงการวางแผนและออกแบบสิ่งที่เกิดขึ้น ระหว่างคนและคอมพิวเตอร์เมื่อทำงานร่วมกัน ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ คน คอมพิวเตอร์ และวิธีการทำงานร่วมกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อออกแบบระบบงานให้ใช้ง่าย และมีประสิทธิภาพตอบสนองความต้องการและความพึงพอใจของผู้ใช้

ลักษณะการทำงานของคอมพิวเตอร์จะขึ้นอยู่กับการสั่งงานของคน เมื่อคอมพิวเตอร์ทำงานตามคำสั่งแล้ว แล้วจึงส่งผลกลับมาให้คน ซึ่งเป็นผู้สั่งงานได้รับทราบผ่านทางอุปกรณ์ output เช่น หน้าจอแสดงผล จากนั้นคนก็อาจจะสั่งงานคอมพิวเตอร์ต่อไปอีกเป็นวัฏจักรหรือวงจร (Cycle) ต่อเนื่องกันลักษณะการปฏิสัมพันธ์ในลักษณะนี้ แสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แบบจำลอง Human - Computer Interaction (Nielsen, 1993)

เมื่อคอมพิวเตอร์ทำงานตามคำสั่งแล้ว ก็จะส่งผลไปสู่ระบบต่างๆ ที่อยู่ในตัวคน คือ ผ่านการรู้สึก (Sensing) และการรับรู้ (Perceiving) ข้อมูลที่ได้รับรู้แล้วก็จะผ่านกระบวนการคิด (Thinking) จากนั้นข้อมูลจะส่งต่อไปเก็บในระบบความจำ (Memory) ในสมองของคน เพื่อการนำไปใช้ในโอกาสต่อไป และส่วนที่เป็นการตัดสินใจก็จะถูกส่งต่อไปยังระบบการกระทำ (Acting performing) เพื่อส่งข้อมูลไปยังระบบรับข้อมูล (Input devices) ของคอมพิวเตอร์ต่อไป

2.4.3.1 ความหมายของ Usability

คำว่า Usability จะประกอบด้วยหลาย ๆ องค์ประกอบ ซึ่งเดิมจะประกอบด้วย 5 ตัวแปร (Nielson, 2003) ดังนี้

(1) การเรียนรู้ (Learnability) : ง่ายต่อการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด
(2) ประสิทธิภาพ (Efficiency) : ผู้ใช้สำเร็จลุล่วงงานนั้นได้อย่างไร
(3) การจดจำ (Memoranility) : ผู้ใช้สามารถจำจดระบบได้มากน้อยเพียงใด
(4) ความถูกต้อง (Correctness) : ซึ่งมีความหมายเดียวกับ Errors prevention เป็นการปราศจาก Error หรือค้นพบ Error น้อยที่สุด
(5) ความพึงพอใจ (User satisfaction) : ผู้ใช้รู้สึกพึงพอใจมากน้อยเพียงใด

Usability เป็นแนวคิดที่ได้มาจากประสบการณ์ของผู้ใช้โดยตรง โดยจะแสดงถึงความแตกต่างของระดับผู้ใช้ที่สามารถประสบความสำเร็จบรรลุได้ตรงตามเป้าหมายที่กำหนด นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการวัดประสิทธิผล (Efectiveness) ประสิทธิภาพ (Efficiency) และความพึงพอใจ (Satisfaction) โดยประสิทธิผลเป็นความถูกต้องและความสมบูรณ์ของผู้ใช้ที่สำเร็จลุล่วงตรงตามเป้าหมายที่กำหนด ส่วนประสิทธิภาพ เป็นการระบุว่าทรัพยากรที่ถูกใช้มีความถูกต้องและความสมบูรณ์เพื่อให้งานเสร็จตรงตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ และความพึงพอใจ (Satisfaction) เป็นการระบุถึงผลลัพธ์ของความสะดวกสบายและความพอใจของแต่ละบุคคล รวมทั้งบุคคลอื่นที่มีผลกระทบต่อผลลัพธ์นั้น ๆ ด้วย ซึ่งสุดท้ายจะต้องมีการรวบรวมผลตอบรับ (Feedback) จากผู้ใช้กลับมาเพื่อปรับปรุงต่อไป

2.4.4 องค์ประกอบศิลป์ในการสร้างจินตทัศน์

ในการสร้างจินตทัศน์ของงานวิจัยนี้ต้องอาศัยหลักการออกแบบ และการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบของศิลปะ ในที่นี้จะกล่าวถึงองค์ประกอบพื้นฐานทางศิลป์ (Elements of art) และการจัดองค์ประกอบศิลป์ (Principles of composition) โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

2.4.4.1 องค์ประกอบพื้นฐานทางศิลปะ (Elements of art) ซึ่งจะเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า ทัศนะธาตุ ซึ่งทัศนะธาตุในที่นี้ คือ ศิลปะที่สัมผัสได้ด้วยการมองเห็น ซึ่งประกอบด้วย จุด เส้น สี ค่าน้ำหนัก รูปร่าง บริเวณว่าง และพื้นผิว โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

(1) จุด (Dot) องค์ประกอบที่สามารถสัมผัส และรับรู้ได้น้อย แต่ในทางศิลปะจุด จุดหนึ่งที่ปรากฏในภาพอาจจะขยายใหญ่ในความรู้สึกแปรเปลี่ยนเป็นรูปสัญลักษณ์ เช่น การนำเอาจุดมาแทนสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในระยะหนทางที่ห่างไกล เช่น ดวงดาว และแสงไฟ

(2) เส้น (Line) ร่องรอยที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของจุดหรืออาจจะเป็นการนำจุดมาวางเรียงต่อกัน จะทำให้เกิดเส้นขึ้นโดยเส้นจะมีมิติเดียว คือ ความยาวไม่มีความกว้าง ทำหน้าที่เป็นขอบเขตของที่ว่าง รูปร่าง รูปทรง น้ำหนัก สี ตลอดจนกลุ่มรูปทรงต่าง ๆ รวมไปถึงเป็นแกนหรือ โครงสร้างของรูปร่างรูปทรง เส้นเป็นพื้นฐานที่สำคัญของงานศิลปะทุกชนิด เส้นสามารถให้ความหมาย แสดงความรู้สึก และอารมณ์ได้ด้วยตัวเอง และด้วยการสร้างเป็นรูปทรงต่าง ๆ ขึ้น เส้นมี 2 ลักษณะ คือ เส้นตรง (Straight line) และเส้นโค้ง (Curve line) เส้นทั้งสองชนิดนี้เมื่อนำมาจัดวางในลักษณะที่แตกต่างกัน โดยแต่ละเส้นจะมีชื่อเรียกที่มีความหมายและความรู้สึกที่แตกต่างกันด้วย เช่น เส้นตั้ง หรือ เส้นดิ่ง ให้ความรู้สึกทางความสูง สง่า มั่นคง แข็งแรง หนักแน่น เป็นสัญลักษณ์ของความซื่อตรง เส้นนอน ให้ความรู้สึกทางความกว้าง สงบ ราบเรียบ นิ่ง และผ่อนคลาย เส้นเฉียง หรือเส้นทแยงมุม ให้ความรู้สึก เคลื่อนไหว รวดเร็ว ไม่มั่นคง เส้นหยัก หรือเส้นซิกแซก แบบฟันปลา ให้ความรู้สึก เคลื่อนไหวอย่างเป็นจังหวะ มีระเบียบ ไม่ราบเรียบ น่ากลัว อันตราย ขัดแย้ง ความรุนแรง เส้นโค้ง แบบเคลื่อน ให้ความรู้สึก เคลื่อนไหวอย่างช้า ๆ ลื่นไหล ต่อเนื่อง สุภาพ อ่อนโยน นุ่มนวล เป็นต้น

(3) สี (Color) สีเป็นคุณลักษณะที่สามารถรับรู้ได้ด้วย ประสาทตา โดยอาศัยแสงเป็นตัวส่องสว่าง สีแต่ละสีมีสมบัติเฉพาะตัวที่สามารถกระตุ้นเร้าให้เกิดความรู้สึกที่แตกต่างกันออกไป ในทางวิทยาศาสตร์ให้คำจำกัดความของสีว่าเป็นคลื่นแสงหรือความเข้มของแสงที่สายตามองเห็นในทางศิลปะ สีคือ ทัศนธาตุอย่างหนึ่งที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของงานศิลปะ และใช้ในการสร้างงานศิลปะ โดยจะทำให้ผลงานมีความสวยงามช่วยสร้างบรรยากาศ มีความสมจริง เด่นชัด และน่าสนใจมากขึ้น ซึ่งสีเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่งของงานศิลปะ และเป็นองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึก อารมณ์ และจิตใจ ได้มากกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ในชีวิตของมนุษย์มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับสีต่าง ๆ อย่างแยกไม่ออก โดยที่สีจะให้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ใช้ในการ

จำแนกสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้เห็นชัด ใช้ในการจัดองค์ประกอบของสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสวยงามและกลมกลืน เช่น การแต่งกาย การจัดตกแต่งบ้าน ใช้ในการจัดกลุ่ม พวก คณะ ด้วยการใช้สีต่าง ๆ เช่น คณะสี เครื่องแบบต่าง ๆ ใช้ในการสื่อความหมาย เป็นสัญลักษณ์ หรือใช้บอกเล่าเรื่องราว ใช้ในการสร้างสรรค์งานศิลปะ เพื่อให้เกิดความสวยงามสร้างบรรยากาศ สมจริง น่าสนใจ และเป็นองค์ประกอบในการมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ของมนุษย์

(4) ค่าน้ำหนัก (Value) คือ ค่าความอ่อนแก่ของบริเวณที่ถูกแสงสว่าง และบริเวณที่เป็นเงาของวัตถุ หรือความอ่อน ความเข้มของสีหนึ่งสี หรือหลายสี เช่น สีแดง มีความเข้มกว่าสีชมพู หรือ สีแดงอ่อนกว่าสีน้ำเงิน นอกจากนี้ยังหมายถึงระดับความเข้มของแสงและระดับ ความมืดของเงา ซึ่งไล่เรียงจากมืดที่สุด (สีดำ) ไปจนถึงสว่างที่สุด (สีขาว) น้ำหนักที่อยู่ระหว่างกลางจะเป็นสีเทา ซึ่งมีตั้งแต่เทาแก่ที่สุด จนถึงเทาอ่อนที่สุด การใช้ค่าน้ำหนักจะทำให้ภาพดูเหมือนจริง และมีความกลมกลืน ถ้าใช้ค่าน้ำหนักหลาย ๆ ระดับ จะทำให้มีความกลมกลืนมากยิ่งขึ้น และถ้าใช้ค่าน้ำหนักจำนวนน้อยที่แตกต่างกันมากจะทำให้เกิด ความแตกต่าง ความขัดแย้ง โดยมีแสงและเงาเป็นตัวกำหนดระดับของค่าน้ำหนัก ความเข้มของเงาจะขึ้นอยู่กับความเข้มของแสง ในที่ที่มีแสงสว่างมากเงาจะเข้มขึ้น และในที่ที่มีแสงสว่างน้อย เงาจะไม่ชัดเจน ในที่ที่ไม่มีแสงสว่าง จะมีไม่มีเงา และเงาจะอยู่ในทางตรงกันข้ามกับแสงเสมอ

(5) รูปร่างและรูปทรง (Shape and form) รูปร่าง (Shape) คือ รูปที่มีลักษณะแบน มี 2 มิติ มีความกว้าง และความยาว ไม่มีความหนาเกิดจากเส้นรอบนอกที่แสดงพื้นที่ขอบเขตของรูป เช่น รูปวงกลม รูปสามเหลี่ยม หรือ รูปอิสระที่แสดงเนื้อที่ของผิวที่เป็นระนาบมากกว่าแสดงปริมาตรหรือมวล ในทางกลับกันรูปทรง (Form) คือ รูปที่มีลักษณะเป็น 3 มิติ โดยมีความกว้าง ความยาว และความลึก หรือความหนา นูน เช่น รูปทรงกลม รูปทรงสามเหลี่ยม ทรงกระบอก ให้ความรู้สึกมีปริมาตร ความหนาแน่น มีมวลสารที่เกิดจากการใช้ค่าน้ำหนัก หรือการจัดองค์ประกอบของรูปทรง หลายรูปรวมกัน ความสัมพันธ์ระหว่างรูปทรง เมื่อนำรูปทรงหลายรูปมาวางใกล้กัน รูปเหล่านั้นจะมีความสัมพันธ์ดึงดูดหรือผลักไสซึ่งกันและกัน การประกอบกันของรูปทรงทำได้โดยใช้การนำรูปเรขาคณิต รูปอินทรีย์ และรูปอิสระ มาซ้อนทับกัน ผนึกเข้าด้วยกัน แทรกเข้าหากัน หรือรูปทรงที่บิดพันกัน นำมาประกอบเข้าด้วยกันจะได้รูปลักษณะใหม่ ๆ อย่างไม่สิ้นสุด

(6) บริเวณว่าง (Space) ส่วนที่เป็นพื้นที่ที่ปราศจากองค์ประกอบใด ๆ ถ้าบริเวณที่ว่างมีน้อย ความรู้สึกจากการรับจะรู้สึกแน่น แข่งขัน แย่งชิง ฯลฯ แต่ถ้าบริเวณว่างมีมากจะให้ความรู้สึกว่างเปล่า เงียบเหงา อ้างว้าง หดหู่ ฯลฯ แต่ถ้าบริเวณว่างมีเท่ากันจะให้ความรู้สึกพอดี สมดุล เสมอภาค เป็นต้น

(7) พื้นผิว (Texture) พื้นผิวอาจเป็นเนื้อหยาบหรือเนื้อละเอียด แข็ง หรือหยาบ นิ่มหรือเรียบ พื้นผิวจะทำให้ผู้ดูเกิดความรู้สึก ไม่ว่าด้วยสายตาหรือร่างกาย พื้นผิวเปรียบเสมือนตัวแทนของมวลภายในของวัตถุนั้น จากลักษณะพื้นผิวที่ทำให้ความรู้สึกที่แตกต่างกัน ทำให้มีการนำเอาลักษณะต่าง ๆ ของพื้นผิวเข้ามามีส่วนร่วมในการสร้างงานศิลปะ เพื่อกระตุ้นเร้าผู้ดูเกิดความรู้สึกที่ต่างกัน เมื่อได้สัมผัสภาพผลงานที่มีพื้นผิวที่ต่างกัน จะสามารถรับรู้ได้ว่ามีลักษณะอย่างไร เช่น หยาบ ขรุขระ เรียบ มัน ด้าน เนียน สาก ลักษณะที่สัมผัสได้ของพื้นผิวมี 2 ประเภท คือ พื้นผิวที่สัมผัสได้ด้วยมือหรือกายสัมผัส เป็นลักษณะพื้นผิวที่เป็นอยู่จริงของผิวหน้าของวัสดุนั้น ๆ ซึ่งสามารถสัมผัสได้จากงานประติมากรรม งานสถาปัตยกรรม และสิ่งประดิษฐ์อื่น ๆ พื้นผิวที่สัมผัสได้ด้วยสายตา จากการมองเห็นแต่ไม่ใช่ลักษณะที่แท้จริงของผิววัสดุนั้น ๆ เช่น การวาดภาพก้อนหินบนกระดาษ จะทำให้ความรู้สึกเป็นก้อนหินแต่มือสัมผัสเป็นกระดาษ เป็นต้น ลักษณะเช่นนี้ถือว่าเป็นการสร้างพื้นผิวลวงตาให้สัมผัสได้ด้วยทางสายตามองเห็นเท่านั้น

ในการออกแบบแต่ละครั้งจะต้องคำนึงถึงที่มาของการสร้างองค์ประกอบต่างๆ เพราะองค์ประกอบเหล่านั้นจะสื่อความหมายและให้ความรู้สึกที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นจึงจำเป็นที่ต้องศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ เหล่านั้นให้เข้าใจถ่องแท้ด้วย

2.4.4.2 การจัดองค์ประกอบศิลป์

การจัดองค์ประกอบศิลป์ (Principles of composition) เป็นการออกแบบเป็นการสร้างสรรค์ โดยมีการกำหนดแบบแผนตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เกิดประโยชน์ใช้สอย และมีความงาม ซึ่งมีหลักสำคัญได้แบ่งไว้ ดังนี้ (อารี, 2541 และ วิรุฬ, 2542)

(1) ความสมดุล (Balance) หมายถึง ความสมดุลของส่วนประกอบต่าง ๆ ในการจัดองค์ประกอบศิลป์ ความสมดุลมีอยู่ 3 ประเภท คือ

(1.1) ความสมดุลแบบซ้ายขวาเหมือนกันหรือคล้ายกัน คือ การจัดองค์ประกอบที่มีลักษณะเหมือนกัน และอยู่ห่างจากแกนกลางเท่า ๆ กัน

(1.2) ความสมดุลแบบซ้ายขวาไม่เหมือนกัน คือ การจัดองค์ประกอบที่มีลักษณะไม่เหมือนกันหรือไม่เท่ากันทั้ง 2 ข้าง แต่เมื่อพิจารณาน้ำหนักของภาพแล้วรู้สึกเท่ากันหรือสมดุล

(1.3) ความสมดุลแบบรัศมี คือ การจัดองค์ประกอบที่มีลักษณะสมดุลที่เกิดจากจุดศูนย์กลางไปหารัศมี

(2) การเน้น หมายถึง การนำเอาองค์ประกอบมาประกอบเข้าด้วยกันและเน้นให้เห็นความแตกต่างระหว่างส่วนประกอบเหล่านั้นเพื่อให้เกิดจุดเด่น

(3) ความกลมกลืน หมายถึง การจัดภาพให้มีความประสานสัมพันธ์กันร่วมกัน หรือมีลักษณะคล้ายคลึงกันจนงานศิลปะนั้นเกิดคุณค่าทางสุนทรียภาพ ความกลมกลืนในการออกแบบมี 5 ประเภทใหญ่ คือ

(3.1) ความกลมกลืนกันของเส้นและรูปร่าง

(3.2) ความกลมกลืนกันของขนาดและทิศทาง

(3.3) ความกลมกลืนกันของสีและบริเวณว่าง

(3.4) ความกลมกลืนกันของความคิดและความมุ่งหมาย

(4) การตัดกัน คือ ความแตกต่างของส่วนประกอบที่นำมาจัดรวมกันโดยให้ส่วนประกอบต่าง ๆ ผสานกลมกลืนกัน การตัดกันในการออกแบบสองนัย คือ การตัดกันด้วยส่วนประกอบที่แตกต่างกัน กับการตัดกันด้วยส่วนประกอบอย่างเดียวกัน

(5) สัดส่วน หมายถึง ความสัมพันธ์ของส่วนต่าง ๆ ในตัวของวัตถุเอง และความสัมพันธ์เมื่อเทียบเคียงกับวัตถุอื่น สำหรับงานออกแบบที่นำสัดส่วนมาใช้ต้องคำนึงถึงความสัมพันธ์และเหมาะสมกับรูปร่างนั้นๆ

(6) จังหวะ หมายถึง การซ้ำที่เป็นระเบียบ จากระเบียบง่ายๆและซับซ้อนจนเป็นรูปทรงของศิลปะมีด้วยกัน 3 วิธี คือ การจัดจังหวะให้ซ้ำกัน คือ การจัดจังหวะโดยใช้รูปลักษณะหรือรูปร่างที่มีเส้นสีให้มีช่วงประสานต่อเนื่องเท่าๆ กัน และซ้ำกันจนได้ความงามพอเหมาะ ส่วนการจัดจังหวะก้าวหน้า คือ การจัดจังหวะให้มีเพิ่มมากขึ้น เช่น เพิ่มเส้นให้มีความหนา บาง เพิ่มสีให้มีความอ่อนแก่และเพิ่มลักษณะของขนาดรูปทรงให้มีลักษณะต่อเนื่องกัน ทั้งนี้ เส้น สี และขนาดจะต้องสัมพันธ์กันและช่วงจังหวะที่งดงาม การจัดจังหวะต่อเนื่อง คือ การจัดจังหวะให้ผู้ใช้ได้มองต่อเนื่องกันจากส่วนนี้แล้วอยากมองไปยังส่วนอื่นๆ

(7) เอกภาพ คือ ความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กัน มองดูแล้วเป็นกลุ่มก้อน ไม่แตกกระจาย การออกแบบสร้างสรรค์งานศิลปะเป็นการสร้างเอกภาพขึ้นจากความสับสน ยุ่งเหยิงทั้งยังเป็นการจัดระเบียบและดุลยภาพให้แก่สิ่งที่ขัดแย้งกัน เพื่อให้รวมตัวกันได้เป็นอย่างดี

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าในการออกแบบจินตทัศน์นั้น จะต้องคำนึงหลักการหลาย ๆ ประการ ไม่ว่าจะเป็นความสมดุลของการจัดวางส่วนประกอบต่าง ๆ การเน้นวัตถุให้มีความโดดเด่น รวมถึงต้องคำนึงถึงความกลมกลืนด้วย นอกจากนี้การออกแบบให้ส่วนประกอบต่าง ๆ มีความตัดกันหรือมีความแตกต่างกันก็มีส่วนช่วยให้ชิ้นงานดูโดดเด่นสวยงามเช่นกัน ยิ่งไปกว่านั้นในการออกแบบจะต้องมีการจัดวางสัดส่วนให้ดูเหมาะสม มีการเว้นจังหวะให้ดูสวยงาม ต่อเนื่อง และสิ่งสำคัญในการออกแบบโดยรวมจะต้องมีความเป็นเอกภาพ มีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันของส่วนประกอบต่าง ๆ ที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กัน เป็นต้น

2.5 การประเมินผลและสถิติที่เกี่ยวข้อง

2.5.1 การประเมินผล

ผู้วิจัยทำการศึกษาหลักการในการประเมินความสามารถด้านการใช้งาน และหลักการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ที่ควรพิจารณาในการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ จากการทบทวนวรรณกรรมมีวิธีการที่ใช้ในการประเมินการแสดงผลทางหน้าจอที่มีความเกี่ยวเนื่องกับระเบียบวิธีที่จะใช้ในการประเมินผลดังนี้

2.5.1.1 การตรวจสอบตามแนวทาง (Heuristic evaluation) เป็นการประเมินการออกแบบ เพื่อหาประเด็นที่ควรแก้ไขและปรับปรุง

2.5.1.2 การทดสอบ (Guideline review) เป็นการทดสอบความสอดคล้องที่ครอบคลุมรายการของ Usability guidelines

2.5.1.3 การตรวจสอบแบบพหุ (Pluralistic walkthrough) เป็นการประเมินโดยกลุ่มประเมินที่มีมุมมองหลากหลายแตกต่างประกอบด้วยผู้พัฒนา ผู้ใช้ ผู้เชี่ยวชาญ การประเมินใช้วิธีการจัดประชุมโดยให้ผู้ประเมินร่วมกันดูโปรแกรมและประเมินการใช้ระบบ โดยมีผู้ดำเนินการประสานงานการอภิปรายและให้ข้อมูลกับผู้ร่วมประชุม

2.5.1.4 การตรวจสอบความสม่ำเสมอ (Consistency inspections) เป็นการตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญเพื่อดูความสม่ำเสมอทั่วไป เช่น เรื่อง สี โครงสร้างหน้าจอ และระบบ

2.5.1.5 การตรวจสอบมาตรฐาน (Standard inspections) เป็นการตรวจสอบหน้าจอโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยการประเมินจะวัดจากการเปรียบเทียบหน้าจอแสดงผลผู้ใช้ของระบบอื่นที่มีการตั้งมาตรฐานให้อยู่ในระดับเดียวกัน

2.5.1.6 การตรวจสอบเชิงพุทธิพิสัย (Cognitive walkthrough) ผู้เชี่ยวชาญจะทำหน้าที่เสมือนผู้ใช้ โดยในการตรวจสอบผู้เชี่ยวชาญต้องมีความรู้เกี่ยวกับผู้ใช้ กลุ่มเป้าหมายหลักเป็นอย่างดี พอที่จะวิเคราะห์ได้ว่าผู้ใช้ควรเรียนรู้เนื้อหา ทำกิจกรรมหรือต้องแบ่งย่อยเนื้อหาให้ผู้ใช้อย่างไร โดยผู้เชี่ยวชาญจะทำหน้าที่ตรวจสอบไปยังหน้าจอแสดงผลต่าง ๆ

2.5.1.7 แบบสอบถามความพึงพอใจส่วนติดต่อผู้ใช้ (Questionnaire For User Interaction Satisfaction, QUIS) เป็นเครื่องมือชี้วัดที่ออกแบบมาเพื่อประเมินความพึงพอใจและข้อคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อหน้าจอแสดงผลส่วนติดต่อผู้ใช้ (User interface)

ในวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้การประเมินแบบฮิวริสติกเนื่องจากงานวิจัยเกี่ยวกับการประเมินผลจินตทัศน์ที่มาผ่านมา ฮิวริสติก (Heuristic evaluation) เป็นอีกหนึ่งวิธีที่นิยมใช้ (Zuk, *et al.*, 2006; Tarrell, *et al.*, 2014; Hearst, *et al.*, 2016; Waisel, *et al.*, 1999; Santos, *et al.*,

2016; Lavery, *et al.*, 1996; Torrents, Jordi *et al.*, 2015 และ Cuttone, *et al.*, 2014) ในการประเมินหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้ ฮิวริสติก เรียกอีกอย่างว่า “การตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญ” หรือเป็นการประเมินการออกแบบ เพื่อหาประเด็นที่ควรแก้ไขและปรับปรุงโดยผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ โดยทั่วไปจะประเมิน 2 ครั้ง ครั้งแรกทำความคุ้นเคยกับระบบก่อน และครั้งที่สองเน้นหลักการที่เจาะจงมา และเลือกใช้แบบสอบถามความพึงพอใจส่วนติดต่อผู้ใช้ หรือ QUIS ที่พัฒนามาจากทีมนักวิจัยในห้องปฏิบัติการปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Human - Computer Interaction Lab, HCIL) มหาวิทยาลัยแมริแลนด์ คอลเลจพาร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา (Human - Computer Interaction Lab, 2007) โดยลักษณะของแบบประเมินเป็นคำถามปลายปิด เป็นเครื่องมือที่ออกแบบมาเพื่อประเมินความพึงพอใจและข้อคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อหน้าจอแสดงผลส่วนติดต่อผู้ใช้ ซึ่งประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ หน้าจอแสดงผล (Screen) คำศัพท์และระบบ (Terminology and system information) การเรียนรู้ (Learning) ความสามารถของระบบ (System capabilities) การใช้งาน (Ease of use)

2.5.2 การหาคุณภาพของแบบสอบถามสามารถทำได้ ดังนี้

2.5.2.1 การหาค่าความเที่ยงตรง (Validity) โดยการหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ หรือเนื้อหา (Index of item objective congruence, IOC) หรือดัชนีความเหมาะสมโดยจะต้องประเมินด้วยคะแนน 3 ระดับ คือ

+1 คือ สอดคล้องหรือแน่ใจว่าแบบสอบถามในข้อนั้น ๆ ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้จริง

0 คือ ไม่แน่ใจว่าแบบสอบถามในข้อนั้น ๆ ตรงกับวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้จริง

-1 คือ ไม่สอดคล้องหรือไม่แน่ใจว่าแบบสอบถามในข้อนั้น ๆ ไม่ได้วัดวัตถุประสงค์ที่ระบุ

ค่าดัชนีที่สอดคล้องที่ยอมรับได้ต้องมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป โดยมีสูตรในการคำนวณ คือ

$$IOC = \frac{\sum_R}{N}$$

เมื่อ

IOC คือ ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างแบบสอบถามกับวัตถุประสงค์

R คือ คะแนน

$\sum_R$ คือ ผลรวมของคะแนน

N คือ จำนวนผู้ประเมิน

2.5.2.2 การค่าหาความเชื่อมั่น (Reliability) โดยนำเอาแบบสอบถามที่ได้ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก แล้วนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-confficient) ของครอนบาค (Cronbach) โดยที่ค่าแอลฟาที่ใช้ควรมากกว่า 0.7 ถ้าน้อยกว่านั้นควรปรับปรุงแบบสอบถาม หรืออาจจะต้องตัดบางข้อทิ้ง โดยใช้สูตรของครอนบัค

$$\propto = \frac{n}{n-1}\left\{1 - \frac{\sum s_i^2}{s_t^2}\right\}$$

เมื่อ $\propto$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n คือ จำนวนของแบบสอบถาม

s_i^2 คือ ความแปรปรวนของแบบสอบถามรายข้อ

s_t^2 คือ ความแปรปรวนของแบบสอบถามทั้งฉบับ

2.5.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการพิจารณาในการเลือกใช้ชนิดทางสถิตินั้น จะต้องมีการคำนึงถึงจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ของการวิจัย ซึ่งโดยทั่วไปแบ่งจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ของการวิจัยได้ดังต่อไปนี้

2.5.3.1 เพื่อบรรยายลักษณะตัวแปรในกลุ่มตัวอย่างหรือประชากร เป็นการใช้สถิติบรรยาย มาบรรยายภาพรวมของกลุ่มตัวอย่าง ประกอบด้วย

(1) การแจกแจงความถี่และค่าร้อยละ และนำผลจากการแจกแจงความถี่หรือค่าร้อยละเพื่อแสดงภาพรวมของข้อมูลที่ได้ ในการนำเสนอนิยมใช้ตารางและแผนภูมิมากกว่าคำบรรยายเพียงอย่างเดียว

(2) การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน ฐานนิยม

(3) การวัดการกระจาย ได้แก่ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2.5.3.2 เพื่อเปรียบเทียบหาความแตกต่าง และสรุปอ้างอิงหาความแตกต่างจากกลุ่มตัวอย่างกลับไปยังประชากรที่ศึกษา ได้แก่

(1) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระกันด้วย Independent T - test

(2) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันด้วย Paired T - test

(3) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 2 กลุ่มด้วย Analysis of Variance (Anova)

(4) การเปรียบเทียบความถี่และสัดส่วนด้วยไคสแควร์

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

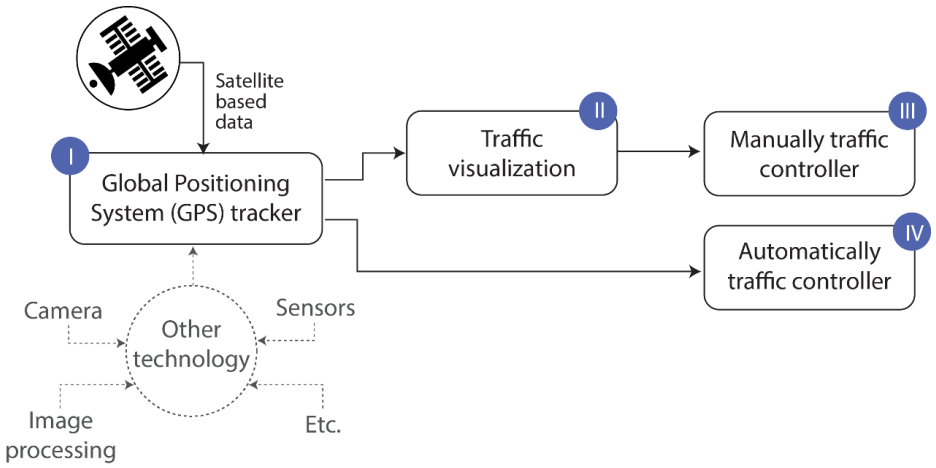
1) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณา (Description analysis) ได้แก่ ร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไป ข้อมูลด้านความต้องการ และข้อมูลการประเมินความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างในการใช้งานระบบ

2) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงอนุมาน (Inferential analysis) ได้แก่ สถิติการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกันด้วย (Independent t - test) เพื่อทดสอบความแตกต่างในการใช้งานระบบ iTraffic ของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 3

iTraffic

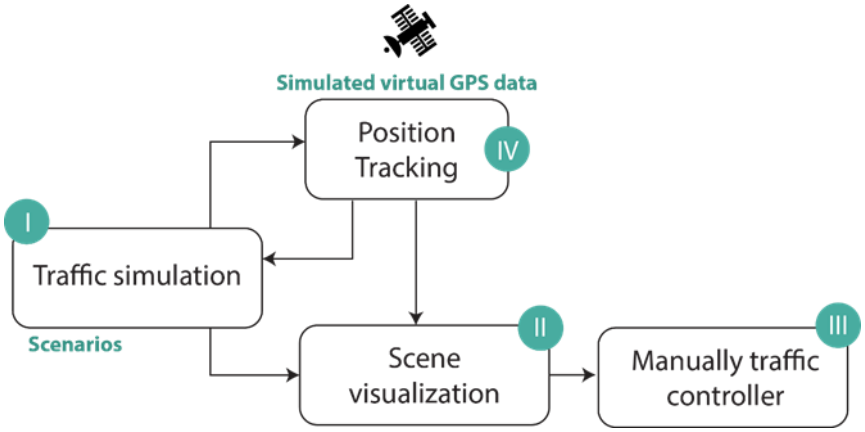
ระบบ iTraffic หรือ Intelligent Traffic Management System เป็นระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร มีแนวคิดในการนำข้อมูล GPS (Satellite based data) ผนวกกับข้อมูลอื่น ๆ เช่น กล้องตรวจจับความเร็ว และเซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดปริมาณการจราจร เพื่อเพิ่มความแม่นยำของข้อมูล สำหรับประยุกต์ใช้ในการประกอบการตัดสินใจสำหรับควบคุมสัญญาณไฟจราจรทั้งแบบควบคุมด้วยตัวเอง (Manually traffic control) และการควบคุมแบบอัตโนมัติ (Automatically traffic control) แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แนวคิดของระบบ iTraffic

จากรูปที่ 3.1 ผู้วิจัยนำเสนอแนวคิดในการใช้อุปกรณ์ตรวจวัดตำแหน่ง GPS (I) ระบุตำแหน่งของยานพาหนะบนถนน เพื่อจะคำนวณหาปริมาณจราจรในแต่ละเส้นทางบนสี่แยกร่วมกับข้อมูลการนับจำนวนของยานพาหนะจากระบบอื่น ๆ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินสถานการณ์ จากนั้นระบบจะประมวลผลและแสดงผลในรูปแบบที่จะทำให้ผู้ควบคุมจราจรทราบถึงปริมาณจราจร (Traffic visualization) (II) พร้อมทั้งมีการนำเสนอข้อมูลที่มีนัยสำคัญด้านอื่น ๆ เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณจราจรแบบควบคุมด้วยตัวเอง (Manually traffic control) (III) ในกรณีของการควบคุมแบบอัตโนมัตินั้น (Automatically traffic control) (IV) ข้อมูลจาก GPS (Satellite based data) (I) และข้อมูลจากระบบอื่น ๆ จะทำการประมวลผลเพื่อหาวิธีการ และเวลาในการปล่อยยานพาหนะแต่ละเส้นทางที่ดีที่สุดแบบอัตโนมัติจากสี่แยก

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแนวคิดในการสร้างระบบ iTraffic ข้างต้น ซึ่งมุ่งเน้นเฉพาะส่วนของการสร้างจินตทัศน์ (Visualization) สำหรับหน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface, GUI) ของระบบ iTraffic แบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยตัวเอง (Manually traffic control) โดยกำหนดให้เป็นการวิจัยเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า “ถ้าหากมีเครื่องมือในการระบุปริมาณยานพาหนะ (Mini map) มาช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรของตำรวจจราจร จะทำให้ปัญหาการจราจรติดขัดน้อยลง” และในการทดสอบสมมติฐานนี้ไม่สามารถลงปฏิบัติในพื้นที่จริงได้ เนื่องจากมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูง ผู้วิจัยจึงทำการสร้างระบบจำลองเพื่อใช้แทนการทดสอบในพื้นที่จริง

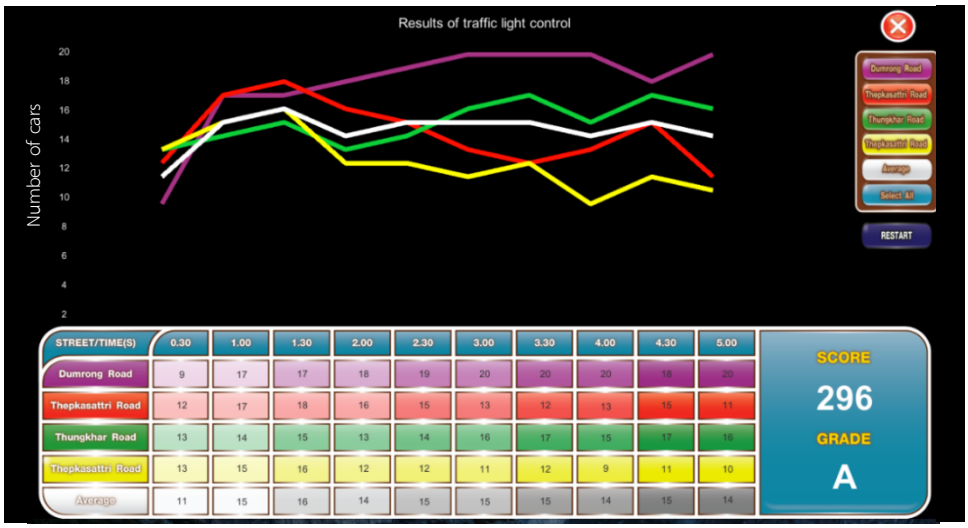


รูปที่ 3.2 แนวคิดของการจำลองระบบ iTraffic

จากรูปที่ 3.2 แสดงแนวคิดของการจำลองระบบ iTraffic โดยงานวิจัยนี้นำเสนอในรูปแบบของการจำลองเหตุการณ์การจราจรบนสี่แยกถนนเทพกระษัตรีตัดกับถนนทุ่งคา - ดำรง (สี่แยกโรงเรียนสตรีภูเก็ต) เขตพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดภูเก็ต (Scenario) (I) และเพื่อให้ผู้ใช้เห็นสถานการณ์การจราจรที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ผู้วิจัยจึงทำการจำลองมุมมองบุคคลที่หนึ่ง (Frist person shooter) โดยให้ผู้ใช้ระบบทำหน้าที่เป็นผู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรบนสี่แยกที่ระบบจัดสรรให้และส่งข้อมูลไปยังส่วนของแบบจำลองการจราจร (Traffic simulation) สำหรับสร้างจินตทัศน์ (Scene visualization) (II) ของระบบเพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบไม่อัตโนมัติ (Manually traffic control) (III) เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึงข้อมูล GPS จากระบบดาวเทียม จึงทำให้ผู้วิจัยใช้การจำลองข้อมูลพิกัดตำแหน่งของยานพาหนะแต่ละคัน (Simulated virtual GPS data) (IV)

รูปที่ 3.3 หน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานระบบ (Graphical User Interface, GUI)

จากรูปที่ 3.3 แสดงหน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานระบบ (Graphical User Interface, GUI) โดยการทำงานเบื้องต้นของระบบ คือ เมื่อผู้ใช้กดปุ่มเริ่มเล่น ระบบจะปล่อยยานพาหนะให้เคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณสี่แยก โดยให้ผู้ใช้เป็นผู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยมีข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น แผนที่ขนาดเล็ก (Mini map) และแถบแสดงปริมาณยานพาหนะโดยรวมของระบบ เพื่อประกอบการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร หลังจากครบกำหนดเวลา (5 นาที) ระบบจะทำการคำนวณคะแนนจากจำนวนยานพาหนะที่ผู้ใช้สามารถปล่อยจากสี่แยกได้ และแสดงกราฟรายงานผลสรุปการควบคุมสัญญาณไฟจราจรในแต่ละเส้นทางให้ผู้ใช้ทราบ แสดงดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 หน้าจอแสดงผลสรุปการควบคุมสัญญาณไฟจราจร

ในการพัฒนาระบบ iTraffic สำหรับการควบคุมแบบไม่อัตโนมัติ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่หนึ่ง การวิเคราะห์และออกแบบระบบ ขั้นตอนที่สอง การสร้างระบบ และขั้นตอนที่สาม การประเมินผลระบบ ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงเฉพาะขั้นตอนที่หนึ่ง และขั้นตอนที่สอง โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

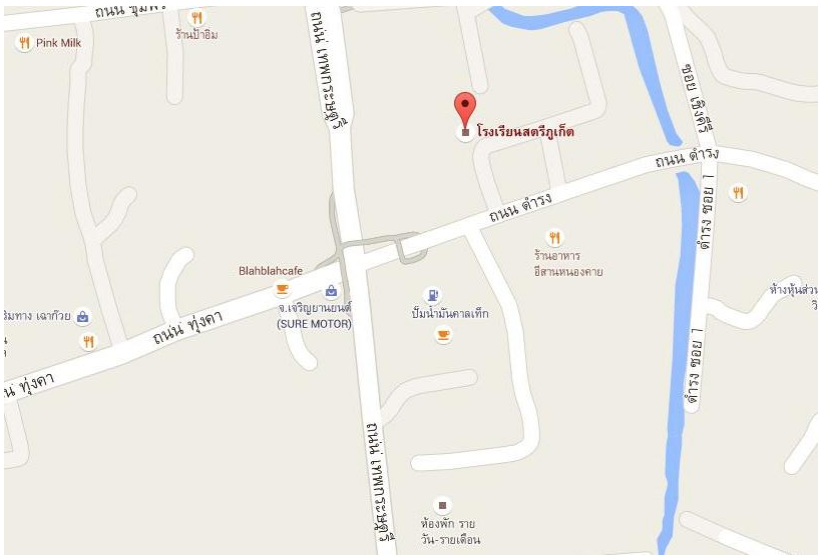
การวางแผนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ iTraffic สำหรับการควบคุมแบบไม่อัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการจราจร การออกแบบสัญญาณไฟจราจร และเทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้กับจัดการจราจรในปัจจุบัน รวมไปถึงข้อมูลพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (Global Positioning System, GPS) แล้วจึงลงสำรวจพื้นที่ที่จะทำการศึกษาคู่ขนานไปกับการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ จากนั้นได้ทำการออกแบบกรอบแนวคิดการทำงานของระบบ โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

3.1.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data collection) ขอบเขตของการวิจัยนี้ ได้แก่ บริเวณสี่แยกถนนทุ่งคา - ดำรง ตัดกับถนนเทพกระษัตรี ในเขตเทศบาลนครภูเก็ต เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่ที่มีเส้นทางเชื่อมต่อไปยังสถานที่สำคัญหลายแห่ง เช่น ที่ว่าการอำเภอเมือง สถานีขนส่ง โรงแรม โรงเรียน และห้างสรรพสินค้า ผนวกกับในจังหวัดภูเก็ตมีการกระจายตัวของย่านร้านค้าสลับกับที่พักอาศัย อีกทั้งการขยายตัวอย่างรวดเร็วของเศรษฐกิจภายในจังหวัดภูเก็ต ส่งผลให้บริเวณสี่แยกนี้เป็นหนึ่งในพื้นที่ที่มีปัญหาการจราจรติดขัด ในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ตำรวจจราจรและวิศวกรจราจรที่รับผิดชอบในเขตพื้นที่เทศบาลนครภูเก็ต และสังเกตการณ์ในสถานที่จริง เปรียบเทียบกับโปรแกรมแผนที่ของ Google (Google maps) โดยแบ่งข้อมูลที่ทำการสำรวจและเก็บรวบรวมออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลกายภาพ และวิธีการควบคุมสัญญาณไฟจราจร ซึ่งสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

3.1.1.1 ข้อมูลกายภาพ ประกอบด้วย 1) ช่องจราจร ในบริเวณพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยถนนสี่เส้นทาง ได้แก่ ถนนดำรง ถนนทุ่งคา และถนนเทพกระษัตรีขาออก มีช่องจราจรจำนวน 2 ช่องทาง โดยแบ่งเป็นช่องทางเลี้ยวขวา 1 ช่องทาง ถนนเทพกระษัตรีขาเข้ามีช่องจราจรจำนวน 3 ช่องทาง โดยแบ่งเป็นช่องทางเลี้ยวขวา 1 ช่องทาง และช่องทางเลี้ยวซ้ายเมื่อปลอดภัย 1 ช่องทาง 2) การเชื่อมต่อกับพื้นที่ข้างเคียง อาทิ โรงเรียนสตรีภูเก็ต ปั๊มน้ำมันคาลเท็กซ์ (Caltex) และร้าน จ.เจริญยานยนต์ และ 3) ขนาดความกว้างของถนน 7 เมตร ดังแสดงลักษณะของถนนบริเวณสี่แยกสตรีภูเก็ตในรูปประกอบที่ 3.5 และรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.5 ภาพถ่ายบริเวณสี่แยกสตรีภูเก็ต (ถนนเทพกระษัตรีตัดกับถนนทุ่งคา - ดำรง)

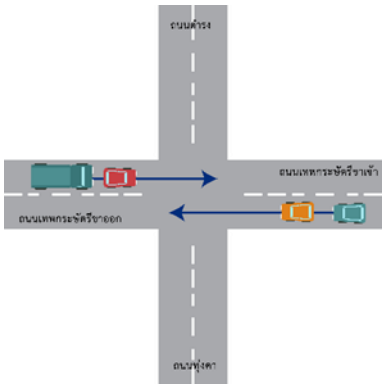


รูปที่ 3.6 ภาพบริเวณพื้นที่ศึกษาจากโปรแกรมแผนที่ของ Google (Google maps)

รูปที่ 3.7 ตู้อุปกรณ์ควบคุมจราจรจำนวนและรีโมทควบคุมสัญญาณไฟจราจร

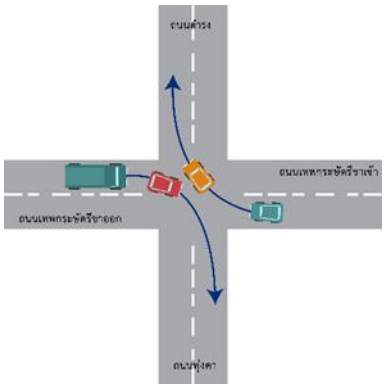
3.1.1.2 วิธีควบคุมสัญญาณไฟจราจร ในบริเวณพื้นที่ศึกษาแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ การควบคุมแบบอัตโนมัติ และการควบคุมแบบไม่อัตโนมัติ ผ่านตู้ควบคุมสัญญาณไฟจราจร และรีโมทควบคุมสัญญาณไฟจราจร ดังรูปที่ 3.7 (ก) และ 3.7 (ข) ซึ่งในอุปกรณ์ประกอบด้วย 4 ปุ่ม ที่มีการทำงานในลักษณะเดียวกัน โดยสามารถอธิบายเงื่อนไขของแต่ละปุ่มได้ดังนี้

(1) ปุ่มที่หนึ่ง ปล่อยยานพาหนะขาเข้าและขาออกจากถนนเทพกระษัตรี (ถนนสายหลัก) ให้เคลื่อนที่สวนทางกัน ดังรูปประกอบที่ 3.8



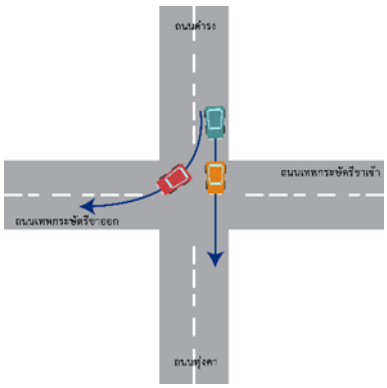
รูปที่ 3.8 การทำงานของปุ่มที่หนึ่งบนตู้ควบคุมจราจรสัญญาณไฟจราจร

(2) ปุ่มที่สอง ปล่อยยานพาหนะจากถนนเทพกระษัตรีขาเข้าเลี้ยวขวามุ่งไปถนนทุ่งคา และปล่อยยานพาหนะจากถนนเทพกระษัตรีขาออกเลี้ยวขวามุ่งไปถนนดำรง ดังรูปประกอบที่ 3.9



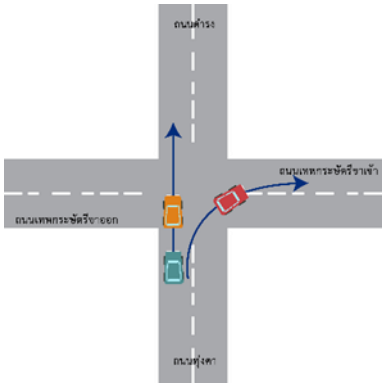
รูปที่ 3.9 การทำงานของปุ่มที่สองบนตู้ควบคุมจราจรสัญญาณไฟจราจร

(3) ปุ่มที่สาม ปล่อยยานพาหนะจากถนนดำรง มุ่งไปถนนทุ่งคาในทางตรง พร้อมกับปล่อยยานพาหนะจากถนนดำรงให้เลี้ยวขวามุ่งไปถนนเทพกระษัตรีขาออก ดังรูปประกอบที่ 3.10



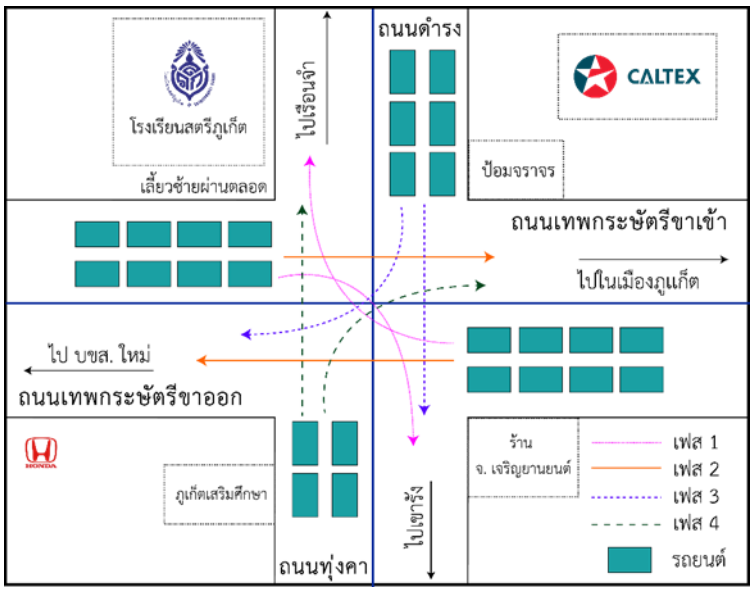
รูปที่ 3.10 การทำงานของปุ่มที่สามบนตู้ควบคุมจราจรสัญญาณไฟจราจร

(4) ปุ่มที่สี่ ปล่อยยานพาหนะจากถนนทุ่งคา มุ่งหน้าสู่ถนนดำรงในทางตรง พร้อมกับปล่อยยานพาหนะจากถนนทุ่งคาให้เลี้ยวขวามุ่งหน้าสู่ถนนเทพกระษัตรีขาเข้า ดังรูปประกอบที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การทำงานของปุ่มที่สี่บนตู้ควบคุมจราจรสัญญาณไฟจราจร

โดยแสดงภาพรวมการทำงานของปุ่มควบคุมให้เห็นดังรูปประกอบที่ 3.12 (เฟส คือ ด้านของการปล่อยยานพาหนะ)



รูปที่ 3.12 การเปลี่ยนเฟสของสัญญาณไฟจราจร

3.1.2 การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ iTraffic

การวิเคราะห์ความต้องการของระบบ iTraffic (Requirement analysis) ผู้วิจัยได้แบ่งองค์ประกอบและการทำงานของระบบออกเป็น 7 ส่วน ได้แก่ ถนน ยานพาหนะ สัญญาณไฟจราจร แถบแสดงปริมาณยานพาหนะทั้งหมดในระบบ คะแนน แผนที่ขนาดเล็ก (Mini map) เพื่อให้ตำรวจจราจรได้ทราบปริมาณยานพาหนะบนถนน และรายงานสรุปผลการควบคุมสัญญาณไฟจราจร เพื่อนำเอาคะแนนที่ได้จากผู้ใช้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยสามารถอธิบายแต่ละส่วนได้ดังนี้

3.1.2.1 การจำลองถนนแบบหนึ่งสี่แยกไฟแดง บริเวณสี่แยกถนนเทพกระษัตรีตัดกับถนนทุ่งคา - ดำรง (สี่แยกโรงเรียนสตรีภูเก็ต) ให้มีสัดส่วนใกล้เคียงกับความเป็นจริงในมุมมองสามมิติ

3.1.2.2 จำลองการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) ยานพาหนะจากทุกด้านเคลื่อนที่เข้า - ออกจากสี่แยก

(2) ยานพาหนะปฏิบัติตามสัญญาณไฟจราจรอย่างเคร่งครัด

(3) ยานพาหนะจะเลี้ยวขวา ซ้าย หรือตรง เมื่อผ่านแยกแบบสุ่ม

(4) ยานพาหนะสามารถเลี้ยวซ้ายเพื่อผ่านตลอดได้

(5) เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าสู่สี่แยกที่มีสัญญาณไฟจราจรสีแดง ยานพาหนะจะต้องชะลอเพื่อหยุดจอดหลังยานพาหนะคันก่อนหน้าจอด

3.1.2.3 สัญญาณไฟจราจรมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) สัญญาณไฟจราจรมาตรฐาน ที่มีการเปลี่ยนสัญญาณสามรูปแบบ (สีเขียว คือ รถเคลื่อนที่ สีเหลือง คือ ชะลอ และสีแดง คือ รถหยุด) ตามระเบียบของแขวงการทางหลวง (กรมทางหลวง, 2554)

(2) ผู้ใช้สามารถควบคุมสัญญาณไฟจราจรผ่านปุ่มควบคุมที่แสดงบนหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้ได้ ซึ่งประกอบด้วย 4 ปุ่มการควบคุมที่มีการทำงานแบบเดียวกันกับปุ่มควบคุมที่ใช้ในปัจจุบัน ดังแสดงรายละเอียดไว้ในหัวข้อที่ 3.1.1.2

(3) ในการกดเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรแต่ละครั้งจะมีการหน่วงเวลา 5 วินาที หลังจากกดปุ่ม แล้วจึงเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟถัดไป

3.1.2.4 แผนที่ขนาดเล็ก (Mini map) มีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) แสดงข้อมูลความหนาแน่นของปริมาณยานพาหนะให้กับผู้ใช้

(2) แสดงถนนในแต่ละเส้นทาง

(3) แสดงตำแหน่งการควบคุมของตำรวจจราจร

(4) แสดงระดับอัตราการติดขัดของยานพาหนะ ณ ขณะนั้น ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้ทฤษฎีระดับการให้บริการในทางวิศวกรรมจราจร (Level of service, LOS) ที่มีค่าระหว่าง LOS A - F (6 ค่า) เพื่ออ้างอิงถึงอัตราการติดของยานพาหนะ ออกเป็น 6 ระดับ (ธวัชชัย ปัญญาคิด, 2558) ได้แก่

- ระดับที่ 1 แสดงผลเป็นสีเขียว เทียบเคียงได้กับระดับ LOS A
- ระดับที่ 2 แสดงผลเป็นสีเหลือง เทียบเคียงได้กับระดับ LOS B
- ระดับที่ 3 แสดงผลเป็นสีส้ม เทียบเคียงได้กับระดับ LOS C
- ระดับที่ 4 แสดงผลเป็นสีส้มเข้ม เทียบเคียงได้กับระดับ LOS D
- ระดับที่ 5 แสดงผลเป็นสีแดง เทียบเคียงได้กับระดับ LOS E
- ระดับที่ 6 แสดงผลเป็นสีแดงเข้ม เทียบเคียงได้กับระดับ LOS F

3.1.2.5 แถบแสดงปริมาณยานพาหนะทั้งหมดในระบบ ประเมินจากปริมาณยานพาหนะโดยรวมของระบบว่าอยู่ในระดับใด ดังที่กล่าวไปในข้อที่ 3.1.2.4 (4) แล้วจึงแสดงเป็นแถบสีของระดับนั้น ๆ

3.1.2.6 คะแนน ระบบจะต้องคำนวณคะแนนจากจำนวนยานพาหนะที่ผู้ใช้สามารถปล่อยออกไปจากระบบได้ เนื่องจากเป็นความสามารถในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรของผู้ใช้ภายในเวลาที่จำกัด ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการนับยานพาหนะที่ผู้ใช้สามารถปล่อยได้ โดยกำหนดให้ยานพาหนะหนึ่งคันเท่ากับหนึ่งคะแนน

3.1.2.7 เมื่อหมดเวลาระบบจะต้องแสดงกราฟและระดับที่ผู้ใช้สามารถปล่อยยานพาหนะได้ เพื่อรายงานสรุปผลการควบคุมสัญญาณไฟจราจรให้ผู้ใช้ได้รับทราบ โดยผู้วิจัยมีวิธีในการคิดเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

(1) ปล่อยยานพาหนะเป็นรูปแบบ (Pattern) จำนวน 24 รูปแบบ เนื่องจากปุ่มในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรมี 4 ปุ่ม ผู้วิจัยจึงทำการปล่อยยานพาหนะทีละหนึ่งปุ่ม รวมเป็น 4 รูปแบบ และคำนวณโดยใช้กฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการนับ (Factorial) เพื่อหารูปแบบในการปล่อยยานพาหนะ ในที่นี้ คือ 4! หรือสี่แฟกทอเรียล จะได้เท่ากับ 24 รูปแบบ

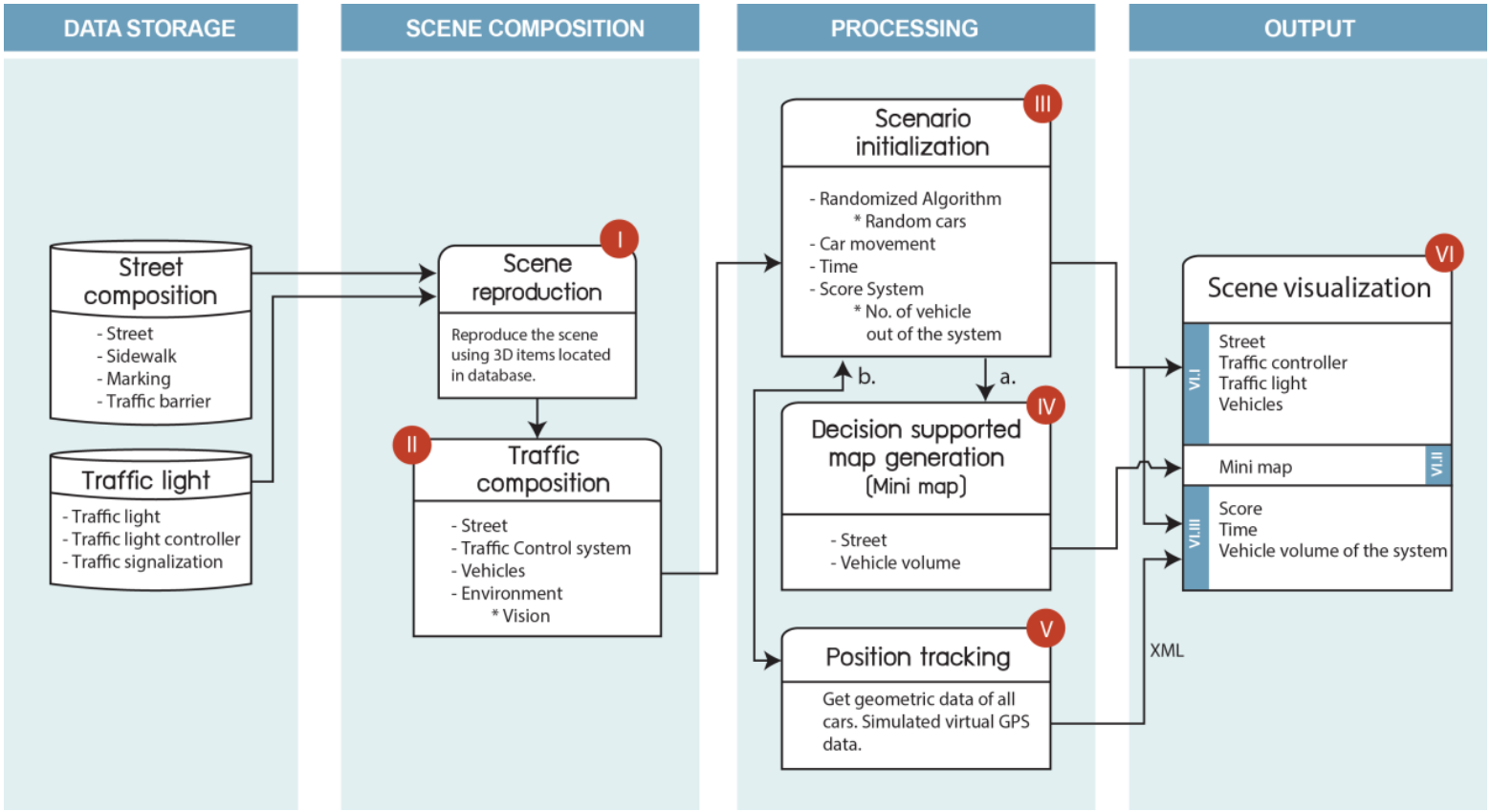
(2) ปล่อยยานพาหนะทุกรูปแบบจนหมดเวลาและบันทึกคะแนน

(3) นำคะแนนที่ได้มาคิดเกณฑ์ในการเปรียบเทียบระดับในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรของผู้ใช้ ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีอิงเกณฑ์ในการแปลผลคะแนน ซึ่งแบ่งออกเป็น 8 ระดับ โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่แบ่งมาตราส่วนการประมาณค่าระดับออกเป็น 8 ช่วง เท่าๆ กัน โดยมีหลักในการพิจารณาดังนี้

$$\frac{\text{คะแนนที่มากที่สุด} - \text{คะแนนที่น้อยที่สุด}}{\text{จำนวนชั้น}} = \frac{296 - 98}{8} = 24.75 = 25$$

โดยนำคะแนนในการปล่อยครั้งละหนึ่งเฟส (กดทีละปุ่ม) มาเปรียบเทียบกัน และนำคะแนนที่ได้มากที่สุดมาเป็นมาตรฐานในการคำนวณกับช่วงที่ได้ จะเท่ากับ 98 + 25 = 123

คะแนนระหว่าง	$\geq$ 280	หมายถึง	เกรดเอ	(A)
คะแนนระหว่าง	254 - 279	หมายถึง	เกรดบีบวก	(B+)
คะแนนระหว่าง	228 - 253	หมายถึง	เกรดบี	(B)
คะแนนระหว่าง	202 - 227	หมายถึง	เกรดซีบวก	(C+)
คะแนนระหว่าง	176 - 201	หมายถึง	เกรดซี	(C)
คะแนนระหว่าง	150 - 175	หมายถึง	เกรดดีบวก	(D+)
คะแนนระหว่าง	124 - 149	หมายถึง	เกรดดี	(D)
คะแนนระหว่าง	$\leq$ 123	หมายถึง	เกรดเอฟ	(F)



รูปที่ 3.13 กรอบแนวคิดการทำงานของระบบ iTraffic แบบไม่อัตโนมัติ

3.1.3 ออกแบบกรอบการทำงานของระบบ

จากรูปที่ 3.13 แสดงกรอบแนวคิดการทำงานของระบบ iTraffic (Framework design of iTraffic) สำหรับการควบคุมแบบไม่อัตโนมัติ ซึ่งภายในระบบประกอบไปด้วยสี่การทำงานหลัก ได้แก่ 1) ส่วนจัดเก็บข้อมูล (Data storage) 2) ส่วนจัดเรียงเรื่องราว (Scenario execution) 3) ส่วนประมวลผล (Processing) และ 4) ส่วนแสดงผล (Output) โดยสามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละส่วนงานได้ดังต่อไปนี้

3.1.3.1 ส่วนจัดเก็บข้อมูล (Data storage) จัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ ในระบบ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับ ถนน สัญญาณไฟจราจร ยานพาหนะ และสภาพแวดล้อม

3.1.3.2 ส่วนจัดเรียงเรื่องราว (Scenario execution) มีหน้าที่นำข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในส่วนจัดเก็บข้อมูลแล้วนำมาเรียบเรียงเป็นสถานการณ์ โดยเริ่มจากส่วนเรียบเรียงสภาพแวดล้อมภายในฉาก (Scene reproduction) (I) ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อให้มีความสามารถในการนำเข้าองค์ประกอบต่าง ๆ ของฉาก และทำการจัดเรียงเพื่อสร้างสถานการณ์การจราจร จากนั้นข้อมูลสิ่งแวดล้อมในฉากจะถูกส่งต่อไปยังส่วนจัดเรียงองค์ประกอบ เฉพาะด้านการจราจร (Traffic composition) (II) ประกอบด้วยสามส่วนหลัก ได้แก่ ข้อมูลเกี่ยวกับถนน ระบบควบคุมการจราจร และข้อมูลเกี่ยวกับยานพาหนะ

3.1.3.3 ส่วนประมวลผล (Processing) เป็นส่วนควบคุมสถานการณ์ ให้เป็นไปตามที่ผู้ออกแบบจำลองต้องการ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อทดสอบสมมติฐานเกี่ยว กับการนำข้อมูล GPS มาใช้ประกอบการตัดสินใจในการควบคุมการจราจร โดยส่วนนี้แบ่งเป็นสามระบบงานหลัก ได้แก่ 1) ระบบกำหนดสถานการณ์ (Scenario initialization) (III) ทำหน้าที่ระบุขอบเขตขององค์ประกอบต่าง ๆ และกำหนดการเชื่อมต่อระหว่างแต่ละองค์ประกอบภายในแบบจำลอง เช่น สุ่มยานพาหนะ เริ่มต้นจับเวลา และนับจำนวนยานพาหนะที่ออกจากระบบ 2) ระบบแสดงปริมาณการจราจร ณ ขณะนั้น ในลักษณะของแผนที่ขนาดเล็กเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision supported map generation) (IV) และ 3) ระบบติดตามตำแหน่ง (Position tracking) (V) โดยระบบจะดึงข้อมูลจาก Scenario initialization และจำลองค่าข้อมูลพิกัดตำแหน่ง (GPS data) สำหรับยานพาหนะแต่ละคัน จากนั้นระบบจะส่งข้อมูลไปยังส่วนแสดงผล (Output)

3.1.3.4 ส่วนแสดงผล (Output) ระบบจะประมวลผล และแสดงจินตทัศน์ของฉาก (Scene visualization) (VI) ออกมาในรูปแบบของสถานการณ์จำลอง ซึ่งแบ่งการแสดงผลออกเป็นสามส่วน ได้แก่ 1) องค์ประกอบของการจราจร (VI.I) ประกอบด้วยลักษณะของถนน ปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจร และองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ 2) แผนที่ (Mini map) (VI.II) จะแสดงปริมาณจราจร ณ ขณะนั้น และ 3) องค์ประกอบการแสดงผลการใช้งาน (VI.III) ประกอบด้วย คะแนน (Score) เวลา (Time) และข้อมูลแสดงปริมาณยานพาหนะทั้งหมดในระบบ (Vehicle volume of the system) โดยทั้งสามส่วนนี้จะแสดงผลจินตทัศน์ให้กับผู้ใช้ จากนั้นผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับระบบ ผ่านการควบคุมส่วน

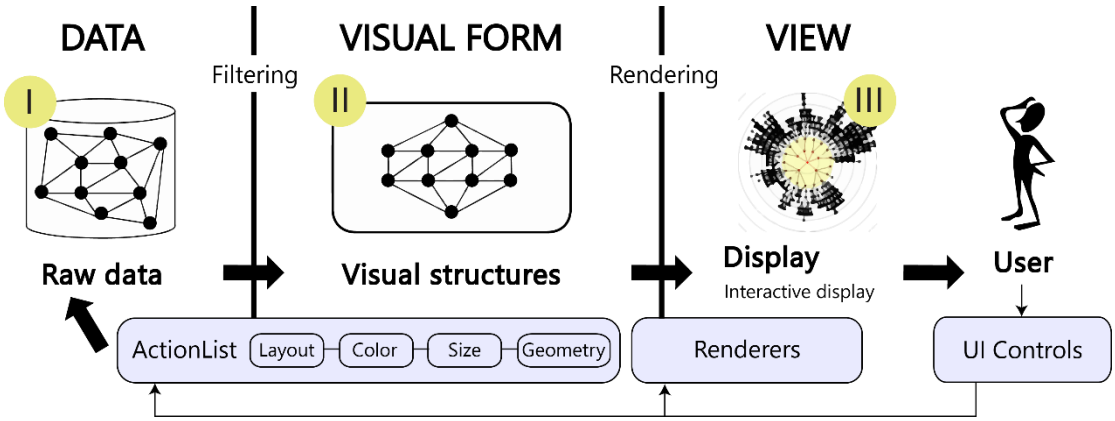
ติดต่อกับผู้ใช้ (User interface control) ซึ่งจะนำเสนอภาพรวมของการจราจรทั้งสี่เส้นทางบนสี่แยกโดยจะเน้นที่ปริมาณจราจรในแต่ละเส้นทาง

3.2 การสร้างระบบ

ขั้นตอนการสร้างระบบ iTraffic สามารถแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ การออกแบบจินตทัศน์ของระบบ iTraffic การประเมินผลการออกแบบจินตทัศน์ และการพัฒนาระบบ มีรายละเอียดในดังนี้

3.2.1 การออกแบบจินตทัศน์ของระบบ iTraffic

ในการออกแบบจินตทัศน์ (iTraffic visualization) ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ในการนำเสนอข้อมูลเพื่อให้ผู้ใช้สามารถเกิดการรับรู้ด้วยภาพ ซึ่งประกอบด้วยวัตถุ ฉากหรือภาพ และกระบวนการแสดงแนวความคิดที่ได้ออกแบบสำหรับการสร้างระบบ ซึ่งเน้นไปที่การใช้งาน โดยการออกแบบจินต-ทัศน์ผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลในรูปแบบของโครงสร้างภาพ (Visual Form) คือ การแสดงข้อมูลในรูปแบบของระบบจำลองในรูปแบบสามมิติทำให้ผู้ใช้เกิดการรับรู้ด้วยภาพ ส่งผลให้ช่วยลดช่องว่างระหว่างผู้ใช้งานและยังช่วยให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.14 แบบจำลองกระบวนการสร้างจินตทัศน์

จากรูปที่ 3.14 ผู้วิจัยได้อธิบายกระบวนการสร้างจินตทัศน์ เริ่มต้นจากการดึงข้อมูลเพื่อให้เกิดการมองเห็นเป็นภาพช่วยในการสนับสนุนการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้ใช้ทำให้เกิดความรู้สึกและรับรู้เข้าใจได้ชัดเจนมากขึ้น ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ ดังนี้ (I) ข้อมูล (Data) ได้แก่ ข้อมูลที่มีรูปแบบเป็นลักษณะเฉพาะ (II) โครงสร้างภาพ (Visual form) ได้แก่ การวางตำแหน่งการแสดงผลข้อมูลบน หน้าจอ (layout) ขนาดและรูปทรง (Size) และการเลือกใช้สี (Color) (III) มิติที่มองเห็นภาพ (View) ได้แก่ ภาพกราฟิก ที่แสดงลักษณะเฉพาะของการดำเนินงานกับความสัมพันธ์ต่าง ๆ โดยในส่วนนี้จะกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างของภาพ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการแสดงจินตทัศน์ให้แก่ผู้ใช้สามารถอธิบายได้ดังนี้

การวางตำแหน่งการแสดงผลข้อมูลบนหน้าจอ (layout) ผู้วิจัยได้แบ่งความสำคัญของข้อมูลให้เหมาะสมกับการใช้งานของผู้ใช้ โดยพิจารณาภาพรวมทั้งหมดให้สอดคล้องกับทิศทางในการอ่าน และตามลำดับความสำคัญขององค์ประกอบต่าง ๆ ในระบบ iTraffic ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ การจัดวางตำแหน่งของการแสดงผลข้อมูลจะกำหนดตามทิศทางในการอ่าน ซึ่งเริ่มต้นจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง และจากมุมซ้ายมือด้านบนไปสู่มุมขวามือด้านล่าง ซึ่งอ้างอิงมาจากทิศทางการอ่านแบบกูเตนเบิร์กไดเอ็กเนล (Gutenberg Diagonal) (Moriarty, *et al.*, 2014) ในการออกแบบ ผู้วิจัยจะคำนึงถึงความเหมาะสมในการจัดวางของแต่ละโหมดการทำงาน แนวทางการออกแบบยึดตำแหน่งการจัดวางปุ่มควบคุมจากอุปกรณ์ควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ใช้งานในปัจจุบัน

การเลือกใช้สี (Color) สีเป็นองค์ประกอบหลักในการออกแบบที่สร้างผลกระทบต่ออารมณ์ของมนุษย์ในเชิงจิตวิทยาโดยผ่านประสบการณ์ที่เคยได้รับ จนเกิดเป็นส่วนประกอบสำคัญต่อการรับรู้และตีความหมาย ในการเลือกใช้สีสำหรับการออกแบบองค์ประกอบในส่วนติดต่อกับผู้ใช้ได้แก่ Mini map และแถบแสดงปริมาณยานพาหนะทั้งหมดในระบบ สีที่ผู้วิจัยเลือกใช้อ้างอิงมาจากทฤษฎีการให้บริการในทางวิศวกรรมจราจร (Level of service) 6 ระดับ ประกอบด้วยสีเขียว สีเหลือง สีส้ม สีส้มเข้ม สีแดงและสีแดงเข้ม เพื่อใช้บอกสถานะของปริมาณจราจรในแต่ละระดับ ปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจร อ้างอิงสีที่ใช้ในการจราจรปัจจุบัน หมายถึง สีเขียวและสีแดง เพื่อให้ผู้ใช้ทราบสถานะของสัญญาณไฟจราจรในแต่ละเฟส ปุ่มเพิ่มความเร็ว แสดงสถานะของปุ่มเป็น 3 สี ได้แก่ สีเขียว หมายถึง สถานะปกติ สีเหลือง หมายถึง จากระดับปกติหนึ่งระดับ และสีแดง หมายถึง สัญญาณเตือนว่าอยู่ในสถานการณ์เร่งความเร็วสูงที่สุด และปุ่มมองในมุมสูง แสดงสถานะของปุ่มเมื่อมีการกดเป็นสีเขียว เพื่อบ่งบอกสถานะของปุ่มเมื่อมีการเริ่มต้นใช้งาน

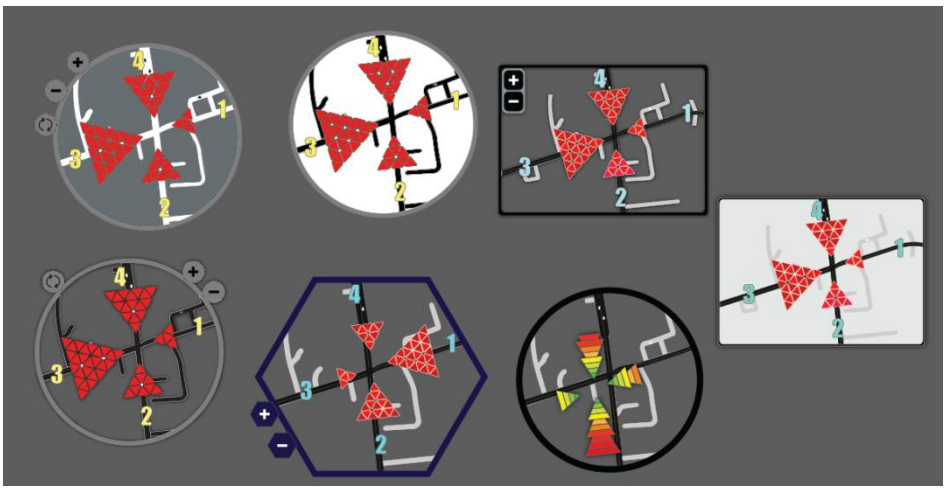
ขนาดและรูปทรง ขนาด (Size) ผู้วิจัยจะออกแบบองค์ประกอบที่เป็นส่วนสำคัญให้มีขนาดใหญ่ ซึ่งหมายถึง Mini map และขนาดของปุ่มที่ใช้งาน สำหรับการออกแบบปุ่มควบคุม คือ กว้าง 32 พิกเซล และยาว 32 พิกเซล เป็นขนาดใหญ่พอที่ผู้ใช้สามารถมองเห็นได้ชัดเจน รูปทรง (Shape) ในการออกแบบรูปขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในหน้าจอแสดงผลส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ผู้วิจัย

ออกแบบเป็นรูปทรงเป็นหลายรูปแบบ ซึ่งมีการใช้งานที่แตกต่างกัน เช่น รูปทรงของปุ่มที่ใช้งาน ผู้วิจัยออกแบบเป็นทรงวงกลมมีแรงเงาและความนูนให้ความรู้สึกว่าเป็นปุ่ม โดยผู้วิจัยเลือกใช้สีที่มีความแตกต่างจากพื้นหลังของฉาก

มิติภาพที่มองเห็น (Views) ผู้วิจัยเลือกแสดงเฉพาะสภาพแวดล้อมที่อยู่ภายในขอบเขตการมองเห็นครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 120 - 180 องศาจากศูนย์กลางจากแนวการมองของสายตาดำ ซึ่งตรงกับงานวิจัยปัญญา หันตุลา กล่าวว่า ขอบเขตการมองเห็นที่สำคัญมี 3 ประเภท ได้แก่ ประเภทที่หนึ่ง ขอบเขตการมองเห็นอย่างชัดเจน (Field of clear or acute vision) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 3 - 5 องศาโดยรอบของแนวการมองของตาดำ ประเภทที่สองขอบเขตการมองเห็นชัดพอสมควร (Field of fairly clear vision) มีพื้นที่การการมองเห็นกว้างกว่าประเภทที่หนึ่ง ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 10 - 12 องศารอบแนวการมองของตาดำ และประเภทที่สามขอบเขตการมองเห็นจากขอบตา (Field of peripheral vision) โดยปกติจะครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 120 – 180 องศาจากแนวการมองของสายตาดำ

ในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ของระบบ iTraffic ผู้วิจัยได้เน้นการออกแบบโดยยึดความต้องการของกลุ่มตัวอย่างเป็นหลัก เสริมด้วยประเด็นที่ได้จากคำสัมภาษณ์จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ โดยอ้างอิงประเด็นบางอย่างมาจากทฤษฎีการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ ลักษณะและข้อจำกัดของการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ โดยการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ของระบบ iTraffic จะใช้หลักเกณฑ์การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นจุดเริ่มต้นของแนวทางการออกแบบ ทั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งการออกแบบจินตทัศน์ (Visualization) ออกเป็น 7 ส่วน ได้แก่ แผนที่ขนาดเล็ก (Mini map) ปุ่มตำแหน่งการยืน ปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจร รายงานสรุปผลการควบคุมสัญญาณไฟจราจร ปุ่มเพิ่มระดับความเร็ว ปุ่มมุมมองในมุมสูง แถบบอกเวลา และแถบแสดงปริมาณยานพาหนะทั้งหมดในระบบ โดยสามารถอธิบายรายละเอียดในแต่ละส่วนได้ดังนี้

3.2.1.1 แผนที่ขนาดเล็ก (Mini map) ในการออกแบบเริ่มจากทำการศึกษาจากแบบจำลองและเกมต่าง ๆ เช่น RuneScape GTA DOTA และ Heroes of Newerth (HoN) ที่มีการนำแผนที่ขนาดเล็กมาใช้ประกอบการตัดสินใจในการเล่นเกม โดยผู้วิจัยได้ศึกษาด้วยการสังเกตและสัมภาษณ์จากผู้ที่เล่นเกมดังกล่าวเกี่ยวกับรูปแบบและการใช้ประโยชน์ของแผนที่ขนาดเล็ก หรือที่เรียกว่า Mini map พบว่าการแสดงข้อมูลในลักษณะของ Mini map และการมองเห็นในมุมสูงจะทำให้ผู้เล่นสามารถมองเห็นภาพรวมของพื้นที่ตนเองได้ รวมไปถึงใช้ในการเฝ้าระวังศัตรู เนื่องจากใน Mini map จะแสดงมุมมองที่กว้างกว่ามุมมองที่ผู้เล่นสามารถมองเห็น อีกทั้งยังสามารถใช้ในการวางแผนเพื่อเตรียมความพร้อมระหว่างเล่นเกมได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำข้อมูลปริมาณจราจรในแต่ละเส้นทางมาแสดงในลักษณะของ Mini map



รูปที่ 3.15 แสดงการออกแบบ Mini map ในรูปแบบต่าง ๆ

จากรูปที่ 3.15 แสดงการออกแบบ Mini map ในรูปแบบต่าง ๆ โดยจะสังเกตได้ว่าผู้วิจัยจะออกแบบให้มีรูปทรงในลักษณะของสามเหลี่ยม ซึ่งมีแนวคิดในการออกแบบมาจากลูกศร เพื่อชี้การไหลของยานพาหนะในแต่ละทิศทาง และโดยลูกศรจะสามารถบ่งบอกสถานะของปริมาณยานพาหนะได้ด้วย จากแนวคิดดังกล่าวเพื่อเป็นการแสดงปริมาณยานพาหนะในแต่ละด้านของฝั่งถนน ผู้วิจัยจึงออกแบบให้เหลือเพียงหัวลูกศรที่มีลักษณะเหมือนพีระมิด โดยใช้สามเหลี่ยมขนาดเล็กแทนยานพาหนะจำนวน 5 คัน เมื่อปริมาณยานพาหนะเพิ่มขึ้นมากเพียงใดสามเหลี่ยมจะเริ่มก่อตัวในปริมาณที่มากขึ้น จากนั้นเมื่อได้แนวคิดในการแสดงปริมาณจราจรผนวกกับการนำไปจัดวางลงในรูปทรงต่างๆ ของ Mini map ผู้วิจัยจึงนำแนวคิดดังกล่าวไปปรึกษากับทีมออกแบบและอาจารย์ที่ปรึกษา พบว่าการแสดงปริมาณยานพาหนะในลักษณะนี้ยังขาดทฤษฎีและยังไม่สื่อความหมายชัดเจนเท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงนำคำแนะนำดังกล่าวมาแก้ไขและปรับปรุง จากนั้นจึงได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับทฤษฎีระดับการให้บริการในทางวิศวกรรมจราจร (Level Of Service, LOS) และนำมาออกแบบอีกครั้ง โดยนำทฤษฎี LOS มาประยุกต์ใช้กับแนวคิดในการแสดงปริมาณยานพาหนะในลักษณะของหัวลูกศรหรือสามเหลี่ยมที่แสดงบน Min map ซึ่งทฤษฎี LOS จะประกอบไปด้วย 6 ค่า จะแทนด้วย LOS A – LOS F และแบ่งเป็นค่าสีต่างๆ เพื่อใช้สำหรับแสดงอัตราการติดขัดของยานพาหนะ ณ ขณะนั้น โดยจะแสดงอยู่มุมบนซ้ายมือของหน้าจอ แสดงดังรูปที่ 3.17(ก)

3.2.1.2 ปุ่มตำแหน่งการยืน ในการออกแบบปุ่มเพื่อเลือกตำแหน่งในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร ผู้วิจัยได้นำเอาข้อมูลจากการสัมภาษณ์ตำรวจจราจรจำนวน 5 คน มาเป็นมาตรฐานในการเลือกสร้างในแต่ละตำแหน่ง ในที่นี้จะประกอบไปด้วย 5 ตำแหน่ง เพื่อให้ง่ายต่อการมองเห็นสถานะเมื่อกดเลือกตำแหน่ง ผู้วิจัยจึงออกแบบให้ปุ่มตำแหน่งการยืนอยู่ภายใน Mini map แสดงดังรูปที่ 3.17(ข)

3.2.1.3 ปุ่มเพิ่มระดับความเร็ว ผู้วิจัยได้มีแนวคิดในการสร้างปุ่มนี้เพื่อช่วยลดเวลาในการทดสอบใช้งานระบบ iTraffic เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยมีข้อจำกัดในเรื่องของเวลา โดยปุ่มดังกล่าวผู้วิจัยออกแบบให้สามารถกดปรับเปลี่ยนได้สามระดับ คือ คูณหนึ่ง คูณสอง และคูณสาม แสดงดังรูปที่ 3.16 โดยปุ่มเพิ่มระดับความเร็วจะแปรผันตรงต่อยานพาหนะและเวลา แสดงดังรูปที่ 3.17(ค)

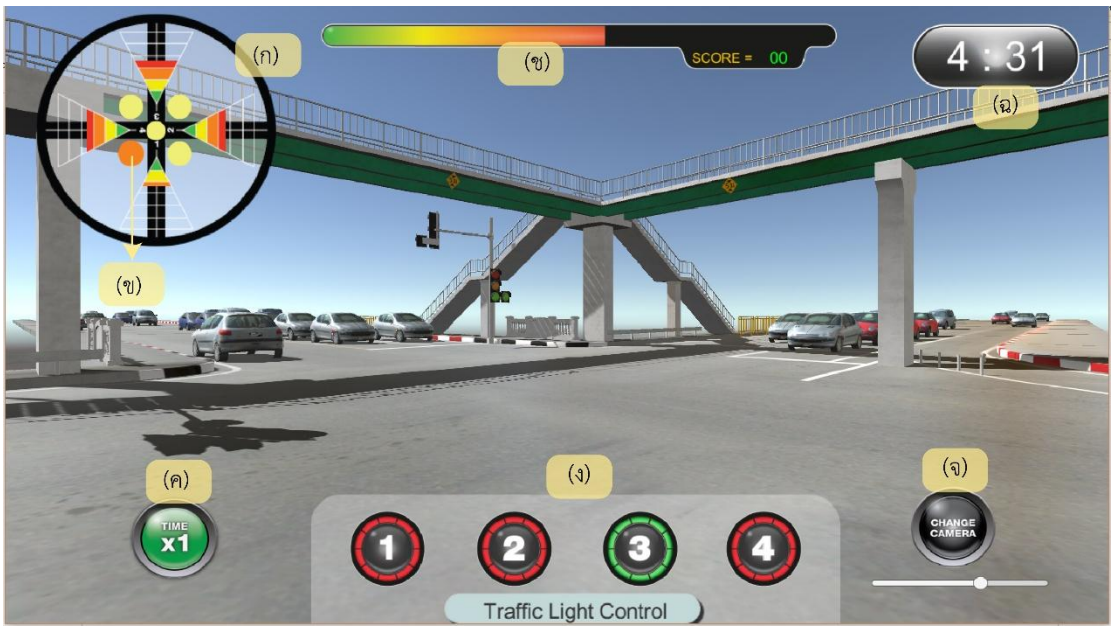
รูปที่ 3.16 ปุ่มเพิ่มระดับความเร็ว

3.2.1.4 ปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจร ในการออกแบบปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจรจะออกแบบให้มี 4 ปุ่ม โดยอ้างอิงมาจากจำนวนของปุ่มที่ใช้ในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรในปัจจุบัน ซึ่งแนวคิดในการเปลี่ยนสีเมื่อกดเลือกปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจร ซึ่งอ้างอิงมาจากสีของสัญญาณไฟจราจร ผู้วิจัยมีจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ใช้ทราบสถานะของระบบว่าทำงานอยู่ในเฟสใด แสดงดังรูปที่ 3.17(ง)

3.2.1.6 ปุ่มมุมมองในมุมสูง ผู้วิจัยออกแบบให้สามารถมองเห็นในมุมมองที่กว้างขึ้น สำหรับใช้ประกอบการอธิบายหลักการทำงานของระบบ iTraffic แสดงดังรูปที่ 3.17(จ)

3.2.1.6 แถบบอกเวลา ผู้วิจัยออกแบบให้นับเวลาถอยหลัง 5 นาที โดยอ้างอิงมาจากหนึ่งรอบของสัญญาณไฟจราจร ณ สี่แยกที่ผู้วิจัยใช้เป็นพื้นที่ศึกษา โดยจะแสดงให้ผู้ใช้เห็นอยู่บริเวณด้านบนขวาของหน้าจอ แสดงดังรูปที่ 3.17(ฉ)

3.2.1.7 แถบแสดงปริมาณยานพาหนะทั้งหมดในระบบ ผู้วิจัยออกแบบในลักษณะของปรอทที่มีการเคลื่อนที่ตามปริมาณจราจร ณ ขณะนั้น เพื่อแสดงจำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่เคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณสี่แยก โดยจะทำการนับปริมาณของยานพาหนะและแสดงผลให้กับผู้ใช้ทราบ แสดงดังรูปที่ 3.17(ช)



รูปที่ 3.17 หน้าจอส่วนติดต่อส่วนติดต่อกับผู้ใช้ก่อนการประเมิน

หลังจากการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้สำหรับระบบ iTraffic ตามผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่เรียบร้อยแล้ว จึงนำผลงานการออกแบบเสนอแก่ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบเพื่อประเมินผล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทราบความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ เพื่อนำเอาคำแนะนำที่ได้ไปแก้ไข และนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.2.2 การประเมินผลการออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้

ผู้วิจัยทำการประเมินส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User interface evaluation) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบที่มีประสบการณ์ในการทำงานตั้งแต่ 2 - 14 ปี จำนวน 8 ท่าน มาทำการประเมินส่วนติดต่อกับผู้ใช้ผ่านตัวต้นแบบของระบบ iTraffic แสดงดังรูปที่ 3.17 ซึ่งสามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่หนึ่ง การเก็บข้อมูลทั่วไป ขั้นตอนที่สอง การทดลองใช้งานระบบ และขั้นตอนที่สาม การประเมินผลหลังการใช้งานระบบ ซึ่งมีรายละเอียดได้ดังนี้

3.2.2.1 ขั้นตอนที่หนึ่ง การเก็บข้อมูลทั่วไป

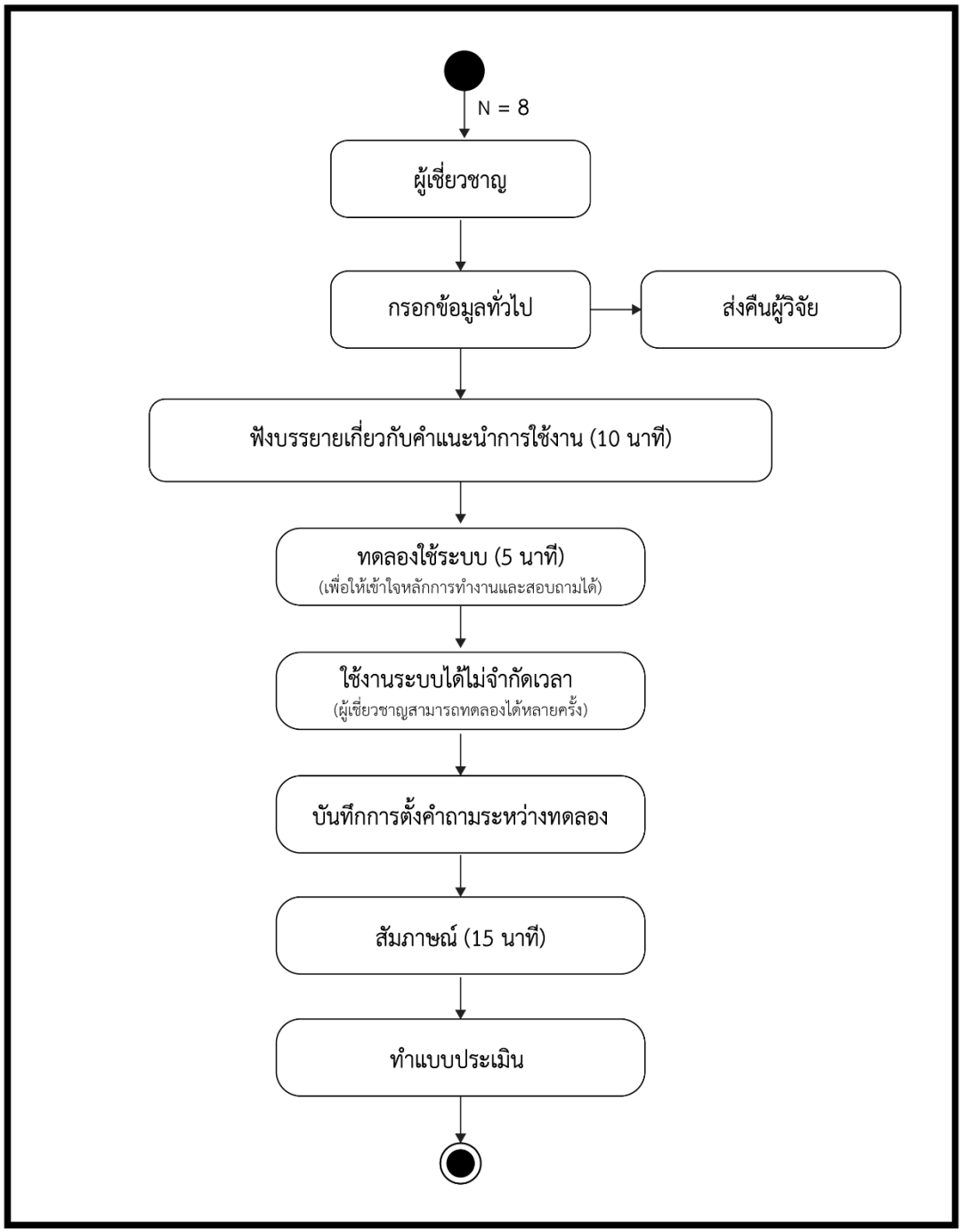
ผู้วิจัยอธิบายขอบเขตและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยให้แก่ผู้เชี่ยวชาญได้รับทราบแล้วจึงให้ผู้เชี่ยวชาญกรอกข้อมูลทั่วไปลงในแบบประเมิน ดังภาคผนวก ก

3.2.2.2 ขั้นตอนที่สอง การทดลองใช้งานระบบ

ก่อนเริ่มต้นการทดลองใช้งานระบบ iTraffic ผู้วิจัยได้บรรยายและอธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบของส่วนติดต่อผู้ใช้พร้อมทั้งสาธิตขั้นตอนการใช้งานระบบให้แก่ผู้ประเมิน แล้วจึงให้ผู้เชี่ยวชาญทดลองใช้งานระบบเพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญทราบหลักการทำงานของระบบ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้ประเมินสอบถามหากมีข้อสงสัย โดยใช้เวลา 5 ถึง 10 นาที จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญใช้งานระบบโดยไม่จำกัดเวลาและจำนวนครั้งที่ใช้ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญได้มุ่งเน้นไปยังองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในส่วนติดต่อผู้ใช้ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ และในระหว่างที่ผู้ประเมินใช้งานระบบผู้วิจัยจะทำการสังเกต (Observation) พฤติกรรมของผู้ประเมินพร้อมทั้งจดบันทึกลงในแบบสังเกตการณ์ เพื่อสังเกตการณ์การตั้งคำถามของผู้ใช้ระหว่างการทดลอง ดังภาคผนวก ก

3.2.2.3 ขั้นตอนที่สาม การประเมินผลหลังการใช้งานระบบ

ในการประเมินผลหลังการใช้งานระบบ ผู้วิจัยใช้วิธีการสัมภาษณ์เกี่ยวกับมุมมองความคิดเห็น ความรู้สึก และคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญหลังการทดลองใช้ระบบ iTraffic พร้อมกับบันทึกเสียงในระหว่างการสัมภาษณ์ โดยใช้ระยะเวลาในการสัมภาษณ์ประมาณ 5 ถึง 10 นาที จากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญเขียนคำแนะนำลงในแบบประเมินผลหน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้ว่าเหมาะสมหรือไม่ ควรมีข้อแก้ไขปรับปรุงอย่างไร และทำแบบสอบถามความพึงพอใจ (Heuristic evaluation) โดยให้อิสระทางเวลาในการทำแบบประเมิน โดยสามารถแสดงแผนภาพ (Activity diagram) แสดงขั้นตอนการประเมินระบบ iTraffic โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แผนภาพ (Activity diagram) แสดงขั้นตอนการประเมินระบบ iTraffic โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ (Heuristic evaluation)

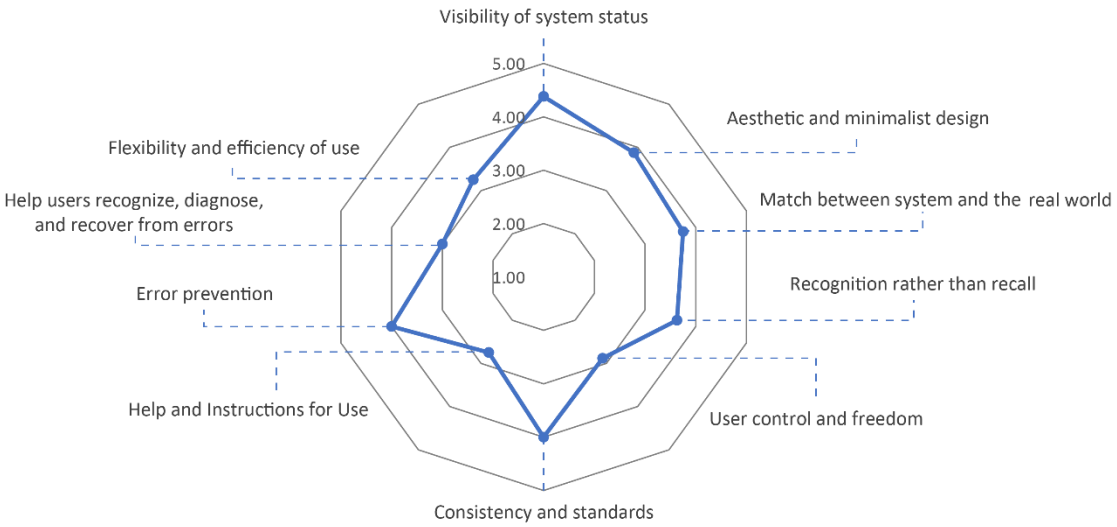
ตารางที่ 3.1 ผลการประเมินส่วนติดต่อกับผู้ใช้จากผู้เชี่ยวชาญ (Heuristic evaluation)

ข้อ	รายการการประเมิน	$\bar{x}$ (5.00)	SD.	ระดับความพึงพอใจ
1	สามารถมองเห็นสถานะของระบบได้ (Visibility of system status)	4.38	1.06	มากที่สุด
2	การออกแบบระบบมีความสวยงามและเรียบง่าย (Aesthetic and minimalist design)	3.88	1.25	มาก
3	รูปแบบสัญลักษณ์ที่ใช้ในระบบมีความสัมพันธ์กับสัญลักษณ์ในโลกความเป็นจริง (Match between system and the real world)	3.75	0.89	มาก
4	ระบบสามารถจดจำได้ง่าย (Recognition rather than recall)	3.63	1.19	มาก
5	ความอิสระ และการควบคุมการใช้งาน (User control and freedom)	2.88	1.64	ปานกลาง
6	ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอ (Consistency and standards)	4.00	0.93	มาก
7	ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในการใช้งาน (Help and Instructions for Use)	2.75	1.49	ปานกลาง
8	วิธีการป้องกันข้อผิดพลาดของระบบเมื่อผู้ใช้ปฏิบัติงานผิด (Error prevention)	4.00	0.93	มาก
9	ระบบมีความยืดหยุ่นในการยกเลิกคำสั่งที่ผู้ใช้ได้กระทำลงไปแล้วได้ (Help users recognize, diagnose, and recover from errors)	3.00	1.51	ปานกลาง
10	ระบบมีการแนะนำเมื่อเกิดข้อผิดพลาด และสามารถชี้แนะการแก้ไขให้กับผู้ใช้ได้สามารถคาดเดาความผิดพลาดได้ (Flexibility and efficiency of use)	3.25	1.93	ปานกลาง
คะแนนเฉลี่ย		**3.55**	**0.27**	**มาก**

จากการส่งแบบประเมินผลให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ ทำการประเมินส่วนคิดต่อกับผู้ใช้ของระบบ iTraffic ที่ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 8 คน ผลปรากฏดังนี้

3.2.2.4 สรุปผลการประเมินระบบ iTraffic (Heuristic evaluation)

จากตารางที่ 3.1 แสดงผลการประเมินการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบด้วยแบบประเมินความพึงพอใจฮิวริสติก (Heuristic evaluation) ผลการประเมินพบว่า ระดับความพึงพอใจในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้โดยรวมทั้ง 10 ข้อ อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.55 จะเห็นได้ว่าข้อที่ได้ผลเฉลี่ยความพึงพอใจมากที่สุด คือ ข้อ 1 สามารถมองเห็นสถานะของระบบได้ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.38 และข้อที่ได้ผลเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อ 7 ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในการใช้งาน มีผลความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.75 ซึ่งสามารถแสดงผลคะแนนเฉลี่ยการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 กราฟแสดงผลการประเมินตามรายการประเมินจากตารางที่ 3.3

3.2.2.5 การประเมินผลหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้หลังการใช้งาน

ในการประเมินผลหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้หลังการใช้งาน ผู้วิจัยได้ตรวจสอบและวิเคราะห์ผลการประเมิน โดยเริ่มต้นจากการกำหนดคะแนนให้กับระดับความรุนแรงของข้อผิดพลาดที่พบ โดยระบุเป็นตัวเลขระหว่าง 0 - 4 ซึ่งมีความหมายดังนี้

0 หมายถึง ไม่ถือว่าเป็นปัญหาด้านการใช้งาน

1 หมายถึง เป็นปัญหาเล็กน้อย

2 หมายถึง เป็นปัญหาที่ปานกลาง

3 หมายถึง เป็นปัญหามาก

4 หมายถึง เป็นปัญหามากที่สุด

ผลลัพธ์จากการตรวจสอบการประเมินผลหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้หลังการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ได้ระบุรายการปัญหาไว้ทั้งหมด 7 ข้อ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ปัญหาผนวกกับบทสัมภาษณ์เกี่ยวกับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ รวมไปถึงพิจารณาคำแนะนำสำหรับนำไปแก้ไขและปรับปรุงระบบ

ตารางที่ 3.2 การประเมินผลหน้าจอแสดงผลหลังการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ

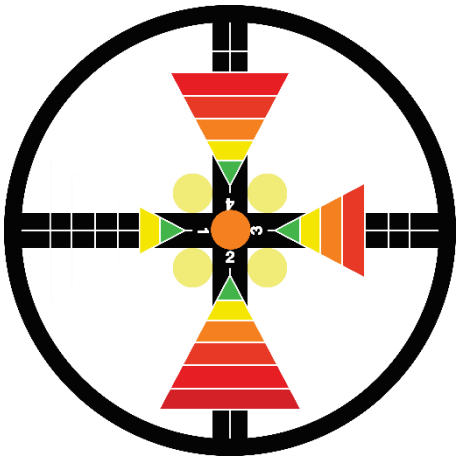
ข้อ	รายการปัญหา	ระดับความรุนแรง					หมายเหตุ
		0	1	2	3	4	
1	Mini map			✓			6 คน
2	หน้ารายงานผล			✓			5 คน
3	ปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจร			✓			2 คน
4	เวลา		✓				1 คน
5	หน้าคู่มือ			✓			3 คน
6	มุมมอง		✓				2 คน
7	ปุ่มเริ่มต้นการใช้งาน		✓				1 คน

3.2.2.6 การพิจารณาเพื่อแก้ไขและปรับปรุงระบบ iTraffic

จากตารางที่ 3.2 แสดงการพิจารณาปัญหา คำแนะนำในการแก้ไขและปรับปรุงระบบ iTraffic ดังภาคผนวก ก ในส่วนที่ 5 จากผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ จำนวน 8 คน ผู้วิจัยสามารถจำแนกและสรุปผลรายการของปัญหาและคำแนะนำได้ 7 รายการ พร้อมทั้งแสดงข้อคิดเห็นของผู้วิจัยที่มีต่อคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

(1) ปัญหาเกี่ยวกับ Mini map

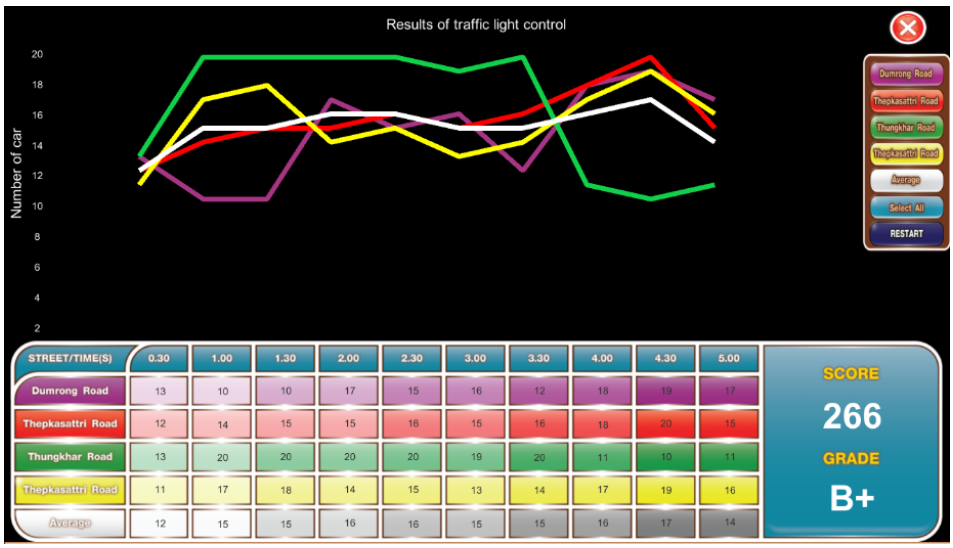
จากการสัมภาษณ์และคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่าน ให้ข้อคิดเห็นว่า ตัวเลขของปุ่มควบคุมจราจร และ Mini map ควรสัมพันธ์กัน สมควรที่จะเอาตัวเลขใน Mini map ออก ผู้วิจัยเห็นด้วยกับคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไข โดยการนำตัวเลขใน Mini map ออก เพราะจากการสังเกตการณ์ทำให้ผู้ใช้เกิดความสับสนระหว่างปุ่มควบคุมและตัวเลขใน Mini map



รูปที่ 3.20 Mini map ก่อนการแก้ไขและปรับปรุง

(2) ปัญหาเกี่ยวกับหน้ารายงานผล (Report)

จากการสัมภาษณ์และคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีความคิดเห็นตรงกันว่า ชื่อปุ่มในถนนแต่ละเส้นในหน้ารายงานผลควรปรับให้มีขนาดใหญ่ขึ้น และควรแยกปุ่มเริ่มต้นใหม่ (Restart) ออกจากกลุ่มของชื่อถนนแต่ละเส้น ซึ่งผู้วิจัยเห็นด้วยกับคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญว่า ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไข โดยการขยายปุ่มของชื่อถนนแต่ละเส้น และแยกปุ่มเริ่มต้นใหม่ (Restart) ออกจากปุ่มอื่น ๆ



รูปที่ 3.21 หน้ารายงานผลก่อนการแก้ไขและปรับปรุง

(3) ปัญหาเกี่ยวกับปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจร

จากการสัมภาษณ์และคำแนะนำมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่าน มีความคิดเห็นว่า ควรมีการตอบสนองหรือแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบว่ามีช่วงเวลาหน่วง 5 วินาที และควรทำหมายเลขปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจรลงไปบนถนนเพื่อให้สะดวกต่อการมองในมุมสูง แต่ผู้วิจัยมีความคิดเห็นต่างจากผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากการออกแบบและการทำงานของปุ่มควบคุมจราจรอ้างอิงมาจากความเป็นจริง ทำให้การใช้งานอาจจะยากสำหรับผู้ที่ไม่ใช่เจ้าหน้าที่ตำรวจราจร

(4) ปัญหาเกี่ยวกับเวลา

จากการสัมภาษณ์และคำแนะนำมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 1 ท่าน คิดเห็นว่าสถานะของเวลาควรมีการเปลี่ยนสี เช่น เปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อใกล้หมดเวลา แต่ผู้วิจัยมีความคิดเห็นต่างจากผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากเป็นการจำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงให้มากที่สุด

(5) ปัญหาเกี่ยวกับหน้าคู่มือ (Help)

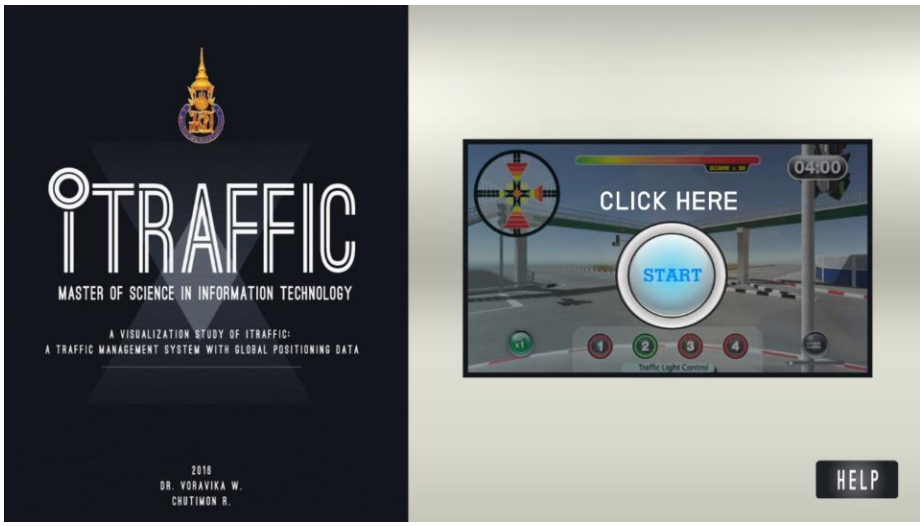
จากการสัมภาษณ์และคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีความคิดเห็นตรงกันว่าถ้าหากนำระบบไปใช้บนสมาร์ทโฟน (Smartphone) หรือแท็บเล็ต (Tablet) ควรมีการแนะนำการใช้งานด้วยเสียง ภาพเคลื่อนไหว หรือวิดีโอในการปล่อยรถอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อช่วยเหลือผู้ใช้ที่เพิ่งเริ่มต้นการใช้งาน แต่ผู้วิจัยมีความคิดเห็นต่างจากผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากการทดสอบครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิจัย จึงใช้วิธีการอธิบายให้ผู้เข้าร่วมฟัง ซึ่งคำแนะนำดังกล่าวเป็นคำแนะนำที่ดีมากและจะนำปรับปรุงเมื่อนำไปใช้งานจริง

(6) ปัญหาเกี่ยวกับมุมมอง (Camera)

จากการสัมภาษณ์และคำแนะนำมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 2 ท่าน มีความคิดเห็นว่ามุมกล้องในมุมสูงควรจะหมุนได้เพื่อให้สามารถปรับดูมุมมองโดยรอบได้ แต่ผู้วิจัยมีความคิดเห็นต่างจากผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากเป็นการจำลองสถานการณ์จริง ผู้ใช้ไม่สามารถมองในมุมสูงได้ จึงมีความคิดเห็นว่าผู้ใช้ควรจะมองในมุมปกติในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรเพื่อให้ใกล้เคียงสถานการณ์จริงมากที่สุด

(7) ปัญหาเกี่ยวกับปุ่มเริ่มต้นการใช้งาน

จากบทสัมภาษณ์และคำแนะนำมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 1 ท่าน คิดเห็นว่าควรจะทำปุ่มเริ่มต้นการใช้งานให้ชัดเจนกว่านี้ ซึ่งผู้วิจัยเห็นด้วยกับคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากปุ่มเริ่มต้นการใช้งานดูเหมือนเป็นเพียงรูปภาพ จึงจะปรับให้ดูมีมิติ และเห็นเด่นชัดขึ้น

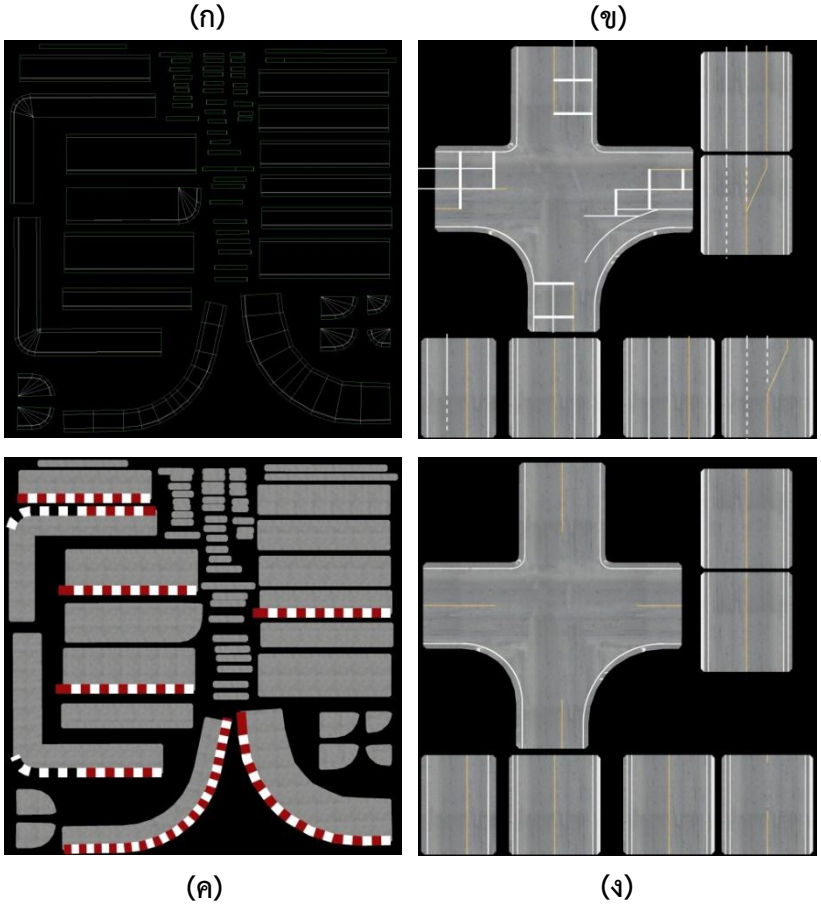


รูปที่ 3.22 ปุ่มเริ่มต้นการใช้งานก่อนการแก้ไขและปรับปรุง

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยเห็นควรปรับปรุงตามคำแนะนำทั้งหมด 4 รายการ และมี 3 รายการที่ผู้วิจัยมีความเห็นต่างนั้น ได้แก่ ปัญหาเกี่ยวกับปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจร ปัญหาเกี่ยวกับเวลา และปัญหาเกี่ยวกับมุมมอง จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญจะเห็นได้ว่าคำแนะนำที่ได้จะเน้นไปในลักษณะของการออกแบบและปรับปรุงในเชิงของเกม แต่เนื่องจากการทดลองครั้งนี้ผู้วิจัยเน้นไปที่การจำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดจึงมีความคิดเห็นต่างจากคำแนะนำของผู้เชี่ยวดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น

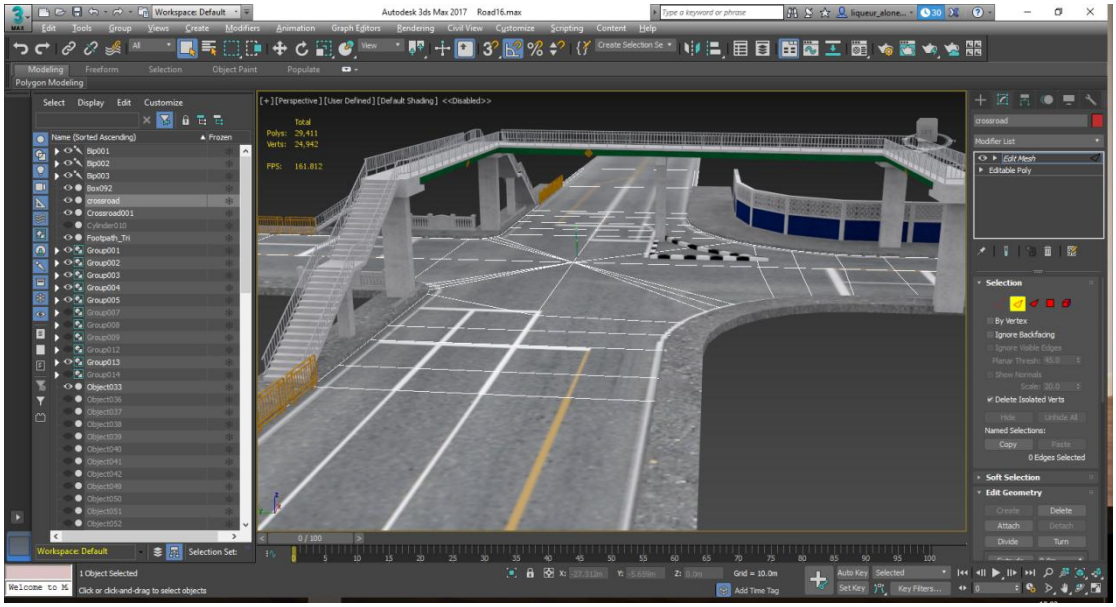
3.2.3 พัฒนาระบบ iTraffic

ในการพัฒนาระบบ iTraffic (Developed of iTraffic system) ผู้วิจัยใช้โปรแกรม 3Ds Studio Max ในการพัฒนาโมเดลสามมิติ (3D model) โดยเริ่มต้นจากการสร้างโมเดลตามโครงสร้างของถนนและบริเวณโดยรอบของพื้นที่ศึกษา แล้วจึงใส่พื้นที่ผิวและลวดลายของพื้นที่ด้วยการกางยูวี (UV mapping) เป็นการตัดแยกชิ้นส่วนโมเดลจากสามมิติ ให้เป็นสองมิติ เพื่อไปสู่ขั้นตอนการใส่ลวดลาย (Texture) ให้กับโมเดล จากนั้นนำออก (Export) มาในรูปนามสกุลไฟล์ .png ออกมา แสดงดังรูปที่ 3.23 (ก)



รูปที่ 3.23 กระบวนการสร้างแบบจำลองสามมิติโดยใช้แกนสองมิติ (แกน U และ V)

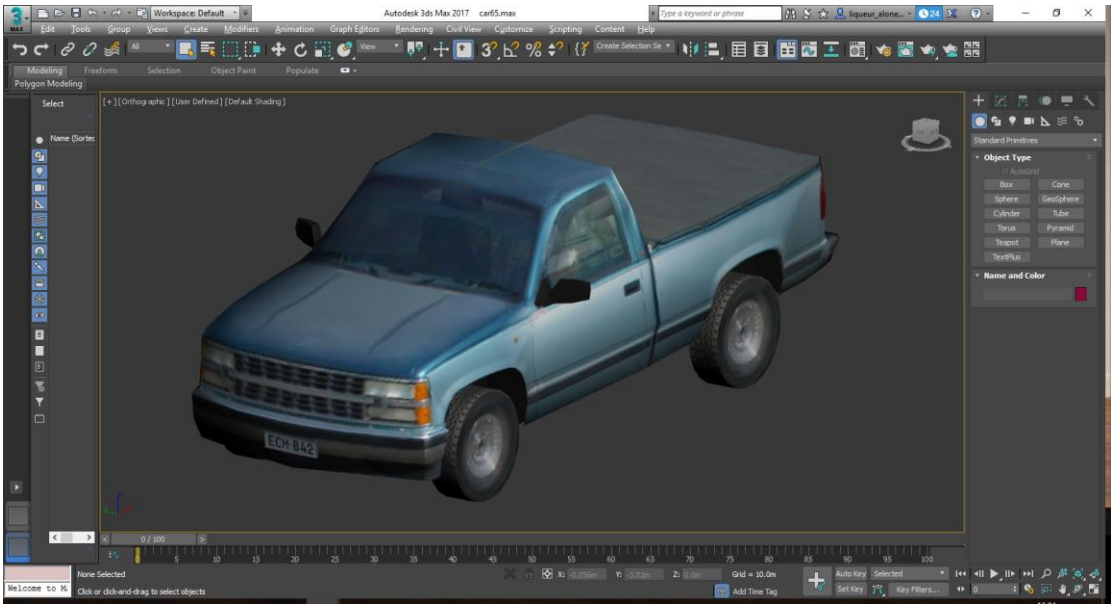
และใช้โปรแกรม Photoshop ในการลงรายละเอียดต่าง ๆ ให้กับพื้นผิวของโมเดล แสดงดังรูปที่ 3.23 (ข) - 3.23 (ง) จากนั้นวางพื้นผิวให้ตรงตามตำแหน่งของโมเดล แล้วจึงทำการเบคโมเดล (Texture baking) เพื่อลดขนาดของโพลีกอน (Polygon) ก่อนนำไปใช้ในการพัฒนาระบบด้วยโปรแกรม Unity3D Engine ต่อไป



รูปที่ 3.24 แสดงการใส่พื้นผิว (Texture) ให้กับโมเดล

รูปที่ 3.25 ตัวอย่างโมเดลที่เสร็จสมบูรณ์

รูปที่ 3.26 กระบวนการสร้างแบบจำลองสามมิติโดยใช้แกนสองมิติ (แกน U และ V)



รูปที่ 3.27 ภาพบิตแมพแบบสองมิติ (2D Bitmap Images)

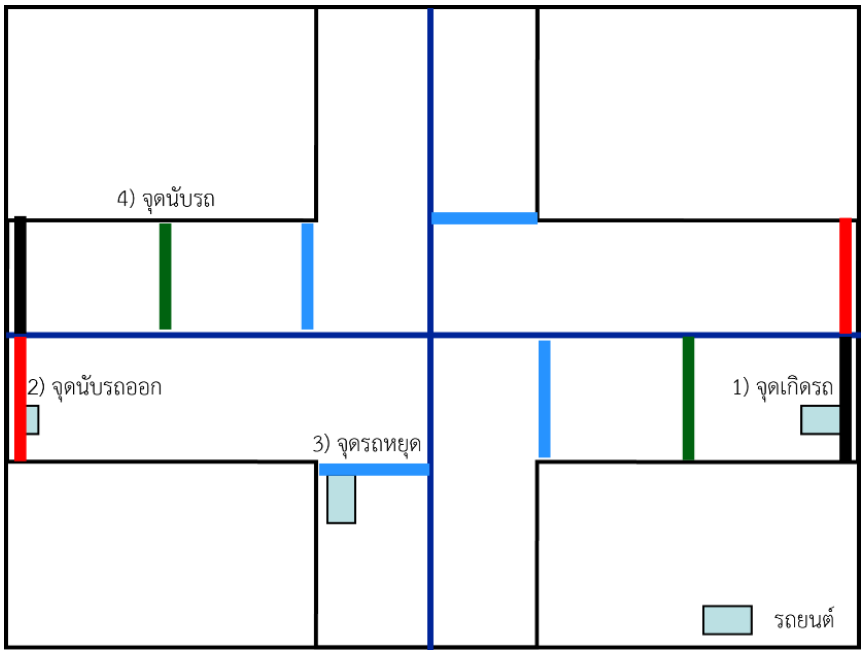
ผู้วิจัยใช้โปรแกรม Unity3D Engine ในการพัฒนาระบบ iTraffic ซึ่งประกอบด้วย 6 ส่วน ได้แก่ ยานพาหนะ ความสามารถของยานพาหนะ สัญญาณไฟจราจร คะแนน แถบแสดงปริมาณยานพาหนะทั้งหมดในระบบ ปุ่มเพิ่มความเร็วเพิ่มความเร็ว

3.2.3.1 ยานพาหนะ

เมื่อเริ่มต้นระบบ iTraffic ผู้วิจัยกำหนดให้ระบบสุ่มยานพาหนะออกมาครั้งละ 3 คัน ทั้ง 4 ด้าน ให้เคลื่อนที่เข้าสู่บริเวณสี่แยกที่กำหนดไว้จนครบกำหนด 1 ชุด ชุดละ 20 คัน และเมื่อยานพาหนะชุดที่ 1 เคลื่อนที่เข้าสู่สี่แยกจนครบ 20 คัน ระบบจะสั่งให้ยานพาหนะจะเกิดขึ้น 1 คัน พร้อมกันทุกด้านในทุก 3 วินาที ซึ่งถนนในแต่ละด้านจะมีปริมาณยานพาหนะที่สามารถเกิดขึ้นได้สูงสุดจำนวนด้านละ 20 - 21 คัน โดยผู้วิจัยได้กำหนดจุดเกิดยานพาหนะไว้ แสดงดังรูปที่ 3.28

3.2.3.2 ความสามารถของยานพาหนะ

ในการสร้างยานพาหนะในขั้นต้นผู้วิจัยได้สร้างกล่องสี่เหลี่ยมเพื่อแทนยานพาหนะ โดยยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ไปข้างหน้าในความเร็วที่คงที่ คือ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่เข้าสู่ไฟแดง ผู้วิจัยได้สร้างเงื่อนไขมาจากสัญญาณไฟจราจรที่จะทำให้ยานพาหนะชะลอและหยุดลงในตำแหน่งที่กำหนดไว้ แสดงดังรูปที่ 3.28 และในกรณีเกิดการปะทะกันของยานพาหนะทั้งสองคัน ผู้วิจัยกำหนดให้ยานพาหนะทั้งสองคันหยุด 5 วินาที และกำหนดให้ยานพาหนะคันที่มาถึงก่อนจะได้เคลื่อนที่ไปก่อน



รูปที่ 3.28 ตัวอย่างการปิดทางผ่านของยานพาหนะ

3.2.3.3 สัญญาณไฟจราจร

ผู้วิจัยได้สร้างกล่องเพื่อปิดทางผ่านของยานพาหนะเมื่อผู้ใช้กดเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรด้านใดด้านหนึ่งให้เป็นสีเขียว ยกตัวอย่างเช่น เมื่อผู้ใช้กดสัญญาณไฟจราจรด้านที่หนึ่ง ส่งผลให้ด้านที่สอง สาม และสี่ จะเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟจราจรสีแดง กล่องที่สร้างไว้จะลงมาปิดทางผ่านของยานพาหนะทั้งสามด้านเพื่อให้ยานพาหนะหยุดเคลื่อนที่ แสดงดังรูปที่ 3.29 และหลังจากยานพาหนะหยุดคอยสัญญาณไฟจราจร ผู้วิจัยได้กำหนดให้เป็นไปตามทฤษฎีระดับการให้บริการในทางวิศวกรรมการจราจร เพื่อบอกอัตราความหนาแน่นของยานพหานะซึ่งจะแสดงใน Mini map ทั้งหมด 6 ระดับ

รูปที่ 3.29 ตัวอย่างการปิดทางผ่านของยานพาหนะ

3.2.3.4 คะแนน

ในการคำนวณคะแนนจะคำนวณจากยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านจุดนับรถออก แสดงดังรูปที่ 3.28 ที่ผู้วิจัยกำหนดให้ยานพาหนะ 1 คัน เท่ากับ 1 คะแนน

3.2.3.5 แถบแสดงปริมาณยานพาหนะทั้งหมดในระบบ

ผู้วิจัยได้สร้างจุดนับยานพาหนะ ดังแสดงในรูปที่ 3.28 เพื่อคำนวณปริมาณการจราจร ณ ขณะนั้น และนำไปแสดงยังแถบแสดงปริมาณยานพาหนะทั้งหมดในระบบ โดยปริมาณยานพาหนะที่มากที่สุดที่สามารถเกิดขึ้นได้ในระบบ คือ 84 คัน เนื่องจากในแต่ละด้านของถนนสามารถรองรับยานพาหนะได้สูงสุด 20 ถึง 21 คัน

3.2.3.6 ปุ่มเพิ่มความเร็วเพิ่มความเร็ว

ผู้วิจัยใช้วิธีการคำนวณจากเวลาปกติ 5 นาที นำมาคำนวณเป็นวินาทีได้เท่ากับ 300 วินาที ผู้วิจัยจึงกำหนดให้เมื่อเพิ่มความเร็วครั้งที่หนึ่งจะเหลือเวลาเพียง 150 วินาที และเมื่อเพิ่มความเร็วครั้งที่สองจะคงเหลือเวลา 100 วินาที ตามลำดับ

3.2.4 แผนผังการทำงานของระบบ iTraffic

จากรูปที่ 3.30 แสดงแผนผัง (Flowchart) การทำงานของระบบ iTraffic เมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองเข้าสู่ระบบ iTraffic ระบบจะแสดงสถานการณ์จำลองและเริ่มต้นจับเวลาถอยหลัง 5 นาที และแสดงองค์ประกอบทั้งหมด 4 ส่วน ดังนี้

3.2.4.1 ส่วนที่ 1 ปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจร

หลังจากผู้เข้าร่วมการทดลองเข้าสู่ระบบภายในหน้าจอแสดงผลของระบบ iTraffic ประกอบด้วยปุ่มที่ 1 2 3 และ 4 ระบบจะแสดงสถานการณ์จำลองการจราจรที่มีสัญญาณไฟจราจรเป็นสีเขียวหนึ่งด้าน ผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถกดเลือกปุ่มควบคุมได้ทุกปุ่มตามความเหมาะสมในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร ในขณะเดียวกันระบบจะนับเวลาถอยหลังจนครบกำหนดเวลา

3.2.4.2 ส่วนที่ 2 ปุ่มเพิ่มความเร็ว

เป็นการเพิ่มระดับความเร็วของยานพาหนะและเวลา ซึ่งมีทั้งหมด 3 ระดับ คือ คูณหนึ่ง คูณสอง และคูณสาม โดยความเร็วของเวลาที่ระดับคูณหนึ่ง คือ นับเวลาถอยหลัง 5 นาที หรือ 300 วินาที ความเร็วของเวลาที่ระดับคูณสอง และคูณสาม คือ 150 วินาที และ 100 วินาที หรือ 2 นาที 30 วินาที และ 1 นาที 40 วินาที ตามลำดับ ผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถปรับเร่งความเร็วได้จากปุ่มนี้ โดยสถานะเริ่มต้นของปุ่มเพิ่มความเร็ว คือ คูณหนึ่ง หากกดที่ปุ่มดังกล่าวซ้ำหนึ่งครั้ง สถานะของปุ่มจะแสดงเป็น คูณสอง เวลาและความความเร็วของยานพาหนะจะเร็วขึ้น และเมื่อกดซ้ำเป็นครั้งที่สองจะแสดงสถานะที่ปุ่มดังกล่าวเป็น คูณสาม และเมื่อกดปุ่มซ้ำสถานะของปุ่มจะกลับเป็นคูณหนึ่งดังเดิม

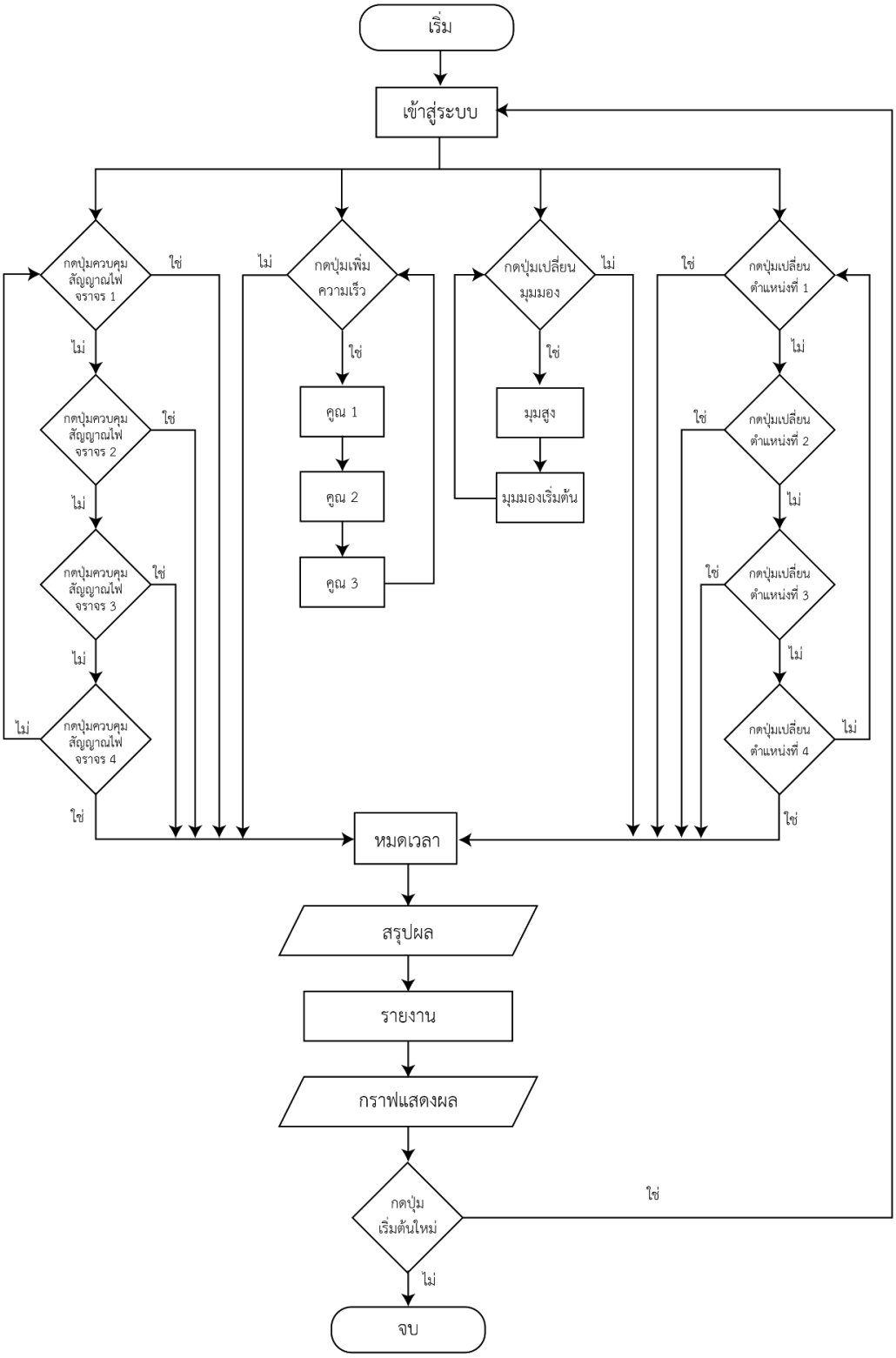
3.2.4.3 ส่วนที่ 3 ปุ่มเปลี่ยนมุมมอง

ปุ่มเปลี่ยนมุมมอง คำสั่ง คือ CHANGE CAMERA ปรากฏอยู่มุมขวาล่างของของหน้าจอ หากกดที่ปุ่มดังกล่าว ระบบจะเปลี่ยนมุมมองจากระดับสายตา (Perspective) เป็นมุมภาพที่มองมาจากมุมสูงกว่าระดับสายตา (Bird eye view) หรือภาพจากมุมสูง และเมื่อผู้เข้าร่วมการทดลองกดที่ปุ่มดังกล่าวซ้ำอีกหนึ่งครั้ง ระบบจะกลับไปแสดงมุมมองเริ่มต้นอีกครั้ง

3.2.4.4 ส่วนที่ 4 ปุ่มเปลี่ยนตำแหน่ง

เป็นฟังก์ชันที่สร้างขึ้นเพื่อสื่อถึงการเดินไปยังตำแหน่งต่าง ๆ บนถนน เพื่อสร้างความสมจริงในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรให้กับตำรวจจราจร โดยสามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้ทั้งหมด 5 ตำแหน่ง อาทิ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศตะวันออกเฉียงใต้ แสดงดังรูปที่ 3.10 แสดงมุมมองเมื่อเปลี่ยนตำแหน่ง แสดงอยู่ใน Mini map สามารถเลือกเปลี่ยนได้ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง เมื่อผู้ใช้เลือกตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งระบบจะทำการเปลี่ยนตำแหน่งการยืนของผู้เข้าร่วมการทดลองไปยังตำแหน่งที่เลือก

ผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถใช้งานระบบจนครบกำหนดเวลา ระบบจะแสดงฟังก์ชันรายงานสรุปผลการควบคุมสัญญาณไฟจราจรให้ผู้เข้าร่วมการทดลองทราบ โดยจะคำนวณจากยานพาหนะที่ผู้ใช้ปล่อยได้จากระบบ ซึ่งภายในระบบจะมีจุดนับยานพาหนะ แสดงดังรูปที่ 3.28 ของถนนและเมื่อผู้ใช้กดที่ปุ่มรายงาน ระบบจะแสดงกราฟสรุปผลทั้งแบบโดยรวม และกดเลือกเพื่อแสดงผลในแต่ละเส้นได้ หากผู้เข้าร่วมการทดลองประสงค์จะใช้งานอีกครั้งสามารถกดที่ปุ่มเริ่มต้นใหม่ระบบจะเริ่มต้นเข้าสู่สถานการณ์จำลองอีกครั้ง หรือถ้าหากไม่ประสงค์จะใช้งานต่อผู้เข้าร่วมการทดลองสามารถกดกากบาทเพื่อออกจากระบบ



รูปที่ 3.30 แผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของระบบ iTraffic

3.3 ข้อจำกัดของระบบ

ระบบ iTraffic เป็นระบบที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อทดสอบจินตทัศน์ศึกษา ยังไม่สามารถนำเอาไปให้ตำรวจจราจรใช้งานได้ เนื่องจากมีข้อจำกัด ดังนี้

3.4.1 ระบบไม่แสดงสภาพแวดล้อมโดยรอบทั้งหมด อาทิ ปั๊มน้ำมันคาลเท็กซ์ (Caltex) โรงเรียนสตรีภูเก็ต และร้าน จ.เจริญยานยนต์ เนื่องจากเป็นสถานการณ์จำลองบริเวณหนึ่งที่ผู้วิจัยเลือกใช้เป็นพื้นที่กรณีศึกษา ผู้วิจัยจึงเลือกแสดงผลส่วนติดต่อผู้ใช้ (User interface) เฉพาะบริเวณที่เป็นจุดสำคัญที่จะสื่อว่าเป็นพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งการควบคุมสัญญาณไฟจราจรในปัจจุบันตำรวจจราจรอาศัยประสบการณ์ในการควบคุม ข้อจำกัดนี้อาจมีผลทำให้การคาดการณ์ระยะแถวคอยของยานพาหนะคลาดเคลื่อน

3.4.2 มุมมองที่ผู้ใช้ยืนไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าหากผู้ใช้ยืนอยู่ที่ป้อมตำรวจจราจร ผู้ใช้ไม่สามารถเคลื่อนตำแหน่งไปด้านข้างของป้อมตำรวจจราจร แต่สิ่งที่ทำได้ คือ สามารถหันไปด้านซ้ายหรือด้านขวาของป้อมเพื่อมองระยะความยาวของยานพาหนะ เนื่องจากในระบบผู้ใช้สามารถดู Mini map เพื่อประกอบการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

3.4.3 ผู้ที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรอาจเกิดการสับสนในการปล่อยยานพาหนะแต่ละด้าน เนื่องจากในแต่ละสี่แยกมีการเลือกปล่อยสัญญาณไฟจราจรในแต่ละด้านไม่เหมือนกัน

บทที่ 4

ระเบียบวิธีการวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงระเบียบวิธีการวิจัยที่ใช้ในการประเมินผลระบบ iTraffic โดยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนการประเมินผลออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การประเมินผลการออกแบบระบบ iTraffic โดยใช้การประเมินแบบฮิวริสติก (Heuristic evaluation) มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการนำเสนอจินตทัศน์สำหรับระบุปริมาณยานพาหนะที่เหมาะสมบนหน้าจออุปกรณ์ภายในระบบ โดยนำผลการศึกษาที่ได้ไปใช้ในการพัฒนาระบบ iTraffic ดังที่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 โดยในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงระเบียบวิธีการวิจัยของส่วนที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบและประเมินผลการออกแบบจินตทัศน์ (Visualization) ของระบบ และเพื่อประเมินผลความพึงพอใจที่มีต่อระบบ iTraffic ผู้วิจัยได้จำแนกการดำเนินการวิจัยดังนี้ ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือในการวิจัย ขั้นตอนการประเมินผลระบบ และการประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถาม

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ ตำรวจจราจร สภ.อ. เมืองภูเก็ต ที่ปฏิบัติหน้าที่บริเวณสี่แยกถนนเทพกระษัตรีตัดกับถนนทุ่งคา - ดำรง (สี่แยกโรงเรียนสตรีภูเก็ต) จำนวน 37 คน แบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญสำหรับการประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถาม จำนวน 5 คน และแบ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา จำนวน 30 คน ซึ่งขนาดของกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการคำนวณโดยใช้สูตรของทาโร ยามาเน (Taro Yamane, 1973) ดังนี้

สูตรคำนวณกลุ่มตัวอย่าง $n = \frac{N}{1+Ne^2}$

เมื่อ n แทน ขนาดกลุ่มตัวอย่าง
N แทน ขนาดของประชากร
e แทน ค่าความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่าง
เมื่อ N แทน 32
e แทน 0.05

แทนค่า $n = \frac{32}{1+32(0.05)^2}$

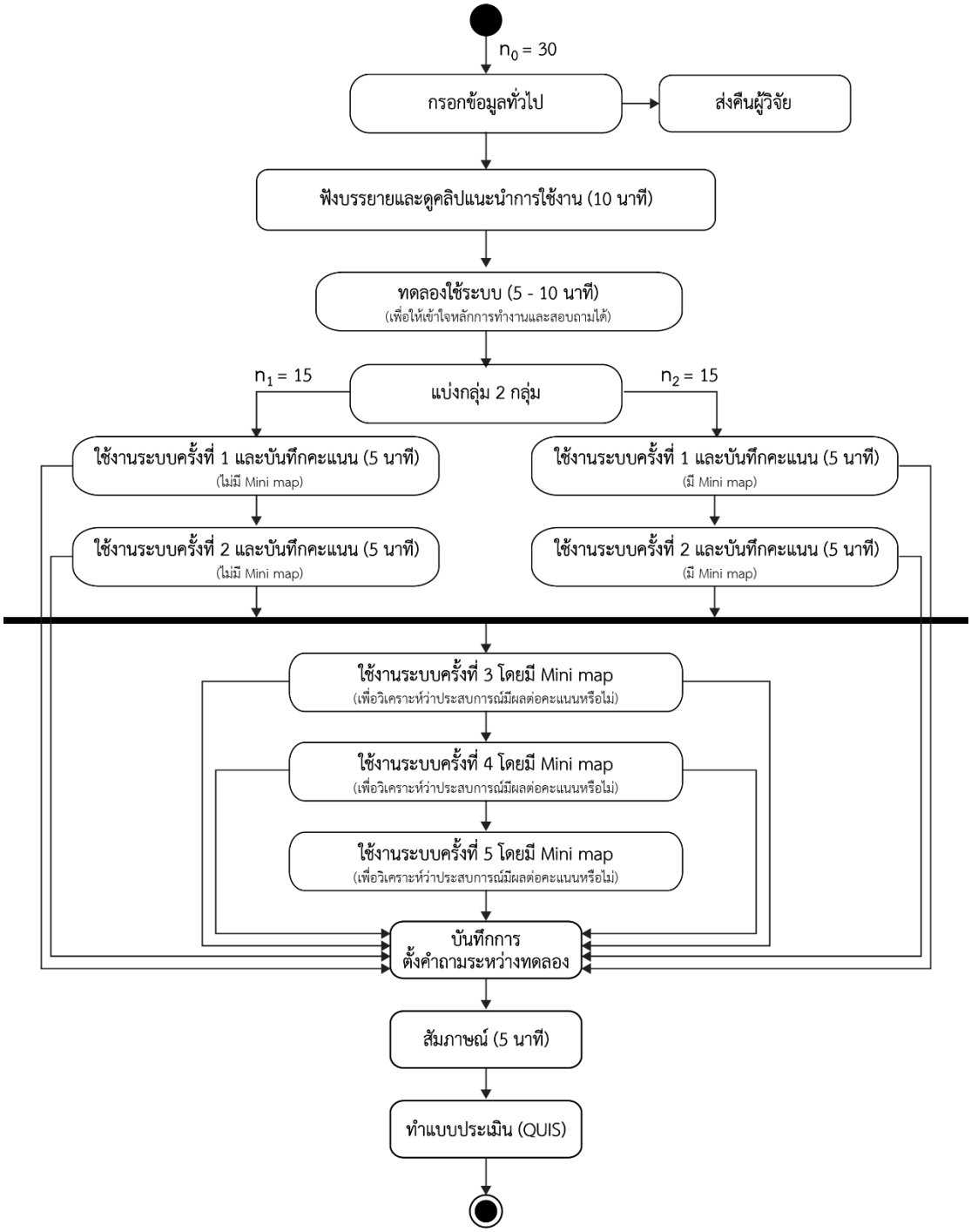
= 29.629

ดังนั้น ขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ 30 คน

4.2 เครื่องมือในการวิจัย

ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล 3 ประเภท ประกอบด้วย แบบสังเกต (Observation) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล โดยการสังเกตพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมการประเมินแล้วจึงบันทึกลงในแบบสังเกต ดังภาคผนวก ข แบบสัมภาษณ์ (Interview) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลโดยการสนทนา สอบถามปากเปล่า โดยบันทึกข้อมูลในแบบสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดประเด็นการสัมภาษณ์ไว้ล่วงหน้า และแบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพด้านความต้องการของผู้ใช้ รวมไปถึงข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อนำผลที่ได้มาใช้ในการปรับปรุงพัฒนาและแก้ไขระบบให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นคำถามแบบปลายปิด (Close-ended questionnaire) เน้นไปที่ความความพึงใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ iTraffic ดังภาคผนวก ข

4.3 ขั้นตอนการประเมินระบบ



รูปที่ 4.1 แผนภาพ (Activity diagram) แสดงขั้นตอนการประเมินระบบ iTraffic

จากภาพที่ 4.1 ผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนในการประเมินระบบ iTraffic ออกเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่หนึ่ง การเก็บข้อมูลทั่วไป ขั้นตอนที่สอง การทดลองใช้งานระบบ และขั้นตอนที่สาม การประเมินผลหลังการใช้งานระบบ โดยใช้เวลา 30 นาทีต่อผู้ประเมิน 1 คน ซึ่งมีรายละเอียดได้ดังนี้

4.3.1 ขั้นตอนที่หนึ่ง การเก็บข้อมูลทั่วไป

ผู้วิจัยอธิบายขอบเขตและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยพอสังเขปให้แก่ผู้ประเมินได้รับทราบ แล้วจึงให้ผู้ประเมินกรอกข้อมูลทั่วไปลงในแบบประเมิน ดังภาคผนวก ข

4.3.2 ขั้นตอนที่สอง การทดลองใช้งานระบบ

ก่อนเริ่มต้นการทดลองใช้งานระบบ iTraffic ผู้วิจัยได้บรรยายและอธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบของส่วนติดต่อผู้ใช้พร้อมทั้งสาธิตขั้นตอนการใช้งานระบบให้แก่ผู้ประเมิน จากนั้นผู้วิจัยจึงให้ผู้ประเมินใช้งานระบบคนละหนึ่งครั้ง เพื่อทำความเข้าใจหลักการทำงานของระบบก่อนเริ่มต้นการทดลอง พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้ประเมินสอบถามหากมีข้อสงสัย โดยใช้เวลา 5 ถึง 10 นาที แล้วจึงเริ่มต้นการทดลองใช้งานระบบดังที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้ มีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มที่ 1 : ในครั้งที่หนึ่งและครั้งที่สองใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map โดยใช้งานระบบเป็นเวลา 5 ถึง 10 นาที

กลุ่มที่ 2 : ในครั้งที่หนึ่งและครั้งที่สองใช้งานระบบแบบมี Mini map โดยใช้งานระบบเป็นเวลา 5 ถึง 10 นาที

ครั้งที่ 3 ครั้งที่ 4 และครั้งที่ 5 : ผู้ประเมินทั้งกลุ่มที่หนึ่งและกลุ่มที่สองใช้งานระบบที่มี Mini map เป็นองค์ประกอบในการตัดสินใจ เพื่อทดสอบว่าถ้าหากมีประสบการณ์ในการใช้งานระบบจะทำให้การควบคุมสัญญาณไฟจราจรดีขึ้น โดยวัดผลจากคะแนนที่ได้ และในระหว่างที่ผู้ประเมินใช้งานระบบผู้วิจัยจะทำการสังเกต (Observation) พฤติกรรมของผู้ประเมินพร้อมทั้งจดบันทึกลงในแบบสังเกตการณ์ ดังภาคผนวก ข

4.3.3 ขั้นตอนที่สาม การประเมินผลหลังการใช้งานระบบ

ในการประเมินผลหลังการใช้งานระบบ ผู้วิจัยใช้วิธีการสัมภาษณ์ผู้ประเมินโดยถามคำถามจำนวน 10 ข้อ เกี่ยวเนื่องกับความคิดเห็นและความรู้สึกของผู้ประเมินหลังการใช้งานระบบ iTraffic พร้อมทั้งบันทึกเสียงระหว่างการสัมภาษณ์ จากนั้นจึงให้ผู้ประเมินทำแบบสอบถามเกี่ยวกับความพึงพอใจของส่วนติดต่อผู้ใช้ โดยใช้แบบสอบถาม (QUIS) จำนวน 10 ข้อ และให้อิสระทางเวลาในการทำแบบสอบถาม เพื่อประเมินความพึงพอใจและข้อคิดเห็นของผู้ใช้ที่มีต่อหน้าจอแสดงผลส่วนติดต่อผู้ใช้

4.4 การประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถาม

แบบสอบถามความพึงพอใจของส่วนติดต่อผู้ใช้ (Questionnaire for User Interaction Satisfaction, QUIS) ได้รับการประเมินโดยตำรวจจราจรจำนวน 5 คน ซึ่งเท่ากับจำนวนของผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบในตอนต้น จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นรายข้อ (Item analysis) โดยใช้วิธีการหาความสอดคล้องภายในเนื้อหา และหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach alpha coefficient) โดยใช้โปรแกรม SPSS ช่วยในการวิเคราะห์ เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแบบสอบถามที่ออกแบบไว้ว่ามีข้อควรปรับปรุงอย่างไร โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นคำถามปลายปิด เกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อระบบ iTraffic ซึ่งประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ หน้าจอแสดงผล (Screen) คำศัพท์และระบบ (Terminology and system information) การเรียนรู้ (Learning) ความสามารถของระบบ (System capabilities) และความยากง่ายในการใช้งาน (Ease of use) ในการประเมินผลผู้วิจัยได้กำหนดมาตราวัดเป็น 10 ระดับ โดย 0 หมายถึง คะแนนที่น้อยที่สุด และ 9 หมายถึง คะแนนที่มากที่สุด ซึ่งรายการของแบบสอบถามมีจำนวน 10 ข้อ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบ iTraffic

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{x}$ (9.0)	SD	ระดับความพึงพอใจ	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
หน้าจอแสดงผล (Screen)					
1	ความเหมาะสมในการเลือกใช้รูปแบบตัวอักษรบนหน้าจอแสดงผล (Characters on the computer screen)	8.4	0.5	มากที่สุด	0.827
2	โครงสร้างของการนำเสนอบนหน้าจอแสดงผล (Organization of information on screen)	7.8	0.4	มากที่สุด	0.824
3	ลำดับในการแสดงผลบนหน้าจอ (Sequence of screens)	7.6	0.5	มากที่สุด	0.891

ตารางที่ 4.2 การประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบ iTraffic (ต่อ)

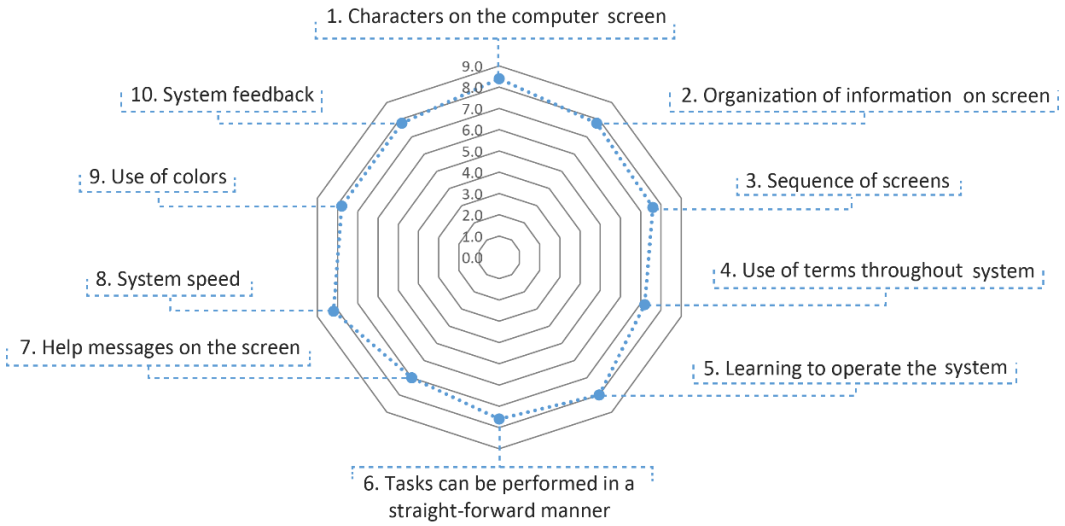
ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{x}$ (9.0)	SD	ระดับความพึงพอใจ	ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
คำศัพท์และระบบ (Terminology and system information)					
4	คำ คำสั่ง และประโยคที่ใช้ทั้งหมดในระบบเป็นรูปแบบเดียวกัน (Use of terms throughout system)	7.2	0.4	มาก	0.806
การเรียนรู้ (Learning)					
5	การเรียนรู้การใช้งานระบบ (Learning to operate the system)	8.0	0.0	มากที่สุด	0.772
6	มีระบบนำทางเพื่อให้สามารถใช้งานระบบได้อย่างถูกต้อง (Tasks can be performed in a straight-forward manner)	7.6	0.5	มากที่สุด	0.839
7	ข้อความช่วยเหลือบนหน้าจอแสดงผล (Help messages on the screen)	7.0	0.7	มาก	0.782
8	ความเร็วในการใช้งาน (System speed)	8.2	0.8	มากที่สุด	0.753
หน้าจอแสดงผล (Screen)					
9	การใช้สีของหน้าจอแสดงผล (Use of colors)	7.8	0.8	มากที่สุด	0.787
ความพึงพอใจส่วนตัว (Satisfaction)					
10	ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบ (System feedback)	7.8	0.8	มากที่สุด	0.779
เฉลี่ย		**7.7**	**0.3**	**มากที่สุด**	**0.806**

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลแจกแจงความถี่ของแบบสอบถาม เพื่อหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของผู้ประเมิน ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งเกณฑ์ที่ใช้ในการแปลผลข้อมูลออกเป็น 5 ระดับ โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่แบ่งมาตราส่วนการประมาณค่าระดับออกเป็น 5 ช่วง เท่าๆ กัน โดยใช้หลักในการพิจารณา ดังนี้

$$\frac{\text{คะแนนมากสุด} - \text{คะแนนน้อยสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} = \frac{9-0}{5} = 1.8$$

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	7.21 - 9.00	หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	5.41 - 7.20	หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	3.61 - 5.40	หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	1.81 - 3.60	หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	0.00 - 1.80	หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลเฉลี่ยการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบ iTraffic อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 7.7 จากคะแนนเต็ม 9 คะแนน ซึ่งหัวข้อที่มีคะแนนเฉลี่ยมากที่สุด คือ ข้อที่ 1 : ความเหมาะสมในการเลือกใช้รูปแบบตัวอักษรบนหน้าจอแสดงผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.4 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ข้อที่ 7 : ข้อความช่วยเหลือบนหน้าจอแสดงผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.0 อยู่ในระดับความพึงพอใจมาก แสดงดังรูปที่ 4.2 กราฟผลเฉลี่ยการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบ iTraffic ทั้ง 10 ข้อ จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการทดสอบความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายใน (Internal consistency reliability) ของชุดคำถาม และวิเคราะห์สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach alpha coefficient) ซึ่งเป็นค่าสถิติหนึ่งที่ใช้ในการวัดความสอดคล้องกันภายในของคำถามทั้งหมดว่าสามารถมุ่งวัดสิ่งเดียวกันได้จริงหรือไม่ ผลจากการคำนวณพบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของชุดคำถามในแต่ละข้อมีค่ามากกว่า 0.7 ซึ่งอยู่เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในงานวิจัยได้ แสดงดังตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.2 ผลเฉลี่ยการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบ iTraffic จากตำรวจจราจร

ตารางที่ 4.3 รายการประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถาม

ข้อ	ชื่อรายการประเมิน	ระดับความรุนแรง					ข้อเสนอแนะ	หมายเหตุ
		0	1	2	3	4		
1	**ข้อที่ 4** คำ คำสั่ง และประโยคที่ใช้ทั้งหมดในระบบเป็นรูปแบบเดียวกัน (Use of terms throughout system)		✓				ควรระบุว่าเป็นคำสั่ง เป็นคำสั่งอะไร	1 คน
2	**ข้อที่ 7** ข้อความช่วยเหลือบนหน้าจอแสดงผล (Help messages on the screen)		✓				ควรระบุว่าส่วนไหน คือ ข้อความช่วยเหลือ	1 คน

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถาม โดยผู้วิจัยได้กำหนดระดับความรุนแรงของข้อผิดพลาดที่พบเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับ 0 หมายถึง ไม่ถือว่าเป็นปัญหาด้านการใช้งาน ระดับ 1 หมายถึง เป็นปัญหาเล็กน้อย ระดับ 2 หมายถึง เป็นปัญหาที่ปานกลาง ระดับ 3 หมายถึง เป็นปัญหามาก และระดับ 4 หมายถึง เป็นปัญหามากที่สุด

จากการตรวจสอบผลการประเมินดังกล่าว ผู้วิจัยพบรายการปัญหาจำนวน 2 รายการ คือ ข้อที่ 4 : คำสั่ง และประโยคที่ใช้ทั้งหมดในระบบเป็นรูปแบบเดียวกัน (Use of terms throughout system) และข้อที่ 7 : ข้อความช่วยเหลือบนหน้าจอแสดงผล (Help messages on the screen) ผู้ประเมินมีข้อเสนอแนะว่า ควรระบุว่าเป็นคำสั่ง เป็นคำสั่งอะไร และควรระบุว่าส่วนไหน คือ ข้อความช่วยเหลือ จากผลการตรวจสอบพบว่า ระดับความรุนแรงของข้อผิดพลาดที่พบระบุอยู่ในระดับ 1 หมายถึง เป็นปัญหาเล็กน้อย ผนวกกับเมื่อวิเคราะห์สัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบัค (Cronbach alpha coefficient) ซึ่งเป็นค่าสถิติหนึ่งที่ใช้ในการวัดความสอดคล้องกันภายในข้อคำถามทั้งหมด มีค่ามากกว่า 0.7 ผู้วิจัยจึงไม่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงทั้งสองรายการที่พบปัญหาและผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อระบบ iTraffic อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด ผู้วิจัยจึงนำแบบสอบถามที่ผ่านการประเมินปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติ แล้วจึงจัดพิมพ์เป็นเครื่องมือฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

บทที่ 5

ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลตัวอย่างที่เก็บรวบรวมได้จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน มาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS/PC+ (Statistical Package for the Social Sciences/Personal Computer Plus) โดยแบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์ผลข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง การวิเคราะห์ผลคะแนนจากการทดสอบใช้งานระบบ และการวิเคราะห์ผลความพึงพอใจที่มีต่อระบบ ซึ่งจะอธิบายรายละเอียดเป็นลำดับถัดไป และเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการสื่อสารความหมายที่ตรงกัน ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังตารางที่ 5.1 โดยในงานวิจัยนี้กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 5.1 สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์และอักษรย่อ	ความหมาย
$\overline{x}$	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตข้อมูลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่าง
N	จำนวนของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์
F	ค่าเฉลี่ยความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม
Sig.	ค่าความน่าจะเป็นที่คำนวณได้จากค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน
t และ df	ค่าสถิติสำหรับทดสอบที่คำนวณได้จากข้อมูลตัวอย่างโดยจะใช้เทียบกับค่าตารางมาตรฐาน t และตารางมาตรฐาน df
Sig.(2-tiled)	ค่าความน่าจะเป็นที่ในการยอมรับสมมติฐาน H_0
Mean square	ค่ากำลังสองเฉลี่ย
Std. deviation	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงการกระจายของแต่ละกลุ่ม
Std. error mean	ค่าความคลาดเคลื่อนของคะแนนแต่ละกลุ่ม
Sum of squares	ผลบวกของคะแนนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานของกลุ่มตัวอย่าง (ตำรวจจราจร สภ.อ. เมืองภูเก็ต ที่ปฏิบัติหน้าที่บริเวณสี่แยกโรงเรียนสตรีภูเก็ต) ด้วยการแจกแจงจำนวนและค่าร้อยละ จำนวน 30 คน โดยสามารถอธิบายรายละเอียด ได้ดังนี้

5.1.1 เพศ กลุ่มตัวอย่างเป็นเพศชายจำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 100.00

5.1.2 อายุ กลุ่มตัวอย่างมีอายุ 20 - 27 ปี มากที่สุด จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30 รองลงมามีอายุ 28 - 34 ปี จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 26.67 อายุ 35 - 42 ปี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 อายุ 43 - 50 ปี จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10 มีอายุน้อยกว่า 20 และมีอายุมากกว่า 50 ปี ช่วงอายุละ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67

5.1.3 การศึกษา กลุ่มตัวอย่างมีการศึกษาอยู่ในระดับมัธยมปลายหรือเทียบเท่าและปริญญาตรี มีจำนวนมากที่สุดระดับละ 13 คน คิดเป็นร้อยละ 43.33 รองลงมา คือ มีการศึกษาสูงกว่าปริญญาตรีและต่ำกว่ามัธยมปลายระดับละ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 6.67

5.1.4 ประสบการณ์ กลุ่มตัวอย่างมีประสบการณ์ในการทำงาน 1 - 2 ปี มากที่สุด จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมา คือ มีประสบการณ์ในการทำงานมากกว่า 10 ปี จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 มีประสบการณ์ในการทำงาน 3 - 4 ปี จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.33 มีประสบการณ์ในการทำงาน 5 - 7 ปี และมีประสบการณ์ในการทำงาน 8 - 10 ปี ช่วงประสบการณ์ละ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.33

ตารางที่ 5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูลส่วนตัว	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
ชาย	30	100
หญิง	0	0.00
รวม	**30**	**100.00**
2. อายุ (ปี)		
น้อยกว่า 20	2	6.67
20 - 27	9	30.00
28 - 35	8	26.67
36 - 43	6	20.00
44 - 51	3	10.00
มากกว่า 51	2	6.67
รวม	**30**	**100.00**
3. การศึกษาสูงสุด		
ต่ำกว่ามัธยมปลาย	2	6.67
มัธยมปลาย/เทียบเท่า	13	43.33
ปริญญาตรี	13	43.33
สูงกว่าปริญญาตรี	2	6.67
รวม	**30**	**100.00**
4. ประสบการณ์ – ตำรวจจราจร (ปี)		
1 - 2 ปี	15	50.00
3 - 4 ปี	4	13.33
5 - 7 ปี	1	3.33
8 - 10 ปี	1	3.33
มากกว่า 10 ปี	9	30.00
รวม	**30**	**100.00**

5.2 การวิเคราะห์ผลคะแนนการทดสอบใช้งานระบบ iTraffic

การวิเคราะห์ผลคะแนนการทดสอบใช้งานระบบ iTraffic ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ผลออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของชุดข้อมูล 2 ชุด จากประชากร 1 กลุ่ม (Independent t-test) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้งานระบบแบบมี Mini map และแบบไม่มี Mini map 2) การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนในการทดสอบใช้งานระบบจำนวน 3 ครั้ง เพื่อดูพัฒนาการของผู้ใช้งาน และ 3) การเปรียบเทียบผลคะแนนและประสบการณ์ในการทำงานของผู้เข้าร่วมการทดลอง โดยผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 5.3 และสามารถอธิบายรายละเอียดของแต่ละส่วน ได้ดังนี้

ตารางที่ 5.3 สมมติฐานในการทดลอง

สมมติฐาน	วิธีการทดสอบสมมติฐาน
ผลคะแนนเฉลี่ยในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และการใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map มีค่าแตกต่างกัน	ใช้การวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ย โดยกลุ่มตัวอย่างทุกคนจะต้องทำการทดสอบใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และแบบไม่มี Mini map

5.2.1 การวิเคราะห์ผลคะแนนในการใช้งานระบบก่อนและหลังใช้ Mini map

ตารางที่ 5.4 แสดงผลคะแนนในการใช้งานระบบ แบบมี Mini mapและการใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map ของกลุ่มตัวอย่าง โดยสามารถตั้งสมมติฐานในการทดลองได้ดังนี้

<u>สมมติฐาน</u> ผลคะแนนเฉลี่ยในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini mapและการใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map มีค่าแตกต่างกัน

H_0 = ผลคะแนนเฉลี่ยในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และการใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map มีค่าไม่แตกต่างกัน

H_1 = ผลคะแนนเฉลี่ยในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และการใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map มีค่าแตกต่างกัน

ตารางที่ 5.4 แสดงผลคะแนนในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และไม่มี **Mini map**

คนที่	กลุ่มที่ 1 ไม่มี Mini map
1	163
2	247
3	188
4	259
5	259
6	198
7	250
8	170
9	292
10	262
11	246
12	232
13	176
14	234
15	263

คนที่	กลุ่มที่ 2 มี Mini map
1	218
2	255
3	172
4	248
5	281
6	259
7	240
8	193
9	296
10	274
11	266
12	268
13	261
14	273
15	276

ในการทดสอบสมติฐานของกลุ่มตัวอย่างสามารถลงรหัสข้อมูลได้ดังนี้

Non-Mini map แทนการใช้งานระบบ iTraffic แบบไม่มี Mini map

Mini map แทนการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map

ตารางที่ 5.5 แสดงข้อมูลสถิติพื้นฐานเบื้องต้น

		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Non-Mini map	229.13	36.141	6.598
	Mini map	246.07	31.555	5.761

จากตารางที่ 5.5 แสดงข้อมูลสถิติพื้นฐานเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std.deviation) และค่าความคลาดเคลื่อน (Std.error mean) ของการทดสอบจำนวน 2 ครั้ง โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

Non-Mini map หมายถึง การใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 229.13 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 36.141 และมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 6.598

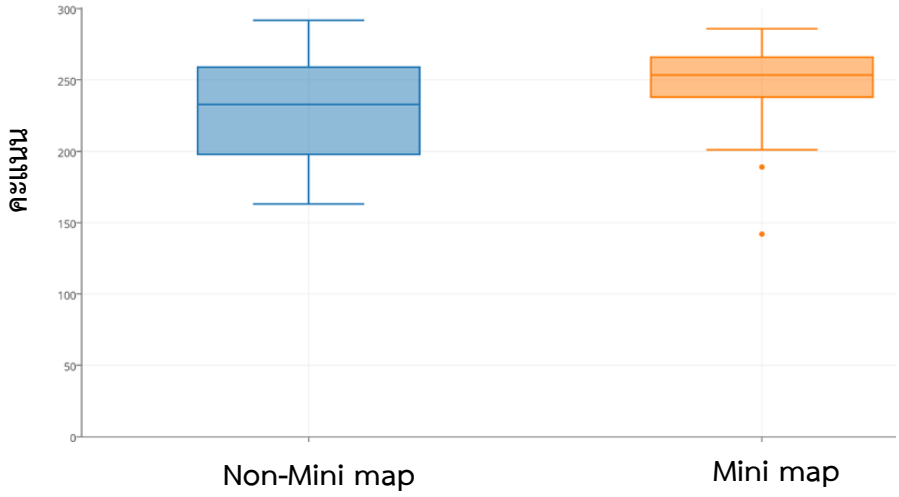
Mini map หมายถึง การใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 246.07 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 31.555 และมีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 5.761

ตารางที่ 5.6 ค่าสถิติสำหรับใช้ในการทดสอบค่าเฉลี่ย

		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Non-Mini map – Mini map	-16.933	29.346	5.358	-3.161	29	***0.004***

จากตารางที่ 5.6 แสดงค่าสถิติการทดสอบความแตกต่างของชุดข้อมูล 2 ชุด จากประชากร 1 กลุ่ม (Independent t-test) จะเห็นได้ว่ามีค่านัยสำคัญทางสถิติ (Sig. 2 - tailed) ที่โปรแกรมคำนวณมาให้ คือ 0.004 สามารถสรุปได้ว่าคะแนนเฉลี่ยในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map สูงกว่าการใช้งานระบบ iTraffic แบบไม่มี Mini map อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ดังนั้นจึงสามารถยอมรับ H_1 ผลคะแนนเฉลี่ยในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และการใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งสามารถแสดงกราฟเปรียบเทียบการใช้งานระบบ iTraffic ก่อนและหลังการใช้งานระบบแบบ Mini map ได้ดังรูปที่ 5.1

.



รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และแบบไม่มี Mini map

จากรูปที่ 5.1 แสดงกราฟ Boxplots เพื่อเปรียบเทียบการใช้งานระบบแบบมี Mini map และแบบไม่มี Mini map จะเห็นได้ว่าข้อมูลทั้งสองชุดมีค่ามัธยฐาน (Median) สูงขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 233 และ 254 ตามลำดับ และมีการกระจายข้อมูลที่แตกต่างกัน คะแนนของการใช้งานระบบ iTraffic แบบไม่มี Mini map มีการกระจายของข้อมูลมากกว่าแบบมี Mini map จะเห็นได้ว่า คะแนนก่อนการใช้ Mini map มีค่าอยู่ระหว่าง 163 - 292 แต่คะแนนหลังการใช้ Mini map มีค่าอยู่ระหว่าง 201 - 286 จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้งานแบบมี Mini map ส่งผลต่อการควบคุมสัญญาณไฟจราจร

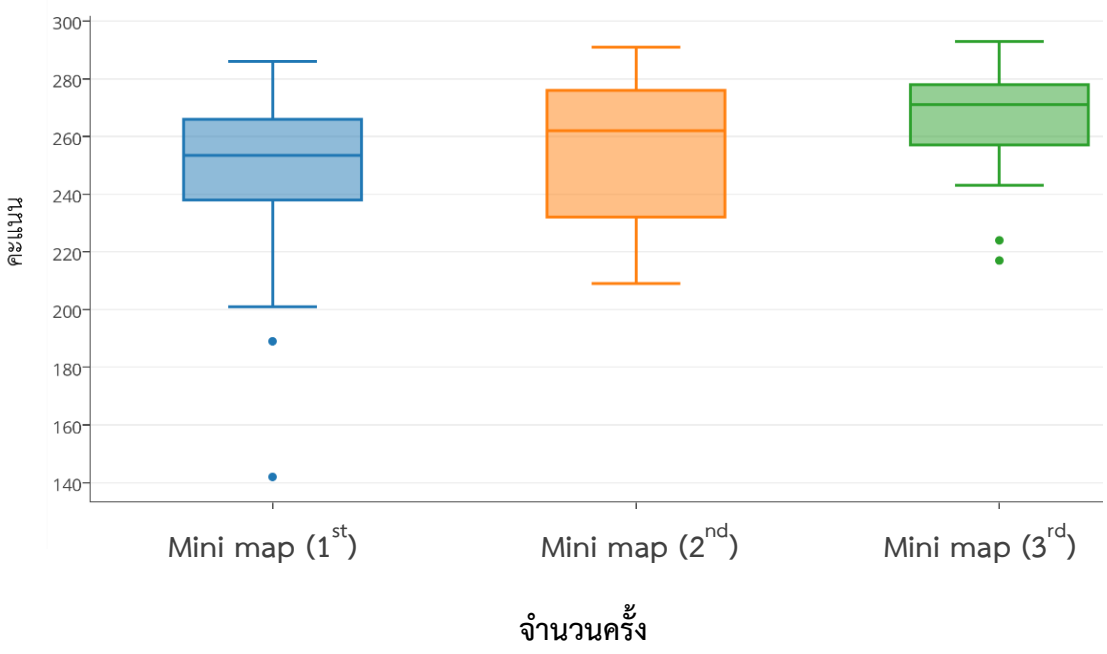
5.2.2 การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยของคะแนนในการทดสอบใช้งานระบบจำนวน 3 ครั้ง

ตารางที่ 5.7 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map ซึ่งกลุ่มตัวอย่างจะต้องทำการทดสอบใช้งานระบบเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลคะแนนในการใช้งานระบบ iTraffic ได้ดังนี้

ตารางที่ 5.7 ผลคะแนนในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map

คนที่	คะแนน		
	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
1	259	247	272
2	239	257	260
3	211	222	245
4	260	271	275
5	279	285	280
6	260	262	270
7	260	272	265
8	142	209	273
9	286	291	293
10	260	285	279
11	257	269	278
12	264	268	273
13	249	253	269
14	273	266	275
15	266	274	275

คนที่	คะแนน		
	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
16	201	222	257
17	223	232	217
18	189	278	256
19	279	278	291
20	247	211	262
21	280	278	292
22	211	230	224
23	250	262	275
24	238	230	243
25	238	260	264
26	278	279	286
27	224	230	250
28	245	253	249
29	271	276	269
30	243	259	279



รูปที่ 5.2 กราฟ Boxplots เปรียบเทียบการใช้งานระบบ iTraffic ที่มีการวัดซ้ำ

จากรูปที่ 5.2 แสดงกราฟ Boxplots เปรียบเทียบการใช้งานระบบ iTraffic ที่มีการวัดซ้ำ จะเห็นได้ว่าข้อมูลทั้งสามชุดมีค่ามัธยฐาน (Median) สูงขึ้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 254 262 และ 271 ตามลำดับ รวมถึงมีการกระจายข้อมูลที่แตกต่างกัน คะแนนของการใช้งานระบบ iTraffic ครั้งที่หนึ่งมีการกระจายของข้อมูลมากกว่าคะแนนในครั้งที่สอง และครั้งที่สาม ดังจะเห็นได้ว่า คะแนนของการใช้งานระบบ iTraffic ครั้งที่หนึ่ง มีค่าอยู่ระหว่าง 201 - 286 แต่คะแนนของการใช้งานระบบ iTraffic ครั้งที่สอง และครั้งสาม มีค่าอยู่ระหว่าง 209 - 291 และ 243 - 293 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อกลุ่มตัวอย่างมีประสบการณ์ในการใช้งานระบบจะทำให้ความสามารถในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรของกลุ่มตัวอย่างดีขึ้นสังเกตได้จากผลคะแนนที่สูงขึ้นอย่างเป็นลำดับ

5.2.3 การเปรียบเทียบผลคะแนนและประสบการณ์ในการทำงานของกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งช่วงประสบการณ์ในการทำงานของกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 5 ช่วง และนำผลคะแนนที่ได้จากการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map ของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงมาหาค่าเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 5.8 แสดงผลคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละช่วงประสบการณ์จำนวน 3 ครั้ง

ตารางที่ 5.8 ประสบการณ์ในการทำงานของกลุ่มตัวอย่างและผลคะแนนเฉลี่ย

ประสบการณ์ (ปี)	คะแนน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
1 - 2 ปี	234	258	266
3 - 4 ปี	237	263	266
5 - 7 ปี	225	189	278
8 - 10 ปี	237	279	278
มากกว่า 10 ปี	205	221	233

หมายเหตุ คะแนนเต็ม คือ 300 คะแนน

จากตารางที่ 5.8 แสดงประสบการณ์ในการทำงานของกลุ่มตัวอย่างและผลคะแนนเฉลี่ยในการใช้ระบบ iTraffic แบบมี Mini map โดยจะวิเคราะห์ผลคะแนนเฉลี่ยในการใช้ระบบ เพื่อทดสอบว่าจำนวนปีของประสบการณ์ในการทำงานไม่มีผลกระทบต่อการใช้งานระบบ iTraffic

ตารางที่ 5.9 ค่าสถิติพื้นฐานเบื้องต้น

ประสบการณ์ (ปี)	Mean	Std. Deviation	N
1 - 2 ปี	257.75	16.977	4
3 - 4 ปี	259.50	15.459	4
5 - 7 ปี	237.00	38.686	4
8 - 10 ปี	271.25	23.584	4
มากกว่า 10 ปี	227.75	19.822	4

จากตารางที่ 5.9 แสดงข้อมูลสถิติพื้นฐานเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วย ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std. deviation) โดยสามารถอธิบายได้ดังนี้

ประสบการณ์ในการทำงาน 1 - 2 ปี มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 257.75 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 16.977

ประสบการณ์ในการทำงาน 3 - 4 ปี มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 259.50 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 15.459

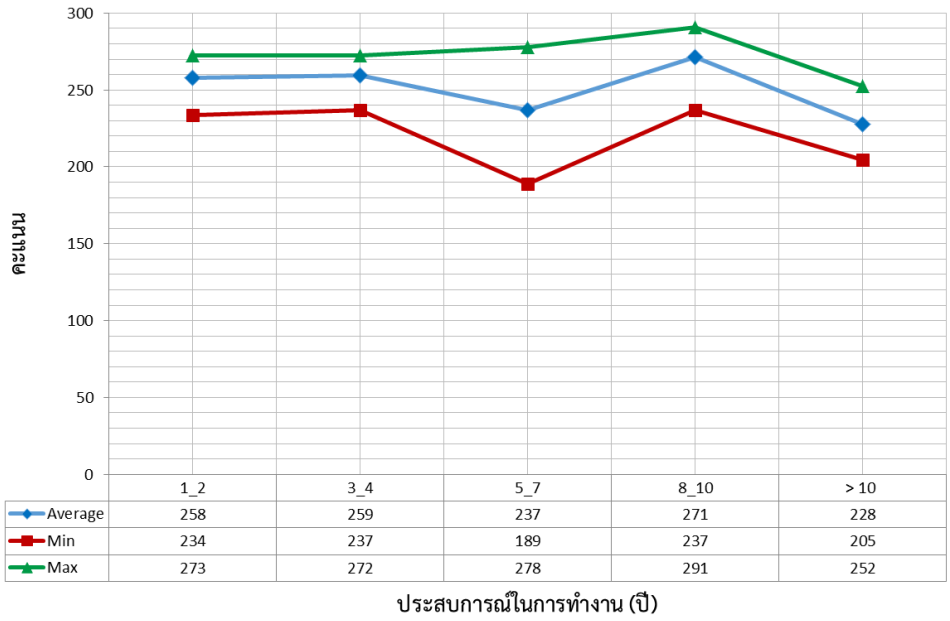
ประสบการณ์ในการทำงาน 5 - 7 ปี มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 237.00 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 38.686

ประสบการณ์ในการทำงาน 8 - 10 ปี มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 271.25 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 33.584

ประสบการณ์ในการทำงาน 10 ปีขึ้นไป มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 227.75 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 19.822

แสดงดังรูปที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบคะแนนและประสบการณ์ในการทำงาน จะเห็นได้ว่าจากกราฟในแกน x แทนประสบการณ์ในการทำงานของกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

1_2	หมายถึง	ผู้เริ่มต้นในการปฏิบัติงานมีประสบการณ์ 1 - 2 ปี
3_4	หมายถึง	ผู้เรียนรู้มีประสบการณ์ในการปฏิบัติงาน 3 - 4 ปี
5_7	หมายถึง	ผู้ปฏิบัติมีประสบการณ์ปฏิบัติงานในที่เดิมติดต่อกัน 5 - 7 ปี
8_10	หมายถึง	ผู้ชำนาญมีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานติดต่อกัน 8 - 10 ปี
>10	หมายถึง	ผู้เชี่ยวชาญมีประสบการณ์ในการปฏิบัติงานมากกว่า 10 ปีขึ้นไป



รูปที่ 5.3 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยและประสบการณ์ในการทำงานของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 5.10 สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

สมมติฐาน (H_1)	ผลการทดสอบสมมติฐาน
ผลคะแนนเฉลี่ยในการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และการใช้งานระบบ แบบไม่มี Mini map มีค่าแตกต่างกัน	ปฏิเสธ H_0

จากตารางที่ 5.10 แสดงตารางสรุปผลการทดสอบสมมติฐาน สามารถสรุปได้ว่า หลังจากกลุ่มตัวอย่างทดลองใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map ส่งผลให้กลุ่มตัวอย่างมีพัฒนาการในการใช้งานระบบที่ดีขึ้น สังเกตได้จากผลคะแนนที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลคะแนนการใช้งานระบบแบบมี Mini map และแบบไม่มี Mini map แสดงให้เห็นความแตกต่างของคะแนนการทดสอบใช้งานระบบ โดยคะแนนของใช้งานระบบเมื่อใช้งานระบบแบบมี Mini map มีค่าสูงกว่าการใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 สรุปได้ว่าการใช้งานระบบแบบมี Mini map ทำให้กลุ่มตัวอย่างใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map อีกทั้งผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าประสบการณ์ในการทำงาน รวมไปถึงอายุของกลุ่มตัวอย่างไม่มีผลต่อการใช้งานระบบ iTraffic

5.3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของระบบ iTraffic

ผู้วิจัยได้แบ่งการวิเคราะห์ผลความพึงพอใจออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การวิเคราะห์ความพึงพอใจของระบบ iTraffic ด้วยแบบสอบถามมีจุดประสงค์ เพื่อประเมินผลความพึงพอใจเกี่ยวกับส่วนติดต่อกับผู้ใช้ตามข้อที่ผู้วิจัยกำหนด และการวิเคราะห์ความพึงพอใจของระบบ iTraffic ด้วยแบบสัมภาษณ์มีจุดประสงค์ เพื่อสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและความรู้สึกหลังใช้งานระบบที่นอกเหนือจากแบบสอบถาม โดยสามารถอธิบายรายละเอียดในแต่ละส่วน ได้ดังนี้

5.3.1 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของระบบ iTraffic ด้วยแบบสอบถาม

การวิเคราะห์ความพึงพอใจของระบบ iTraffic โดยตำรวจจราจร ในการวิจัยครั้งนี้ใช้มาตรวัดแบบ 10 ระดับ โดยที่คะแนน 0 เท่ากับ คะแนนที่น้อยที่สุด และ 9 เท่ากับ คะแนนมากที่สุด ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 5 ด้าน ได้แก่ หน้าจอแสดงผล คำศัพท์และระบบ ความสามารถของระบบ การเรียนรู้ และความพึงพอใจส่วนตัว โดยรายการประเมินประกอบไปด้วย 10 ข้อ ดังนี้

1) ความเหมาะสมในการเลือกใช้รูปแบบตัวอักษรบนหน้าจอแสดงผล (Characters on the computer screen)
2) โครงสร้างของการนำเสนอบนหน้าจอแสดงผล (Organization of information on screen)
3) ลำดับในการแสดงผลบนหน้าจอ (Sequence of screens)
4) คำสั่ง และประโยคที่ใช้ทั้งหมดในระบบเป็นรูปแบบเดียวกัน (Use of terms throughout system)
5) การเรียนรู้การใช้งานระบบ (Learning to operate the system)
6) มีระบบนำทางเพื่อให้สามารถใช้งานระบบได้อย่างถูกต้อง (Tasks can be performed in a straight-forward manner)
7) ข้อความช่วยเหลือบนหน้าจอแสดงผล (Help messages on the screen)
8) ความเร็วในการใช้งาน (System speed)
9) การใช้สีของหน้าจอแสดงผล (Use of colors)
10) ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบ (System feedback)

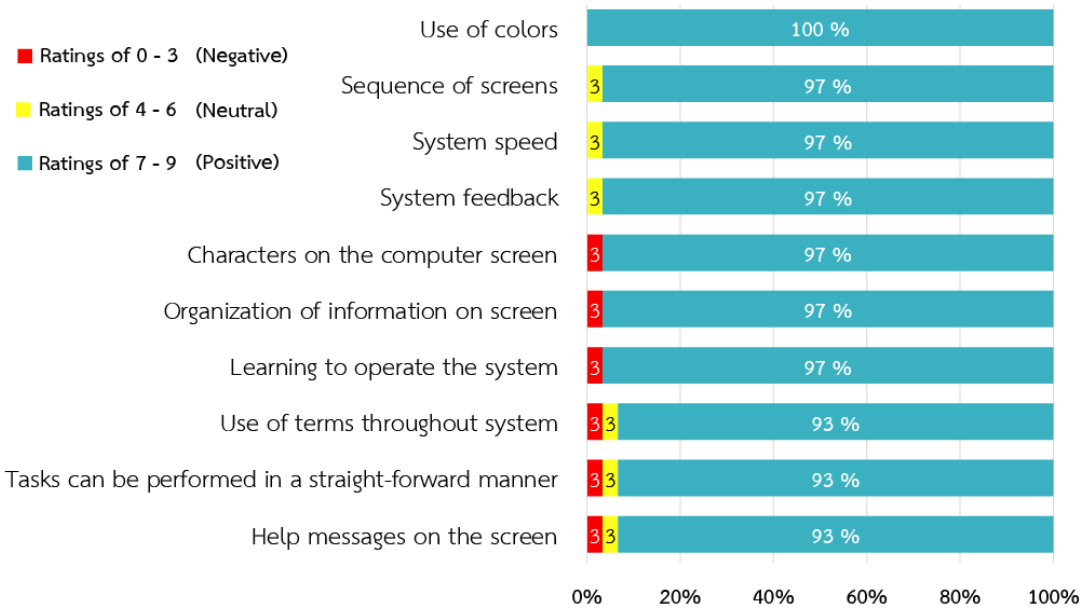
ตารางที่ 5.11 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อหน้าจอส่วนติดต่อผู้ใช้

ข้อ	รายการการประเมิน	$\bar{x}$	SD.	ระดับความพึงพอใจ
1	ความเหมาะสมในการเลือกใช้รูปแบบตัวอักษรบนหน้าจอแสดงผล (Characters on the computer screen)	8.3	0.7	มากที่สุด
2	โครงสร้างของการนำเสนอบนหน้าจอแสดงผล (Organization of information on screen)	8.4	0.6	มากที่สุด
3	ลำดับในการแสดงผลบนหน้าจอ (Sequence of screens)	8.3	0.8	มากที่สุด
4	คำสั่ง และประโยคที่ใช้ทั้งหมดในระบบเป็นรูปแบบเดียวกัน (Use of terms throughout system)	8.1	1.0	มากที่สุด
5	การเรียนรู้การใช้งานระบบ (Learning to operate the system)	8.5	0.8	มากที่สุด
6	มีระบบนำทางเพื่อให้สามารถใช้งานระบบได้อย่างถูกต้อง (Tasks can be performed in a straight forward manner)	8.2	1.0	มากที่สุด
7	ข้อความช่วยเหลือบนหน้าจอแสดงผล (Help messages on the screen)	8.2	1.1	มากที่สุด
8	ความเร็วในการใช้งาน (System speed)	8.2	0.7	มากที่สุด
9	การใช้สีของหน้าจอแสดงผล (Use of colors)	8.7	0.7	มากที่สุด
10	ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบ (System feedback)	8.7	0.5	มากที่สุด
รวม		**8.36**	**0.79**	**มากที่สุด**

โดยใช้เกณฑ์ในการวิเคราะห์และแปลข้อมูล ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	7.21 - 9.00	หมายถึง ระดับความพึงพอใจมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	5.41 - 7.20	หมายถึง ระดับความพึงพอใจมาก
ค่าเฉลี่ย	3.61 - 5.40	หมายถึง ระดับความพึงพอใจปานกลาง
ค่าเฉลี่ย	1.81 - 3.60	หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อย
ค่าเฉลี่ย	0.00 - 1.80	หมายถึง ระดับความพึงพอใจน้อยที่สุด

จากตารางที่ 5.11 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ iTraffic พบว่ากลุ่มตัวอย่างตอบแบบสอบถามความพึงพอใจในภาพรวมอยู่ระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.36 และเมื่อพิจารณารายข้อแล้ว พบว่าทุกข้ออยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของระบบ iTraffic

จากรูปที่ 5.4 แสดงกราฟสรุปผลการประเมินความพึงใจของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เมื่อนำไปเปรียบเทียบแบบร้อยละ จะเห็นได้ว่า ข้อที่ 9 การใช้สีของหน้าจอแสดงผล ได้รับความพึงพอใจมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 100 ซึ่งอยู่ในช่วงสีเขียวหมายถึง ระดับความพึงพอใจมีคะแนนระหว่าง 7 - 9 ข้อที่ 3 ลำดับในการแสดงผลบนหน้าจอ ข้อที่ 8 ความเร็วในการใช้งาน และข้อที่ 10 ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบ ได้รับความพึงพอใจรองลงมาจากข้อที่ 9 คิดเป็นร้อยละ 97 อยู่ในช่วงสีเขียว และสีเหลืองคิดเป็นร้อยละ 3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมีคะแนนระหว่าง 4 - 6 โดย

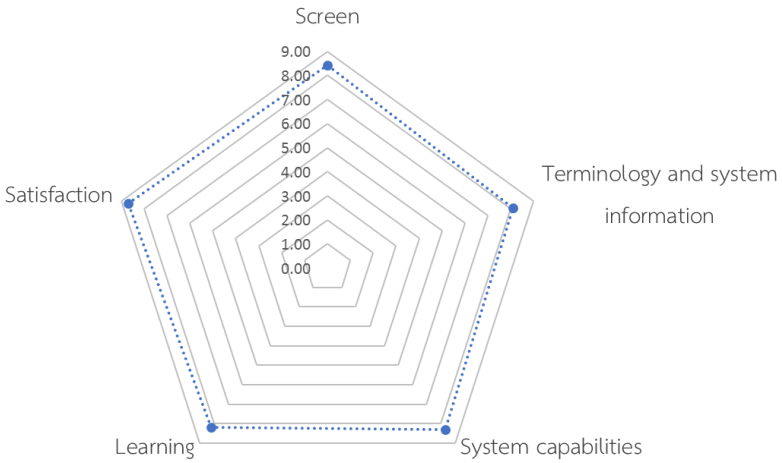
ลำดับถัดมาคือ ข้อที่ 1 ความเหมาะสมในการเลือกใช้รูปแบบตัวอักษรบนหน้าจอแสดงผล ข้อที่ 2 โครงสร้างของการนำเสนอบนหน้าจอแสดงผล และข้อที่ 3 การเรียนรู้การใช้งานระบบ ได้รับความพึงพอใจคิดเป็นร้อยละ 97 อยู่ในช่วงสีเขียว และสีแดงคิดเป็นร้อยละ 3 หมายถึง ระดับความพึงพอใจมีคะแนนระหว่าง 0 - 3 ข้อที่ 4 คำ คำสั่ง และประโยคที่ใช้ทั้งหมดในระบบเป็นรูปแบบเดียวกัน ข้อที่ 6 มีระบบนำทางเพื่อให้สามารถใช้งานระบบได้อย่างถูกต้อง และข้อที่ 7 ข้อความช่วยเหลือบนหน้าจอแสดงผล ได้รับความพึงพอใจคิดเป็นร้อยละ 93 อยู่ในช่วงสีเขียว สีเหลืองคิดเป็นร้อยละ 3 และสีแดงร้อยละ 3 และเมื่อพิจารณาทุกข้อแล้ว พบว่าทุกข้ออยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุดดังข้อมูลที่กล่าวไปข้างต้น โดยสามารถพิจารณาในแต่ละด้านได้ดังตารางที่ 5.12 ซึ่งประกอบด้วย 5 ด้าน ดังนี้

1) หน้าจอแสดงผล (Screen)
2) คำศัพท์และระบบ (Terminology and system information)
3) ความสามารถของระบบ (System capabilities)
4) การเรียนรู้ (Learning)
5) ความพึงพอใจส่วนตัว (Satisfaction)

ตารางที่ 5.12 การแจกแจงแต่ละด้านของการประเมินความพึงพอใจ

ข้อ	รายการการประเมิน	$\bar{x}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
1	หน้าจอแสดงผล (ข้อ 1, 2, 3, 9) (Screen)	8.42	0.7	มากที่สุด
2	คำศัพท์และระบบ (ข้อ 4) (Terminology and system information)	8.10	1.0	มากที่สุด
3	การเรียนรู้ (ข้อ 5, 6, 7) (Learning)	8.30	1.0	มากที่สุด
4	ความสามารถของระบบ (ข้อ 8) (System capabilities)	8.20	0.7	มากที่สุด
5	ความพึงพอใจส่วนตัว (ข้อ 10) (Satisfaction)	8.70	0.6	มากที่สุด

จากตารางที่ 5.13 แสดงการแจกแจงของการประเมินความพึงพอใจ สามารถสรุปได้ว่าด้านความพึงพอใจส่วนตัว (Satisfaction) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 8.70 ด้านหน้าจอแสดงผล (Screen) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.42 ด้านความสามารถของระบบ (System capabilities) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.30 ด้านการเรียนรู้ (Learning) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.20 และด้านคำศัพท์และระบบ (Terminology and system information) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.10 ตามลำดับ โดยสามารถแสดงกราฟ ได้ดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 กราฟสรุปผลการประเมินความพึงใจ

5.3.2 การวิเคราะห์ความพึงพอใจของระบบ iTraffic ด้วยแบบสัมภาษณ์

ขั้นตอนสุดท้ายในการประเมิน คือ การสัมภาษณ์ (Interview) เป็นหนึ่งในเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ซึ่งจะทำการรวบรวมข้อมูลโดยการสนทนา โดยจัดอยู่ในการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง (Semi-structured interview) โดยในการรวบรวมข้อมูลโดยการสนทนา สอบถามปากเปล่า โดยบันทึกข้อมูลในแบบสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดประเด็นการสัมภาษณ์ไว้ล่วงหน้า ในส่วนนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลสัมภาษณ์เกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้งานระบบ iTraffic จะประกอบไปด้วย 10 ข้อ ดังตารางที่ 5.13

ตารางที่ 5.13 สรุปผลการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง

ข้อ	รายการการประเมิน
ด้านความเข้าใจ	
1	ในครั้งแรกที่เห็นระบบ iTraffic คิดว่าเป็นระบบอะไร
2	คิดว่า iTraffic เป็นระบบที่เข้าใจยากหรือไม่ เพราะเหตุผลใด
3	คิดว่าการนำเสนอข้อมูล GPS ผ่านรูปแบบ Mini map เข้าใจง่ายขึ้นหรือไม่ หากตอบว่าไม่คิดว่าควรจะแสดงออกมาในรูปแบบใด
4	หน้าจอแสดงผลสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองหรือไม่

ตารางที่ 5.13 สรุปผลการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง (ต่อ)

ข้อ	รายการการประเมิน
ด้านความยากงานในการใช้งาน	
5	Mini map มีผลในการตัดสินใจในการควบคุมจราจรในระบบหรือไม่ เพราะเหตุผลใด
6	ท่านคิดว่าการเปลี่ยนมุมมองต่าง ๆ ภายในระบบ มีผลต่อการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรหรือไม่ อย่างไร
7	คิดว่าแบบมี Mini map หรือ ไม่มี Mini map อย่างไหนใช้ง่ายกว่ากัน
8	ถ้าหากนำ Mini map มาใช้ในชีวิตประจำวันคิดว่าจะมีประโยชน์ในการควบคุมจราจรหรือไม่
ด้านการแสดงความคิดเห็น	
9	ถ้าหากอยากให้ปรับเปลี่ยน อยากให้ปรับเปลี่ยนอะไร และมีคำแนะนำต่อระบบ iTraffic อย่างไรบ้าง
10	ท่านมีความคิดเห็นว่าอย่างไรถ้าหากนำ iTraffic มาใช้ในชีวิตจริง

ผู้วิจัยได้ทำการจำแนกข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้การวิเคราะห์คำหลัก (Domain analysis) (เอื้อมพร, 2555) เป็นการจำแนกจัดกลุ่มคำชุดหนึ่งให้อยู่ภายใต้คำอีกชุดหนึ่ง ซึ่งคำดังกล่าวนี้มีความหมายครอบคลุมคำชุดนั้น ๆ หรืออาจกล่าวได้ว่า การวิเคราะห์คำหลัก เป็นการจัดกลุ่มคำชุดหนึ่งให้อยู่ร่วมกันโดยอาศัยลักษณะความสัมพันธ์บางอย่างของคำแต่ละคำที่นำมาใช้จัดกลุ่ม ทั้งนี้ลักษณะความสัมพันธ์บางอย่างที่ว่านี้เป็นความสัมพันธ์ที่ผู้วิจัยใช้ในการจำแนกข้อมูล เช่น คำถามข้อที่ 1 ในครั้งแรกที่เห็นระบบ iTraffic คิดว่าเป็นระบบอะไร ผู้วิจัยได้ถอดเทปสัมภาษณ์ ระบุกลุ่มคำแสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มคำดังกล่าว แล้วจึงทำการวิเคราะห์หาคำหลัก ดังตารางที่ 5.14 แสดงการวิเคราะห์คำหลักเพื่อจัดกลุ่มคำ

ตารางที่ 5.14 การวิเคราะห์คำหลักเพื่อจัดกลุ่มคำ

1) บทสรุปการสัมภาษณ์ด้านความเข้าใจ (Understanding)

คำถาม	กลุ่มคำ	ความสัมพันธ์	ตัวแปร (N = 30)
1. ในครั้งแรกที่เห็นระบบ iTraffic คิดว่าเป็นระบบอะไร	- เกม - เกมเกี่ยวกับจราจร	- เกม	เกม (43 %)
	- ระบบเกี่ยวกับการควบคุมจราจร - ระบบจราจร - เข้าใจว่าเป็นระบบควบคุมจราจร - โปรแกรมตรวจวัดจราจร - ระบบเกี่ยวกับการจราจร - ระบบจราจร	- ระบบ - การจราจร - ควบคุมจราจร	ระบบเกี่ยวกับการจราจร (57 %)
2. คิดว่า iTraffic เป็นระบบที่เข้าใจยากหรือไม่ เพราะเหตุผลใด	- ยาก - ยากนิดหน่อย	- ยาก	ยาก (10 %)
	- ไม่ยาก - ง่าย	- ไม่ยาก - ง่าย	ไม่ยาก (90 %)

ตารางที่ 5.14 แสดงการวิเคราะห์คำหลักเพื่อจัดกลุ่มคำ (ต่อ)

1) บทสรุปการสัมภาษณ์ด้านความเข้าใจ (Understanding) (ต่อ)

คำถาม	กลุ่มคำ	ความสัมพันธ์	ตัวแปร (N = 30)
3. คิดว่าการนำเสนอข้อมูล GPS ผ่านรูปแบบ Mini map เข้าใจง่ายขึ้นหรือไม่ หากตอบว่าไม่คิดว่าควรจะแสดงออกมาในรูปแบบใด	- ชอบแบบ Google เข้าใจง่ายกว่า	- Google	คุ้นเคยกับแบบดั่งเดิม (23 %)
	- ชอบแบบ Mini map มากกว่า Google - เข้าใจง่ายขึ้น - เข้าใจง่ายมีรูปแบบที่สอดคล้องกันซึ่ง จร. เมือง นำมาใช้อยู่ - แบบ Mini map เข้าใจง่ายกว่า - แบบ Mini map เข้าใจง่ายกว่า - Mini map เข้าใจง่ายกว่าเอามาเป็น องค์ประกอบได้ - ชอบ mini map - mini map เข้าใจง่าย	- ชอบ Mini map - เข้าใจ	เข้าใจง่ายขึ้น (77 %)

ตารางที่ 5.14 แสดงการวิเคราะห์คำหลักเพื่อจัดกลุ่มคำ (ต่อ)

1) บทสรุปการสัมภาษณ์ด้านความเข้าใจ (Understanding) (ต่อ)

คำถาม	กลุ่มคำ	ความสัมพันธ์	ตัวแปร (N = 30)
4. หน้าจอแสดงผลสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองหรือไม่	- ค่อนข้างยาก แต่ถ้าหากมีการจัดอบรมจะดีมาก และจะมีประสิทธิผลมาก - สามารถเรียนรู้ได้ แต่ต้องใช้เวลา หากมีคนมาอธิบายสามารถเข้าใจได้เลย - ต้องอธิบายก่อนจะเข้าใจ	- ยาก - ใช้เวลา - ต้องอธิบาย	ควรมีการจัดอบรม (เนื่องจากมีการสอบถามระหว่างการทดสอบ) (10 %)
	- เข้าใจง่าย - สามารถเรียนรู้ได้ - สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง - สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง แต่ใช้เวลาเรียนรู้ - สำหรับเจ้าหน้าที่เข้าใจง่าย เพราะเคยสัมผัสของจริงมาแล้ว - เรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง - ง่าย เรียนรู้ได้ด้วยตัวเองอยู่แล้ว - เรียนรู้ได้แต่ต้องอ่านก่อน	- เข้าใจง่าย - เรียนรู้ได้	สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง (เนื่องจากไม่มีการสอบถามระหว่างการทดสอบ) (90 %)

ตารางที่ 5.14 แสดงการวิเคราะห์คำหลักเพื่อจัดกลุ่มคำ (ต่อ)

2) บทสรุปการสัมภาษณ์ด้านความยากงานในการใช้งาน (Ease of use)

คำถาม	กลุ่มคำ	ความสัมพันธ์	ตัวแปร (N = 30)
5. Mini map มีผลในการตัดสินใจในการควบคุมจราจรในระบบหรือไม่ เพราะเหตุผลใด	- ส่วนมากจะดูจากภาพจริงมากกว่า ไม่ค่อยดู mini map - ไม่มีผล ดูจากมุมสูง - ไม่ค่อยมีผล ถ้ามองในมุมสูง	- ไม่ค่อยดู Mini map - ไม่มีผล	ไม่มีผล (10 %)
	- มีผล - มีผล สามารถคำนวณปริมาณในเส้นทางการจราจรได้ - มีผล จะได้รู้ว่าฝั่งไหนรถเยอะ รถน้อย - มีผล ทำให้เห็นภาพรวมของการจราจร - มีผล หากมองในมุมปกติที่ใช้ในการปฏิบัติงาน - มีผลมาก	- มีผล	มีผล (90 %)

ตารางที่ 5.14 แสดงการวิเคราะห์คำหลักเพื่อจัดกลุ่มคำ (ต่อ)

2) บทสรุปการสัมภาษณ์ด้านความยากงานในการใช้งาน (Ease of use) (ต่อ)

คำถาม	กลุ่มคำ	ความสัมพันธ์	ตัวแปร (N = 30)
6. ท่านคิดว่าการเปลี่ยนมุมมองต่าง ๆ ภายในระบบมีผลต่อการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรหรือไม่อย่างไร	- ไม่มีความคิดเห็น	- ไม่มีความเห็น	ไม่มีความคิดเห็น (13 %)
	- มุมสูงมีประโยชน์มากกว่า เพราะถ้าการที่ยืนอยู่มุมสูงจะมีประโยชน์ต่อตัวเองและประชาชนผู้ใช้รถใช้ถนน - มุมสูงมีประโยชน์ - มีประโยชน์ - การมองมุมสูงสามารถทำให้เห็นสภาพจราจรมากกว่า - มีประโยชน์มาก ในมุมมองปกติ - การเปลี่ยนมุมมองธรรมดาไม่ค่อยมีผล แต่มุมสูงมีผลมาก - มุมสูงมองภาพได้กว้างกว่า ช่วยให้มองง่ายขึ้น - มีผลมาก - ใช้คู่กับ mini map มุมสูง - มุมสูงมีผลต่อการตัดสินใจ - ใช้ mini map คู่กับ มุมสูง เข้าใจง่ายกว่า ชัดเจนกว่า - มุมสูงมีผลต่อการตัดสินใจ - มุมสูงได้จริงจะดีมาก - มุมสูงสามารถทำให้เห็นปลายแถว - มุมสูงมองภาพได้กว้างกว่า	- มีประโยชน์ - มุมสูง - มีผล	มีผล (87 %)

ตารางที่ 5.14 แสดงการวิเคราะห์คำหลักเพื่อจัดกลุ่มคำ (ต่อ)

2) บทสรุปการสัมภาษณ์ด้านความยากงานในการใช้งาน (Ease of use) (ต่อ)

คำถาม	กลุ่มคำ	ความสัมพันธ์	ตัวแปร (N = 30)
7. คิดว่าแบบมี Mini map หรือไม่มี Mini map อย่างไหนใช้ง่ายกว่า	- ไม่มี Mini map แต่ดูมุมสูง	ไม่มี Mini map	ไม่มี Mini map แต่ดูมุมสูง (7 %)
	- แบบมี Mini map	แบบมี Mini map	แบบมี Mini map (93 %)
8. ถ้าหากนำ Mini map มาใช้ในชีวิตประจำวัน คิดว่าจะมีประโยชน์ในการควบคุมจราจรหรือไม่	- ก็ได้ แต่บางจุดต้องให้คนไปยืนในพื้นที่จริง - น่าจะมีประโยชน์ในการใช้งานด้านการควบคุมจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน	- ก็ได้แต่ - น่าจะ	ความคิดเห็นเชิงลบ (7 %)
	- ยอดเยี่ยมเลย - มีประโยชน์แต่ต้องพัฒนาอีกเยอะ คำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ด้วย - เกิดประโยชน์มาก - น่าจะมีประโยชน์ในการใช้งานด้านการควบคุมจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน - ดีมาก ช่วยในการตัดสินใจ - ดี ช่วยในการตัดสินใจ - ดี สำหรับเจ้าหน้าที่จะได้ใช้ควบคู่กับการปฏิบัติจริง ทำให้เจ้าที่ปฏิบัติงานง่ายขึ้น ไม่จำเป็นต้องยืนที่แยกก็ได้ - มีประโยชน์มาก เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยในการประเมินผลคน - ช่วยในการดูปริมาณรถได้	- ยอดเยี่ยม - เกิดประโยชน์ - ดีมาก - ดี - ช่วยได้ - มีความเป็นไปได้ - ใช้ได้	ความคิดเห็นเชิงบวก (93 %)

ตารางที่ 5.14 แสดงการวิเคราะห์คำหลักเพื่อจัดกลุ่มคำ (ต่อ)

3) บทสรุปการสัมภาษณ์ด้านความการแสดงความคิดเห็น (Comment)

คำถาม	กลุ่มคำ	ความสัมพันธ์	ตัวแปร (N = 30)
9. ถ้าหากอยากให้ปรับเปลี่ยน อยากให้ปรับเปลี่ยนอะไร และมีคำแนะนำต่อระบบ iTraffic อย่างไรบ้าง	- ควรจะ alert ให้ผู้ใช้ทราบว่าควรเปลี่ยนเป็นเฟสไหน ผู้ใช้จะเปลี่ยนหรือไม่เปลี่ยนก็ได้ - อยากให้กดรันออโต้ได้ - อยากให้คำนึงถึงปัจจัยอื่นๆ เช่น สิ่งกีดขวาง การไหลของรถ - อยากให้ระบุเป็นภาษาไทย - เปลี่ยนเป็นเส้นเหมือน google เพราะจะได้รู้ว่าท้ายแถวถึงไหน - อยากให้ล้อรถหมุน - อยากให้ปรับเปลี่ยนเป็นเส้นแล้วบอกสถานที่ เพื่อจะได้ทราบท้ายแถว - ควรให้ Map แสดงตัวเลขด้วย ว่าในแต่ละระยะมีจำนวนรถติดกี่คัน - อยากให้เลี้ยวขวาได้ โบกตัดรถได้ - เพิ่มรายละเอียด เช่น มอเตอร์ไซต์ รถชนิดอื่นๆ - ปรับความหน่วงให้สมจริง	- ควรจะ - อยากให้ - เปลี่ยน - ควรให้ - เพิ่มรายละเอียด - ปรับ	มี (40 %)
	- ไม่มี - เหมาะสมทุกอย่างแล้ว	- ไม่มี - เหมาะสม	ไม่มี (60 %)

ตารางที่ 5.14 แสดงการวิเคราะห์คำหลักเพื่อจัดกลุ่มคำ (ต่อ)

3) บทสรุปการสัมภาษณ์ด้านความการแสดงความคิดเห็น (Comment) (ต่อ)

คำถาม	กลุ่มคำ	ความสัมพันธ์	ตัวแปร (N = 30)
10. ท่านมีความคิดเห็นว่าอย่างไรถ้าหากนำ iTraffic มาใช้ในชีวิตจริง	- ก็ได้ แต่บางจุดต้องให้คนไปยืนในพื้นที่จริง - น่าจะมีประโยชน์ในการใช้งานด้านการควบคุมจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน	- ก็ได้แต่ - น่าจะ	ความคิดเห็นเชิงลบ (7 %)
	- ยอดเยี่ยมเลย - มีประโยชน์แต่ต้องพัฒนาอีกเยอะคำนึงถึงปัจจัยอื่น ๆ ด้วย - เกิดประโยชน์มาก - น่าจะมีประโยชน์ในการใช้งานด้านการควบคุมจราจรในชั่วโมงเร่งด่วน - ดีมาก ช่วยในการตัดสินใจ - ดี ช่วยในการตัดสินใจ - ดี สำหรับเจ้าหน้าที่จะได้ใช้ควบคู่กับการปฏิบัติจริง ทำให้เจ้าที่ปฏิบัติงานง่ายขึ้น ไม่จำเป็นต้องยืนที่แยกก็ได้ - ใช้ได้ ให้มาปลั๊กกับตู้เลยจะดีมาก - มีประโยชน์มาก เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยในการประเมินผลคน - ช่วยในการดูปริมาณรถได้เพราะตำรวจไม่รู้ว่าท้ายแถวถึงไหนแล้ว	- ยอดเยี่ยม - เกิดประโยชน์ - ดีมาก - ดี - ช่วยได้ - มีความเป็นไปได้ - ใช้ได้	ความคิดเห็นเชิงบวก (93 %)

จากตารางที่ 5.14 แสดงกราฟสรุปผลการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง โดยแบ่งการสัมภาษณ์ออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความเข้าใจ (Understanding) ด้านความยากง่ายในการใช้งาน (Ease of use) และด้านการแสดงความคิดเห็นอื่น (Comment) ดังนี้

ด้านความเข้าใจ (Understanding) ประกอบด้วยคำถามข้อที่ 1: ในครั้งแรกที่เห็นระบบ iTraffic คิดว่าเป็นระบบอะไร คำถามข้อที่ 2: คิดว่า iTraffic เป็นระบบที่เข้าใจยากหรือไม่ เพราะเหตุผลใด ข้อที่ 3: คิดว่าการนำเสนอข้อมูล GPS ผ่านรูปแบบ Mini map เข้าใจง่ายขึ้นหรือไม่ หากตอบว่าไม่คิดว่าควรจะแสดงออกมาในรูปแบบใด และข้อที่ 4: หน้าจอแสดงผลสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองหรือไม่ จากตารางที่ 5.14 จะเห็นได้ว่าในข้อที่ 1 ผู้เข้าร่วมการทดลอง 30 คน เมื่อคิดเป็นร้อยละ มีผู้คิดเห็นว่าเป็นระบบควบคุมสัญญาณไฟจราจร คิดเป็นร้อยละ 57 และเห็นเป็นเกมคิดเป็นร้อยละ 43 ในข้อที่ 2 เมื่อคิดเป็นร้อยละ มีผู้คิดเห็นว่าเป็นระบบที่เข้าใจไม่ยาก คิดเป็นร้อยละ 90 ในข้อที่ 3 เมื่อคิดเป็นร้อยละ มีผู้คิดเห็นว่าการนำเสนอข้อมูล GPS ผ่านรูปแบบ Mini map เข้าใจง่ายขึ้น คิดเป็นร้อยละ 77 และในข้อที่ 4 เมื่อคิดเป็นร้อยละ มีผู้คิดเห็นว่าหน้าจอแสดงผลสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง (เนื่องจากไม่มีการสอบถามระหว่างการทดสอบ) คิดเป็นร้อยละ 90 และมีผู้คิดเห็นว่าหน้าจอแสดงผลค่อนข้างเรียนรู้ได้ยาก ควรมีการจัดอบรม (เนื่องจากมีการสอบถามระหว่างการทดสอบ) คิดเป็นร้อยละ 10

ด้านความยากงานในการใช้งาน (Ease of use) ประกอบด้วยคำถามข้อที่ 3: Mini map มีผลในการตัดสินใจในการควบคุมจราจรในระบบหรือไม่ เพราะเหตุผลใด ข้อที่ 6: ท่านคิดว่าการเปลี่ยนมุมมองต่าง ๆ ภายในระบบ มีผลต่อการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรหรือไม่อย่างไร ข้อที่ 9: คิดว่าแบบมี Mini map หรือ ไม่มี Mini map อย่างไหนใช้ง่ายกว่ากัน และข้อที่ 4: ถ้าหากนำ Mini map มาใช้ในชีวิตประจำวันคิดว่าจะมีประโยชน์ในการควบคุมจราจรหรือไม่ จากตารางที่ 5.14 ในข้อที่ 3 มีผู้คิดเห็นว่า Mini map มีผลในการตัดสินใจในการควบคุมจราจร คิดเป็นร้อยละ 90 และคิดเห็นว่า Mini map ไม่มีผลในการตัดสินใจในการควบคุมจราจร คิดเป็นร้อยละ 10 ในข้อที่ 6 มีผู้คิดเห็นว่าการเปลี่ยนมุมมองต่าง ๆ ภายในระบบมีผลต่อการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร คิดเป็นร้อยละ 87 และไม่แสดงความคิดเห็น คิดเป็นร้อยละ 10 ในข้อที่ 9 มีผู้คิดเห็นว่าการใช้งานแบบมี Mini map ส่งผลให้การใช้งานง่ายขึ้น คิดเป็นร้อยละ 93 และร้อยละ 7 คิดเห็นว่าการใช้งานโดยไม่มี Mini map ง่ายกว่าแต่ต้องมองภาพรวมของยานพาหนะในมุมสูง และในข้อที่ 4 มีผู้คิดเห็นว่าถ้าหากนำ Mini map มาใช้ในชีวิตประจำวันคิดว่าจะมีประโยชน์ในการควบคุมจราจร คิดเป็นร้อยละ 93 และคิดว่าจะมีประโยชน์ คิดเป็นร้อยละ 7

ด้านความคิดเห็น (Comment) ประกอบด้วยคำถามข้อที่ 8 ถ้าหากอยากให้ปรับเปลี่ยน อยากให้ปรับเปลี่ยนอะไร และมีคำแนะนำต่อระบบ iTraffic อย่างไรบ้างและข้อที่ 10 ท่านมีความคิดเห็นว่าอย่างไรถ้าหากนำ iTraffic มาใช้ในชีวิตจริง จากตารางที่ 5.14 ในข้อที่ 2 เมื่อคิดเป็นร้อยละ มีผู้คิดเห็นว่าเป็นระบบที่เข้าใจไม่ยาก คิดเป็นร้อยละ 90 และคิดว่าเป็นระบบที่เข้าใจยาก คิดเป็นร้อยละ 10 ในข้อที่ 5 เมื่อคิดเป็นร้อยละ มีผู้คิดเห็นว่าการนำเสนอข้อมูล GPS ผ่านรูปแบบ Mini map เข้าใจง่ายขึ้น คิดเป็นร้อยละ 77 และคิดเห็นว่าการนำเสนอข้อมูล GPS ผ่านรูปแบบ Google (แบบดั่งเดิมที่ปัจจุบันตำรวจจราจรใช้งานอยู่) เข้าใจง่ายกว่า คิดเป็นร้อยละ 10 ในข้อที่ 7 เมื่อคิดเป็นร้อยละ มีผู้คิดเห็นว่าหน้าจอแสดงผลสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเอง (เนื่องจากไม่มีการสอบถามระหว่างการทดสอบ) คิดเป็นร้อยละ 90 และมีผู้คิดเห็นว่าหน้าจอแสดงผลค่อนข้างเรียนรู้ได้ยาก ควรมีการจัดอบรม (เนื่องจากมีการสอบถามระหว่างการทดสอบ) คิดเป็นร้อยละ 10

บทที่ 6

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแนวคิดในการสร้างระบบ iTraffic โดยมุ่งเน้นเฉพาะส่วนของการสร้างจินตทัศน์ (Visualization) สำหรับส่วนติดต่อผู้ใช้ (User interface) ของระบบแบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยตำรวจจราจร งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อหาแนวทางในการนำเสนอจินตทัศน์สำหรับระบุปริมาณยานพาหนะที่เหมาะสมบนหน้าจออุปกรณ์ภายในระบบจำลองการควบคุมสัญญาณไฟจราจร สร้างระบบจำลองสามมิติเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบและประเมินผลการออกแบบจินตทัศน์ของระบบ และเพื่อประเมินผลความพึงพอใจที่มีต่อระบบจำลอง โดยสามารถอธิบายรายละเอียดของการสรุปผล การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ได้ดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

อัตราการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของยานพาหนะทุกประเภทในจังหวัดภูเก็ตจากปี พ.ศ. 2539 - 2543 คิดเป็นร้อยละ 29 และจากปี พ.ศ. 2543 - 2551 คิดเป็นร้อยละ 37 เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนประชากรทั้งจังหวัดแล้ว พบว่าในปี พ.ศ. 2551 มีจำนวนยานพาหนะ 722,842 คัน ซึ่งมากกว่าจำนวนประชากรที่มีอยู่เพียง 369,522 คน ถึง 1.96 เท่า และมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยการจัดการจราจรส่งผลต่อกระแสจราจร และอัตราการเกิดจราจรติดขัด ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในเชิงพื้นที่ หรือข้อจำกัดด้านเทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมการจราจร ในปัจจุบันการจัดการจราจรแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ การควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติ และแบบควบคุมด้วยตัวเอง (ควบคุมด้วยเจ้าหน้าที่ตำรวจจราจร) ซึ่งเป็นรูปแบบที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในช่วงเวลาเร่งด่วน จำเป็นต้องใช้เจ้าหน้าที่ตำรวจผู้ควบคุมการจราจรที่มีทักษะ และประสบการณ์ในพื้นที่ เพื่อประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมการจราจร อย่างไรก็ตามการควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยมนุษย์ยังมีข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ เช่น ระยะการมองเห็น ความสามารถในการคำนวณปริมาณยานพาหนะแบบเรียลไทม์ จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเสนอระบบ iTraffic หรือ Intelligent Traffic Management System เป็นระบบ

ควบคุมสัญญาณไฟจราจร ที่มีแนวคิดในการนำข้อมูล GPS ผนวกกับข้อมูลอื่น ๆ เช่น กล้องตรวจจับความเร็ว และเซ็นเซอร์สำหรับตรวจวัดปริมาณการจราจร มาประยุกต์ใช้ประกอบการตัดสินใจ เพื่อเพิ่มความแม่นยำของข้อมูล สำหรับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรทั้งแบบอัตโนมัติ และแบบควบคุมด้วยตัวเอง

โดยงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแนวคิดในการสร้างระบบ iTraffic ซึ่งมุ่งเน้นเฉพาะส่วนของการสร้างจินตทัศน์ (Visualization) สำหรับหน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้ของระบบ iTraffic แบบควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยตัวเอง โดยกำหนดให้เป็นการวิจัยเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่า “ถ้าหากมีเครื่องมือในการระบุปริมาณยานพาหนะ (Mini map) มาช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรของตำรวจจราจร จะทำให้ปัญหาการจราจรติดขัดน้อยลง” เนื่องจากการทดสอบสมมติฐานนี้ไม่สามารถลงปฏิบัติในพื้นที่จริงได้ เพราะมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุสูง ผู้วิจัยจึงทำการสร้างระบบจำลองเพื่อใช้แทนการทดสอบในพื้นที่จริง โดยมีขั้นตอนในการออกแบบและพัฒนาระบบ iTraffic สำหรับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยตัวเอง ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่หนึ่ง การวิเคราะห์และออกแบบระบบ ขั้นตอนที่สอง การสร้างระบบ และขั้นตอนที่สาม การประเมินผลระบบ โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การวางแผนการวิเคราะห์และออกแบบระบบ iTraffic สำหรับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยตัวเอง ผู้วิจัยได้ทำการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการจราจร การออกแบบสัญญาณไฟจราจร และเทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้กับจัดการจราจรในปัจจุบัน รวมไปถึงข้อมูลพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (Global positioning data, GPS) แล้วจึงลงสำรวจพื้นที่ที่จะทำการศึกษา คู่ขนานไปกับการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของระบบ จากนั้นได้ทำการออกแบบกรอบแนวคิดการทำงานของระบบ

ขั้นตอนที่ 2 : การสร้างระบบจำลองสามมิติ (iTraffic) มีกระบวนการ ดังนี้ ออกแบบจินตทัศน์ของระบบ โดยใช้กระบวนการของจินตทัศน์ (Visualization process) ประเมินผลการออกแบบกราฟิกส่วนติดต่อผู้ใช้ (GUI) ของระบบ ด้วยวิธีฮิวริสติก โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบจำนวน 8 คน จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการพัฒนาและปรับปรุงระบบ ด้วยโปรแกรม 3Ds Studio Max และโปรแกรม Unity3D Engine ตามผลสรุปจากผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 3 : ประเมินผลระบบ iTraffic ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผ่านการประเมินจากตำรวจจราจรจำนวน 5 คน โดยผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามที่ผ่านการประเมินมาทำการทดสอบความเชื่อมั่นแบบสอดคล้องภายใน (Internal consistency reliability) ของชุดคำถาม และวิเคราะห์สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัค (Cronbach alpha coefficient) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของชุดคำถามในแต่ละข้อมีค่ามากกว่า 0.7 ซึ่งอยู่เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ได้ในงานวิจัย ผู้วิจัยจึงนำ

แบบสอบถามที่ผ่านการประเมินปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านสถิติ แล้วจึงจัดพิมพ์เป็นเครื่องมือฉบับสมบูรณ์ นำไปให้ตำรวจจราจรจำนวน 30 คน ประเมินผลระบบ iTraffic

โดยผลการศึกษาพบว่า การนำเสนอการระบุปริมาณยานพาหนะในลักษณะของแผนที่ขนาดเล็ก (Mini map) บนระบบ iTraffic สามารถช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรได้ส่งผลให้การจัดการจราจรดีขึ้น และจากผลการทดสอบยังชี้ให้เห็นว่า ถ้าหากใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map ส่งผลให้ตำรวจจราจรมีพัฒนาการในการใช้งานระบบที่ดีขึ้น สังเกตได้จากผลคะแนนที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลคะแนนการทดสอบใช้งานระบบแบบมี Mini map และแบบไม่มี Mini map พบว่าผลคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบใช้งานระบบแบบมี Mini map มีค่าสูงกว่าการใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้งานระบบแบบมี Mini map ทำให้ตำรวจจราจรใช้งานระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าแบบไม่มี Mini map อีกทั้งผลการทดลองยังชี้ให้เห็นว่าประสบการณ์ในการทำงาน รวมไปถึงอายุของกลุ่มตัวอย่างไม่มีผลต่อการใช้งานระบบ iTraffic และจากผลการประเมินความพึงพอใจโดยตำรวจจราจร พบว่าผลการประเมินอยู่ในระดับความพึงพอใจมากในทุก ๆ ด้าน ซึ่งประกอบด้วย 5 ด้าน ได้แก่ ด้านความพึงพอใจส่วนตัว ด้านหน้าจอแสดงผล ด้านความสามารถของระบบ ด้านการเรียนรู้ และด้านคำศัพท์และระบบ

ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงพบข้อสรุปของสมมติฐานที่วางไว้ คือ ถ้าหากมีเครื่องมือในการระบุปริมาณยานพาหนะ (Mini map) มาช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรจะทำให้ปัญหาการจราจรติดขัดน้อยลง (ภายในงานวิจัยใช้คะแนนเป็นตัวชี้วัดความสามารถในการจัดการจราจร) และพบข้อสรุปที่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ คือ

1) แนวทางในการนำเสนอจินตทัศน์การระบุปริมาณยานพาหนะที่เหมาะสมสำหรับระบบ iTraffic คือ แสดงในลักษณะของแผนที่ขนาดเล็ก (Mini map)

2) สามารถใช้การจำลองสถานการณ์สามมิติ (3D simulation) บริเวณสี่แยกถนนเทพกระษัตรีตัดกับถนนทุ่งคา – ดำรง ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบและประเมินผลการออกแบบจินตทัศน์ของระบบได้

3) แนวทางในการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User interface, UI) ที่เหมาะสมสำหรับระบบ iTraffic ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่ แผนที่ขนาดเล็ก (Mini map) แถบแสดงปริมาณยานพาหนะโดยรวม ปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจร และเวลา

6.2 อภิปรายผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลการวิจัย และค้นพบประเด็นที่สามารถนำมาอภิปรายผลได้ 4 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นการจำลองบริเวณพื้นที่ที่เป็นกรณีศึกษา ประเด็นการเปรียบเทียบคะแนนกับประสบการณ์ในการทำงานของตำรวจจราจร ประเด็นด้านพฤติกรรมการใช้งานระบบ iTraffic ของตำรวจจราจร และประเด็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ระหว่างการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และการใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

ประเด็นการจำลองบริเวณพื้นที่ที่เป็นกรณีศึกษานั้น ในการวิจัยนี้ไม่ได้แสดงสภาพแวดล้อม เช่น อาคาร และร้านค้าโดยรอบ เนื่องด้วยจากการทดลองใช้งานระบบ iTraffic เพื่อประเมินผลโดยใช้แบบสอบถาม พบว่าตำรวจจราจรไม่มีการตั้งคำถามเกี่ยวกับสถานที่ในสถานการณ์จำลองว่าเป็นพื้นที่บริเวณใด รวมไปถึงเมื่อแสดงมุมมองเริ่มต้นของระบบตำรวจจราจรไม่มีการตั้งคำถามเกี่ยวกับชื่อของถนนในแต่ละด้าน อีกทั้งยังสามารถเห็นและรับรู้ได้ทันทีว่าคือบริเวณสี่แยกใด ผู้วิจัยจึงเลือกไม่แสดงองค์ประกอบโดยรอบทั้งหมด และเลือกแสดงเฉพาะองค์ประกอบที่เป็นจุดเด่นที่สื่อว่าพื้นที่ที่แสดงหมายถึงพื้นที่ใด และจากผลการสังเกตระหว่างตำรวจจราจรใช้งานระบบแสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมโดยรอบทั้งหมดไม่มีผลต่อการควบคุมสัญญาณไฟจราจรในระบบ iTraffic อย่างไรก็ตาม ภายในระบบได้มีการแสดงผลแผนที่ขนาดเล็ก (Mini map) ให้กับผู้ใช้ระบบเพื่อระบุปริมาณจราจร ณ ขณะนั้น สำหรับนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยจะแสดงอยู่มุมบนซ้ายมือของหน้าจอภายในแผนที่ประกอบด้วยสัญลักษณ์ ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของงานวิจัยที่มุ่งหวังให้ผู้ใช้ควบคุมสัญญาณไฟจราจรควบคู่กับการใช้ Mini map

ประเด็นการเปรียบเทียบคะแนนกับประสบการณ์ในการทำงานของตำรวจจราจรในรูปที่ 5.3 พบว่ากราฟไม่ได้แสดงแนวโน้มไปด้านใดด้านหนึ่ง กล่าวคือ จำนวนปีของประสบการณ์ในการทำงานของตำรวจจราจรไม่ส่งผลต่อความสามารถในการใช้งานระบบ ในทางกลับกันผลจากการสังเกตตำรวจจราจรขณะใช้งานระบบ ชี้ให้เห็นว่าตำรวจจราจรที่มีอายุมากกว่า 40 ปีขึ้นไป ไม่ค่อยให้ความร่วมมือในช่วงตอนต้นของการนำระบบ iTraffic ไปทดสอบ เนื่องจากระบบที่นำไปทดสอบยังอยู่ในรูปแบบของตัวต้นแบบจำลอง (Prototype) ส่งผลให้ตำรวจจราจรในช่วงอายุดังกล่าว มีความคิดเห็นว่าระบบที่นำไปทดสอบเป็นเกม จึงใช้เวลาสังเกตตำรวจราจรรายอื่น ๆ เป็นเวลานาน บางรายใช้เวลา 3 ถึง 4 วัน แล้วจึงลงมือทดสอบด้วยตนเอง ปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยไม่ได้อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำจนเกินไป (คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 249.5) ผนวกกับผลการสัมภาษณ์ พบว่าตำรวจจราจรจำนวน 28 คน แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบ iTraffic ในเชิงบวก โดยกล่าวว่าจะเป็นประโยชน์อย่างมากถ้า

หากสามารถนำมาปรับใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน จากการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสรุปได้ว่า ระบบ iTraffic เหมาะสมสำหรับตำรวจจราจรทุกช่วงอายุ (Generation) แต่ช่วงที่เหมาะสมที่สุดคือ ช่วงอายุระหว่าง 18 - 40 ปี ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบเป็นช่วงอายุแล้วจะอยู่ในช่วงเจเนอเรชันวาย (Generation Y) หรือ ยุค Millennials เนื่องจากข้อมูลในงานวิจัยของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เดชา เดชะวัฒนไพศาล (เดชา และคณะ, 2557) กล่าวว่า เจนเนอเรชันวาย เป็นกลุ่มคนที่ไม่ชอบกฎระเบียบ ฉลาดยอมรับการเปลี่ยนแปลง ใช้เทคโนโลยีเป็นส่วนหนึ่งของชีวิต เพราะการเรียนรู้การใช้ชีวิตในยุคนี้ มีอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจสูง ส่งผลให้เทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว การบริโภคข้อมูลของคนกลุ่มนี้มาจากสื่ออินเทอร์เน็ต สื่อสังคมออนไลน์ในปริมาณที่สูงกว่าการบริโภคสื่อโทรทัศน์ วิทยุ และหนังสือพิมพ์ ทำให้สามารถเรียนรู้การใช้งานเทคโนโลยีได้อย่างรวดเร็ว และสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ดี ผู้วิจัยจึงคิดเห็นว่าช่วงอายุของตำรวจจราจรที่ใช้งานระบบได้ดีจึงเป็นคนที่เกิดในช่วงเจนเนอเรชันวายเป็นต้นไป

ประเด็นด้านพฤติกรรมการใช้งานระบบ iTraffic จากการนำระบบ iTraffic ทดสอบกับตำรวจจราจรจำนวน 30 คน ผลปรากฏว่าตำรวจจราจร 27 คน สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เนื่องจากไม่มีการสอบถามระหว่างทำการทดสอบ เนื่องจากผู้วิจัยสร้างปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่มีการทำงานลักษณะเดียวกันกับปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจรที่ใช้ในปัจจุบัน รวมไปถึงจากผลการสังเกตตำรวจจราจรระหว่างทำการทดสอบ พบว่าตำรวจจราจรจะกดปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจรเรียงตามลำดับ คือ ปุ่มที่ 1 ปุ่มที่ 2 ปุ่มที่ 3 และปุ่มที่ 4 พร้อมกับดูปริมาณจราจรในแต่ละเส้นทางจากแผนที่ขนาดเล็ก (Mini map) ซึ่งแสดงอยู่บริเวณด้านบนทางด้านซ้ายมือของหน้าจอ เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร โดยให้เหตุผลว่าในโลกแห่งความเป็นจริงถ้าหากกดข้ามปุ่มใดปุ่มหนึ่ง จะส่งให้ผู้ใช้รถใช้ถนนเกิดความสับสน เนื่องจากผู้ใช้รถใช้ถนนคุ้นชินและจดจำการทำงานของสัญญาณไฟจราจรในเส้นทางที่ใช้เป็นประจำ ส่งผลให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุถ้าหากตำรวจจราจรกดข้ามปุ่มใดปุ่มหนึ่ง โดยวิธีการกดปุ่มควบคุมในลักษณะนี้มีผลทำให้การควบคุมสัญญาณไฟจราจรได้ผลลัพธ์ที่ดียิ่งขึ้นสังเกตได้จากผลคะแนน ซึ่งมีความสอดคล้องกับในช่วงเริ่มต้นผู้วิจัยมีความคิดว่าระบบ iTraffic ควรมีเพียงหนึ่งปุ่มเท่านั้น เพื่อกดเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรไปทีละ 1 ด้าน แต่ทว่าการปรับเปลี่ยนในลักษณะนี้มีข้อจำกัด คือ ถ้าหากตำรวจจราจรมีความประสงค์จะเปลี่ยนสัญญาณไฟจราจรในกรณีฉุกเฉิน การกดเรียงตามลำดับจะส่งผลให้ผู้ใช้รถใช้ถนนเกิดความสับสนและเกิดอุบัติเหตุได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความคิดเห็นว่าถ้าหากจะนำระบบ iTraffic ไปใช้จริงในชีวิตประจำวันระบบต้องมีความใกล้เคียงกับเทคโนโลยีที่ใช้อยู่ในโลกความเป็นจริง เพียงแต่เพิ่มฟังก์ชันเพื่ออำนวยความสะดวกในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรลงไป ในกรณีนี้ผู้วิ จัยคิดว่าถ้าหากเพิ่ม Mini map เข้าไปในระบบจะสามารถสามารถช่วยลดผลกระทบต่อผู้ใช้รถใช้ถนน และสามารถอำนวยความสะดวกให้แก่ตำรวจจราจรได้ ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายสูงสุดของงานวิจัยชิ้นนี้ คือ

สร้างระบบเพื่อช่วยเหลือตำรวจจราจรในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรโดยใช้ข้อมูล GPS ทั้งในแบบอัตโนมัติ และแบบควบคุมด้วยตนเอง

ประเด็นการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ระหว่างการใช้งานระบบ iTraffic แบบมี Mini map และการใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map พบว่าคะแนนเฉลี่ยการใช้งานระบบแบบมี Mini map สูงกว่าการใช้งานระบบแบบไม่มี Mini map อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า Mini map ส่งผลในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร เมื่อมีการใช้งานระบบแบบมี Mini map จะส่งผลให้การควบคุมสัญญาณไฟจราจรมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สังเกตได้จากผลคะแนน (ในที่นี้ผู้วิจัยใช้คะแนนเป็นตัวชี้วัดผลการควบคุมสัญญาณไฟจราจร รวมไปถึงความสามารถในการจัดการปล่อยยานพาหนะให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด) ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า Mini map มีช่วยในการมองเห็นระยะแถวคอยของยานพาหนะในแต่ละด้าน ส่งผลให้ตำรวจจราจรได้มีการวางแผน รวมไปถึงเมื่อมีเครื่องมือที่มาช่วยเพื่อประกอบการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรจะทำให้การควบคุมเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งโดยปกติแล้วตำรวจจราจรจะคาดคะเนระยะแถวคอยของยานพาหนะตามประสบการณ์ โดยไม่มีข้อมูลมาช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจร อีกทั้งผลจากการสัมภาษณ์ตำรวจจราจรจำนวน 29 คน จาก 30 คน ยังชี้ให้เห็นว่าถ้าหากนำ Mini map มาใช้ได้จริงในชีวิตประจำวันจะเกิดประโยชน์เป็นอย่างมากกับการนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรในปัจจุบัน

การศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยพบว่า การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้ของระบบ iTraffic นั้น สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างแรก คือ เรื่องของการใช้งานที่สะดวก เรียนรู้ง่ายและรวดเร็ว การจัดวางองค์ประกอบภายในหน้าจอส่วนติดต่อกับผู้ใช้เป็นส่วนสำคัญ ซึ่งได้กล่าวไว้อย่างละเอียดในบทที่ 2 รวมไปถึงข้อเสนอแนะเกี่ยวกับคู่มือในการใช้งานของระบบ iTraffic รวมไปถึงเรื่องการปรับปรุงหน้าคู่มือการใช้งานของระบบ iTraffic ถ้าหากนำระบบไปใช้งานจริงบนสมาร์ทโฟน (Smartphone) หรือแท็บเล็ต (Tablet) การไกด์นำด้วยเสียง หรือภาพเคลื่อนไหว จะมีประโยชน์มากขึ้น เพื่อช่วยเหลือผู้ใช้ที่เพิ่งเริ่มต้นการใช้งาน

6.3 ภัยคุกคามต่อความถูกต้อง (Threats to validity)

ในการตรวจสอบคุณภาพของงานวิจัย ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความถูกต้อง และความเที่ยงของการดำเนินการทดลอง โดยแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ ความเที่ยงตรงภายใน (Internal validity) และความเที่ยงตรงภายนอก (External validity) โดยสามารถอธิบายรายละเอียดได้ดังนี้

6.3.1 ความเที่ยงตรงภายใน

ความเที่ยงตรงภายใน เป็นความเที่ยงตรงที่เกิดจากการดำเนินการทดลอง หรือแบบการวิจัยที่ทำให้ผลการวิจัยที่ได้เกิดจากการกระทำของตัวแปรอิสระโดยตรง โดยที่ไม่มีตัวแปรอื่นหรือเหตุการณ์อื่นแทรกซ้อนเข้ามา ซึ่งในงานวิจัยนี้มีปัจจัยที่ส่งผลต่อความเที่ยงตรงภายในดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย : ผู้วิจัยใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล 3 ประเภท ประกอบด้วย แบบสังเกต (Observation) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล โดยการสังเกตพฤติกรรมของผู้เข้าร่วมการประเมินแล้วจึงบันทึกลงในแบบสังเกต แบบสัมภาษณ์ (Interview) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลโดยการสนทนา สอบถามปากเปล่า โดยบันทึกข้อมูลในแบบสัมภาษณ์ที่มีการกำหนดประเด็นการสัมภาษณ์ไว้ล่วงหน้า และแบบสอบถาม (Questionnaire) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพด้านความต้องการของผู้ใช้ โดยลักษณะของแบบสอบถามเป็นคำถามแบบปลายปิด (Close-ended questionnaire) เน้นไปที่ความความพึงใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ iTraffic โดยในการทดลองผู้วิจัยจะเริ่มต้นด้วยการให้ผู้เข้าร่วมการประเมินใช้งานระบบ iTraffic พร้อมกับสังเกตการณ์ระหว่างการใช้งาน เนื่องจากผู้วิจัยต้องการทราบพฤติกรรมระหว่างการใช้งานระบบของผู้เข้าร่วมการประเมิน เพื่อวัดความยากง่ายในการใช้งานระบบโดยระหว่างการสังเกตการณ์ผู้วิจัยจะทำการบันทึกคำถามระหว่างการใช้งานระบบ ว่ามีการตั้งคำถามหรือข้อสงสัยเกี่ยวกับการใช้งานหรือไม่ ซึ่งพบว่าผู้เข้าร่วมการประเมินไม่มีการตั้งคำถามแต่อย่างใด ผู้วิจัยจึงไม่ได้นำเอาพฤติกรรมระหว่างการใช้งานระบบมาทำการวิเคราะห์หาข้อมูลแต่อย่างใด เนื่องจากข้อมูลที่ผู้วิจัยต้องการนั้น คือ ข้อมูลเกี่ยวกับคะแนนก่อนและหลังการใช้งาน Mini map ผู้วิจัยจึงนำเพียงคะแนนที่สังเกตการณ์ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์ผู้เข้าร่วมประเมินหลังจากการใช้งานระบบ โดยมีการกำหนดถามไว้ล่วงหน้า 10 คำถาม แต่เนื่องจากเป็นคำถามเพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งานระบบ ซึ่งจะเป็นคำถามประเภทปลายเปิดผนวกกับการสัมภาษณ์จะอยู่ในรูปแบบกึ่งโครงสร้าง ส่งผลให้การถามหนึ่งคำถามมักจะได้คำตอบที่ครอบคลุมหลายข้อทำให้บางท่านไม่ได้รับคำถามทุกข้อ ทั้งนี้ผู้วิจัยไม่สามารถจดคำตอบได้อย่างครบถ้วนจึงได้ทำการบันทึกเสียงระหว่างการสัมภาษณ์ หลังจากการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้ให้ผู้เข้าร่วมการประเมินทำการประเมินความพึงพอใจด้วยแบบสอบถาม มีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บข้อมูลความพึงพอใจในเชิงปริมาณใน

รูปแบบ Likert scale โดยใช้มาตราวัด 10 ระดับ เนื่องจากผู้วิจัยต้องการความเอียดของข้อมูลในแต่ละด้านเพื่อทำการวิเคราะห์ แก้ไข และปรับปรุงการออกแบบ ซึ่งในชุดคำถามจะมีทั้งหมด 10 ข้อ โดยจะแบ่งออกเป็น 5 ด้าน ได้แก่ หน้าจอแสดงผล (Screen) คำศัพท์และระบบ (Terminology and system information) ความสามารถของระบบ (System capabilities) การเรียนรู้ (Learning) และความพึงพอใจส่วนตัว (Satisfaction) และเพื่อเป็นการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษานำร่อง (Pilot study) เป็นการตรวจสอบเครื่องมือทำก่อนการนำไปใช้จริงจริงโดยใช้วิธีต่าง ๆ เหมือนการทดสอบจริงเพื่อตรวจสอบขั้นตอนต่าง ๆ ว่าถูกต้องหรือไม่ มีคำถามข้อใดบ้างที่ต้องแก้ไข จากนั้นผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ในชุดคำถามแต่ละข้อ แล้วจึงนำไปให้กลุ่มตัวอย่างใช้งานจริง

6.3.2 ความเที่ยงตรงภายนอก

ความเที่ยงตรงภายนอก เป็นความเที่ยงตรงของแบบการวิจัยหรือแบบแผนการทดลองที่ได้ผลสรุปจากการวิจัยที่มีความน่าเชื่อถือได้ โดยสามารถอ้างอิงไปสู่ประชากรที่มีขนาดใหญ่กว่าได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้มีปัจจัยที่ส่งผลต่อความเที่ยงตรงภายนอกดังนี้

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นตำรวจจราจรที่ปฏิบัติหน้าที่บริเวณสี่แยกถนนทุ่งคา - ดำรง (โรงเรียนสตรีภูเก็ต) ไม่ใช่บุคคลทั่วไปถึงแม้ว่าทางผู้วิจัยได้จัดทำระบบขึ้นมาเพื่อทดสอบจินตทัศน์ของระบบส่งผลให้เกิดเป็นข้อจำกัดของระบบที่ว่า ระบบ iTraffic เหมาะสำหรับคนที่เป็นตำรวจจราจร รวมไปถึงงานวิจัยในอนาคตระบบ iTraffic สร้างขึ้นเพื่อเป็นเครื่องมือในการช่วยเหลือตำรวจจราจร ซึ่งทางผู้วิจัยมองว่าเป็นข้อดีในการที่นำระบบ iTraffic ทดสอบกับตำรวจจราจรเนื่องจากจะทำให้ทราบผลตอบรับ (Feedback) ว่าถ้าหากนำระบบ iTraffic มาใช้จริงในชีวิตประจำวันตำรวจจราจรมีความคิดเห็นว่าอย่างไร ซึ่งในงานวิจัยเป็นการศึกษาตัวต้นแบบในการสร้างจินตทัศน์สำหรับระบบ iTraffic เท่านั้น

6.4 ข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแนวคิดในการระบุปริมาณยานพาหนะมาประยุกต์ใช้กับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยตำรวจจราจรเท่านั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปผู้วิจัยแนะนำว่า ควรนำแนวคิดดังกล่าวนำไปประยุกต์ใช้กับการควบคุมสัญญาณไฟจราจรแบบอัตโนมัติ พร้อมทั้งดึงข้อมูล GPS มาใช้จริง โดยสามารถนำส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (User interface, UI) ที่เหมาะสมสำหรับระบบ iTraffic ที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าและประเมินไว้แล้ว ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ส่วน ได้แก่ แผนที่ขนาดเล็ก (Mini map) แถบแสดงปริมาณยานพาหนะโดยรวม ปุ่มควบคุมสัญญาณไฟจราจร และเวลา ซึ่งอาจจะทำให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้นในการนำไปพัฒนาเป็นระบบต่อไป

สำหรับงานวิจัยในอนาคตสำหรับระบบ iTraffic สามารถแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ แบบอัตโนมัติและแบบไม่อัตโนมัติ ซึ่งในแบบอัตโนมัตินั้นระบบจะทำการประมวลผลเพื่อหาวิธีการ และเวลาในการปล่อยยานพาหนะแต่ละเส้นทางที่ดีที่สุดแบบอัตโนมัติจากสี่แยกโดยไม่แสดงข้อมูลจินตทัศน์ใด ๆ ทั้งสิ้นมีเพียงระบบเท่านั้นที่จะทำการณ์คำนวณเส้นทาง และแบบไม่อัตโนมัติระบบจะทำการคำนวณหาปริมาณจราจรในแต่ละเส้นทางบนสี่แยกร่วมกับข้อมูลการนับจำนวนของยานพาหนะจากระบบอื่น ๆ เช่น เซ็นเซอร์และ GPS เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการประเมินสถานการณ์ จากนั้นระบบจะประมวลผลและแสดงผลในรูปแบบที่จะทำให้ผู้ควบคุมจราจรทราบถึงปริมาณจราจร (Mini map) พร้อมทั้งมีการนำเสนอข้อมูลที่มีนัยสำคัญด้านอื่น ๆ อาทิ แถบแสดงปริมาณยานพาหนะโดยรวมเพื่อเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณจราจรแบบไม่อัตโนมัติ

เอกสารอ้างอิง

กรมทางหลวง. (2554). *คู่มือและมาตรฐานสัญญาณไฟจราจร,* กรมทางหลวง (กระทรวงคมนาคม), กรุงเทพฯ

ชัชชัย วงศ์สุภาพ. (2548). “การจัดการจราจรในพื้นที่: กรณีศึกษาเทศบาลนครภูเก็ต.”, บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ดานันท์ มลิทอง. (2550). “ความเป็นจริงเสมือน (Virtual reality) เทคโนโลยีแห่งอนาคต ตอนที่1.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ http://blog.eduzones.com/darkfairytale/35 (วันที่ 20 มกราคม 2559).

เดชา เตชะวัฒนไพศาล, กฤษยา นุ่มพยา, จีราภา นวลลักษณ์ และชนพัฒน์ ปลื้มบุญ. (2557). “การศึกษาเจนเนอเรชั่นเอ็กซ์และเจนเนอเรชั่นวายในมุมมองต่อคุณลักษณะของตนเองและความคาดหวังต่อความคาดหวังต่อคุณลักษณะของเจนเนอเรชั่นอื่น.” *จุฬาลงกรณ์ธุรกิจปริทัศน์ ปีที่ 38,* (141), 1 - 17.

ธวัชชัย ปัญญาคิด. (2558). “การศึกษาการจัดการจราจรระหว่างการก่อสร้าง โดยใช้แบบจำลองระดับจุลภาค: กรณีศึกษาโครงการระบบรถไฟชานเมือง (สายสีแดง).”, *เอกสารการประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธา ครั้งที่ 20*, โรงแรมเดอะ ซายน์ โฮเทล จังหวัดชลบุรี: 8 - 10 กรกฎาคม 2558.

นิวัฒน์ สุรโชติเกรียงไกร และอำพล การุณสุนทวงษ์. (2558). “การออกแบบสัญญาณไฟจราจรแบบมิเตอร์ริงที่วงเวียน: กรณีศึกษาวงเวียนอนุสาวรีย์ประชาธิปไตย.” *วารสารปัญญาภิวัฒน์ ปีที่ 7*, (1), 194 - 206.

พลเทพ เลิศวรวนิช. (2553). *วพ.283 การออกแบบสัญญาณไฟจราจรบนทางหลวง*, สำนักวิจัยและพัฒนางานทาง.

รศ.ดร.พูลพงษ์ บุญพราหมณ์ (สำนักวิชาสารสนเทศศาสตร์). (2552). “New Media Production: Virtual Reality and Augmented Reality.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ mit.wu.ac.th/mit/images/editor/files /week4%20VR%20%26%20AR.pdf (วันที่ 4 พฤษภาคม 2559).

รศ.ดร.เกษม ชูจารุกุล. (2551). “ระดับการให้บริการ (Level of Service).” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~ckasem2/los.html (วันที่ 4 พฤษภาคม 2559).

วศินี วสุนธราสุข และสาธิตา มาลัยธรรม. (2549). *จำลองสภาพการจราจรบริเวณทางเข้าออกของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายหลังการเปิดใช้อุโมงค์ลอดใต้ทางแยกเกษตรโดยใช้โปรแกรม PARAMICS*, โครงงานวิศวกรรมโยธามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เหมือนมาศ วิเชียรสินธุ์, อภิชา คุณาศิรินทร์, และกษิดิ์เดช หมื่นหน้า. (2558). “แบบจำลองการจราจรในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.” *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธา ครั้งที่ 20*, โรงแรมเดอะ ซายน์ โฮเทล จังหวัดชลบุรี: 8 - 10 กรกฎาคม 2558.

ธัญพงษ์ ศรีโยธี, ศรายุทธ พละสูญ, และหทัยชนก สุดาจันทร์. (2554). *การจัดการระบบจราจรบริเวณแยกโรงเรียนกวดวิชาและภาษาคเณศวร โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองระดับจุลภาค*, โครงงานนักศึกษาวิศวกรรมศาสตร์, ขอนแก่น.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2545). “คำศัพท์บัญญัติของราชบัณฑิตยสถาน.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ http://rirs3.royin.go.th/coinages/webcoinage.php (วันที่ 25 กรกฎาคม 2559).

สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. (2558). “จำนวนประชากรของจังหวัดภูเก็ต.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ http://www.nhso.go.th/FrontEnd/index.aspx (วันที่ 25 ตุลาคม 2558).

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและจราจร (สังกัดกระทรวงคมนาคม). (2545). “รอบเวลาสัญญาณไฟและมาตรฐานปริมาณจราจรอิ่มตัวตามความกว้างของถนน.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ http://www.otp.go.th/ (วันที่ 20 มกราคม 2559).

สำนักงานสถิติจังหวัดภูเก็ต. (2557). “รายงานการวิเคราะห์สถานการณ์ จังหวัดภูเก็ต.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ http://phuket.nso.go.th/ (วันที่ 22 ตุลาคม 2558).

สำนักงานจังหวัดภูเก็ต. (2550). “แผนแม่บทและยุทธศาสตร์การพัฒนาด้านการจราจร และขนส่งจังหวัดภูเก็ต.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ http://www.phuket.go.th/webpk/file_data/plan/002.doc (วันที่ 25 ตุลาคม 2558).

วิรุฬ ตั้งเจริญ. (2542). *การออกแบบ*, โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์ข้อมูลอุบัติเหตุ เพื่อเสริมสร้างวัฒนธรรมความปลอดภัยทางถนน. (2558). “ข้อมูลอุบัติเหตุ.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ http://www.thairsc.com/ (วันที่ 23 ตุลาคม 2558).

อารี สุทธิพันธุ์. (2541). *การออกแบบ,* ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

อธิวรรธน์ โชติสังกาศ. (2555). “เทคโนโลยีการตรวจวัดและจัดการจราจร บนทางหลวง.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ pe.eng.ku.ac.th/files/semimar/2009/Technology_Group_.pdf (วันที่ 15 ตุลาคม 2558).

องค์การบริหารส่วนจังหวัดภูเก็ต. (2558). “นโยบายด้านโครงสร้างพื้นฐาน จังหวัดภูเก็ต.” (ออนไลน์) เข้าถึงได้ที่ http://www.phuketcity.org/policy.php (วันที่ 22 ตุลาคม 2558).

เอื้อมพร หลินเจริญ. (2555). “เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ.” วารสารการวัดผลการศึกษา ปีที่ 17, (1), 17 - 29.

Ahmed, S. A., Hussain, T. M., and Saadawi, T. N. (1994). “Active and Passive Infrared Sensors for Vehicular Traffic Control.” *Proceedings of the 44th Vehicular Technology Conference (VTC)*, Stockholm: 8 - 10 June, 1994.

Badler, N., Weinhoffer, J., and Yang, F. F. (2011). “Vehicle traffic simulation.” (Online) Available on http://www.seas.upenn.edu/~cse400/CSE400_2010_2011/CIS401 final_rep/4.pdf. (14 March 2016).

Bostock, M., Ogievetsky, V., and Heer, J. (2011). “D^3 Data - Driven Documents.” *IEEE transactions on Visualization and Computer Graphics*, 17(12), 2301 - 2309.

Card, S. K., Mackinlay, J. D., and Shneiderman, B. (1999). *Readings in information visualization: using vision to think*, Morgan Kaufmann, London.

Chen; C. K., Ho, C., Correa, C., Ma, K. L., and Elgamal, A. (2011). “Visualizing 3D Earthquake Simulation Data.” *Computing in Science and Engineering,* 13 (6), 52 - 63.

Chouhan, P., Kaushal, G., and Prajapati, U. (2016). “Comparative Study MANET and VANET.” *International Journal of Engineering and Computer Science*, 5 (4), 16079 - 16083.

Cuttone, A., Petersen, M. K., and Larsen, J. E. (2014). “Four Data Visualization Heuristics to Facilitate Reflection in Personal Informatics.” *Proceedings of International Conference on Universal Access in Human - Computer Interaction*, Creta Maris, Heraklion, Crete, Greece: 22 - 27 June, 2014.

Diehl, S. (2007). *Software Visualization: Visualizing the Structure, Behaviour, And Evolution of Software*, Springer - Verlag Berlin Heidelberg, Berlin.

Dongxu, j.and JooSeok, S. (2014).“A Traffic Flow Theory Aided Physical Measurement-Based Sybil Nodes Detection Mechanism in Vehicular Ad-hoc Networks.” *Proceedings of the 13th International Conference on Computer and Information Science (ICIS)*, Lihua Grand Hotel, Taiyuan, China: 4 - 6 June, 2014.

Lengler, R. and Eppler, M. J. (2007). "Towards a Periodic Table of Visualization Methods." *Proceedings of the IASTED International Conference on Graphics and Visualization in Engineering*, Clearwater, Florida, USA: 3 - 5 January, 2007.

Gaither, K., Ebert, D., Weiskopf, D., and Hanrahan, P. (2005). "The Visualization Process: The Path From Data to Insight." *Proceedings of the Visualization Conference*, Minneapolis, United States: 23 - 28 October, 2005.

Hearst, M. A., Laskowski, P., and Silva, L. (2016). "Evaluating Information Visualization Via the Interplay of Heuristic Evaluation and Question - Based Scoring." *Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, San Jose, California, United States: 7 - 12 May, 2016.

Huth, V., Sanchez, Y., and Brusque, C. (2015). "Drivers' Phone Use at Red Traffic Lights: A Roadside Observation Study Comparing Calls and Visual Manual Interactions." *Accident Analysis and Prevention*, 74, 42 - 48.

Jin, D. and J. Song. (2014). "A Traffic Flow Theory Aided Physical Measurement-Based Sybil Nodes Detection Mechanism in Vehicular Ad-Hoc Networks" *Proceedings of the 13th International Conference on Computer and Information Science (ICIS)*, Lihua Grand Hotel Taiyuan, China: 4 - 6 Jun, 2014.

Keim, D.A.(2002). "Information Visualization and Visual Data Mining." *IEEE transactions on Visualization and Computer Graphics,* 8 (1), 1 - 8.

Kelton, W. D. (2002). *Simulation with ARENA*, McGraw - Hill, New york.

Khan, M. and Khan, S.S. (2011). "Data and Information Visualization Methods, And Interactive Mechanisms:A Survey." *International Journal of Computer Applications,* 34 (1), 1 - 14.

Kim, S. B., Bazin, J. C., Lee, H. K., Choi, K. H., and Park, S. Y. (2011). "Ground Vehicle Navigation in Harsh Urban Conditions by Integrating Inertial Navigation System, Global Positioning System, Odometer and Vision Data." *IET Radar, Sonar and Navigation,* 5 (8)*,* 814 - 823.

Kurzhanskiy, A.A. and Varaiya, P.(2010). "Active Traffic Management on Road Networks: A Macroscopic Approach." *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences,* 368 (1928)*,* 4607 - 4626.

Lavery, D., Cockton, G., and Atkinson, M. (1996). “Heuristic Evaluation for Software Visualisation.” (Online) Available on https://pdfs.semanticscholar.org/0ae3/ac8b1d7222ddd2a7fbbfcf9e62f0b76efb8e.pdf (19 November 2016).

Leavitt, M. O. and Shneiderman, B. (2006). *Research-Based Web Design and Usability Guidelines*, US Department of Health and Human Services, Washington, DC.

Lengler, R. and Eppler, M. J. (2007). “Towards a periodic table of visualization methods for management.” *Proceedings of the Conference on Graphics and Visualization in Engineering (GVE 2007)*, Clearwater, Florida, USA: 3 - 5 January, 2007.

Liu, S., Cui, W., Wu, Y., and Liu, M. (2014). “A survey on information visualization: recent advances and challenges” *The Visual Computer*, 30(12), 1373 - 1393.

MacCarley, C. A., Hockaday, S. L., Need, D., and Taff, S. S. (1992). “Evaluation of Video Image Processing Systems for Traffic Detection (Abridgment).” *Transportation Research Record*, (1360), 46 - 49.

Maerivoet, S. and De Moor, B. (2005). “Traffic Flow Theory.” (Online) Available on https://arxiv.org/pdf/physics/0507126.pdf (3 October 2015).

Maria, A. (1997). “Introduction to Modeling and Simulation.” *Proceedings of the 29th conference on Winter simulation*, Atlanta, GA, USA: 07 - 10 December, 1997.

Martinez, F. J., Toh, C. K., Cano, J. C., Calafate, C. T., and Manzoni, P. (2011). “A Survey and Comparative Study of Simulators for Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs).” *Wireless Communications and Mobile Computing*, 11(7), 813 - 828.

Moriarty, S., Mitchell, N. D., Wells, W. D., Crawford, R., Brennan, L., and Spence-Stone, R. (2014). *Advertising: Principles and Practice*, Pearson, Australia.

Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California.

Nielson, J. (2003). “Introduction to Usability.” (Online) Available on http://www.useit.com/alertbox/20030825.html (8 August 2016).

Onyesolu, M. O., and F. U. Eze. (2011). *Understanding Virtual Reality Technology: Advances and Applications*, INTECH Open Access Publisher, Croatia.

wikipedia.org. (2015). “Principles of User Interface Design.” Available on https://en.wikipedia.org/wiki/Principles _of_user_interface_design (5 February 2016).

Roberts, J. C., Ritsos, P. D., Badam, S. K., Brodbeck, D., Kennedy, J., and Elmqvist, N. (2014). “Visualization Beyond the Desktop--the Next Big Thing.” *IEEE Computer Graphics and Applications*, 34 (6), 26 - 34.

Rose, F. D. (1996). “Virtual Reality in Rehabilitation Following Traumatic Brain Injury.” *Proceedings of the European Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technology*.

Saggio, G. and Ferrari, M. (2012). *New Trendsu in Virtual Reality Visualization of 3D Scenarios*, INTECH Open Access Publisher, Croatia.

Samir, A. A., Hussain, T., and Saadawi, T. N. (1994). "Active and Passive Infrared Sensors for Vehicular Traffic Control." *Proceedings of the 44th Vehicular Technology Conference (VTC)*, Stockholm: 8 - 10 June, 1994.

Santos, B. S., Ferreira, B. Q., and Dias, P. (2016). “Using Heuristic Evaluation to Foster Visualization Analysis and Design Skills.” *IEEE Computer Graphics and Applications*, 36 (1), 86 - 90.

Santos, L., Coutinho-Rodrigues, J., and Antunes, C. H. (2011). “A web spatial decision support system for vehicle routing using Google Maps.” *Decision Support Systems*, 51 (1), 1 - 9.

Shneiderman, B. (1997). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, Addison - Wesley Longman, Germany.

Sivak, M. (2014). “Mortality from road crashes in 193 countries: A comparison with other leading causes of death.” (Online) Available on http://www.nrsc.org.na/files/downloads/287_Media%20Release%20%20Namibia%20Fatality%20Rate%20Per%20Capita%20(07%20March%202014).pdf (30 July 2016).

Suzuki, K. and Nakamura, H. (2006). “Trafficanalyzer - the Integrated Video Image Processing System for Traffic Flow Analysis.” *Proceedings of the 13th its world congress*, London, 8 - 12 October, 2006.

Tarrell, A., Fruhling, A., Borgo, R., Forsell, C., Grinstein, G., and Scholtz, J. (2014). “Toward Visualization - Specific Heuristic Evaluation.” *Proceedings of the 5th Workshop on Beyond Time and Errors:Novel Evaluation Methods for Visualization,* Paris, France: 10 November, 2014.

Technology, R. T. (2015). “M42 Active Traffic Management Scheme, Birmingham, United Kingdom (SPG Media Limited).” (Online) Available on http://www.roadtraffic-technology.com/projects/m42/ (27 October 2015).

Torrents, J. and F. Ferraro (2015). “Structural Cohesion: Visualization and Heuristics for Fast Computation.” *Proceedings of the Python in Science Conferences*, Austin, Texas: 6 - 12 July, 2015.

Code My Views. (2015). “The Difference Between UI and UX.” (Online) Available on https://codemyviews.com/blog/the-difference-between-ui-and-ux (25 December 2015).

Usability Geek. (2015). “Usability Testing.” (Online) Available on http://usabilitygeek.com/ (6 February 2016).

Usability.gov. (2015). “User Interface Design Basics.” (Online) Available on http://www. usability.gov/what-and-whyuser-interface-design.html (29 January 2016).

W. David Kelton, Randall P. Sadowski, and Nancy B. Swets. (2010). *Simulation with Arena*, Raghothaman Srinivasan, United States.

Waisel, L. B., Wallace, W. A., and Willemain, T. R. (1999). “Visualizing Modeling Heuristics: An Exploratory Study.” *Proceedings of the 20th international conference on Information Systems,* Charlotte, North Carolina, USA: 12 - 15 December, 1999.

Ware, C. (2004). *Foundation for a Science of Data Visualization,* Morgan Kaufmann*,* San Francisco, USA.

Ware, C. (2012). *Information Visualization: Perception for Design*, Morgan Kaufmann, San Francisco, USA.

Xuan, Y., Meng, H., Wang, X. and Zhang, H. (2005). “A High-Range-Resolution Microwave Radar System for Traffic Flow Rate Measurement.” *Proceedings of Intelligent Transportation Systems,* Congress Center MesseWienNeu, Vienna, Austria: 13 - 16 September, 2005.

Yeh, R. (2006). “Visualization Techniques for Data Mining in Business Context: A Comparative Analysis.” *Proceedings of Decision Science Institute*, Hawaii: 11 - 15 April, 2006.

Zuk, T., Schlesier, L., Neumann, P., Hancock, M. S., and Carpendale, S. (2006). "Heuristics for Information Visualization Evaluation." *Proceedings of The 2006 AVI Workshop on Beyond Time and Errors: Novel Evaluation Methods for Information Visualization*, Venice, Italy: 23 - 23 May, 2006.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
แบบประเมินผลการออกแบบสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

<u>แบบประเมินผล</u>

แบบประเมินผลชุดนี้ จัดทำขึ้นเพื่อประเมินผลความพึงพอใจการใช้งานระบบ iTraffic เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ของนางสาวชุติมณฑน์ รักนะ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินหาระดับความพึงพอใจของระบบ iTraffic โดยแบบประเมินผลนี้ประกอบด้วย 6 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 แบบสังเกตการณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (สำหรับผู้วิจัย)

ส่วนที่ 3 คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ (สำหรับผู้วิจัย)

ส่วนที่ 4 เอกสารการประเมินผลระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ

ส่วนที่ 5 ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อระบบ

ส่วนที่ 6 เอกสารการประเมินผลสำหรับผู้ประเมินหน้าจอแสดงผลหลังการใช้งาน

โปรดพิจารณาและตอบคำถามให้ครบทุกข้อตามความเป็นจริง เพราะคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบ นำข้อมูลไปวิเคราะห์และประเมินความพึงพอใจของระบบต่อไป

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพศ

❍ หญิง ❍ ชาย

อายุ

❍ ต่ำกว่า 20 ปี ❍ 20 – 27 ปี ❍ 28 – 35 ปี

❍ 36 – 43 ปี ❍ 44 – 51 ปี ❍ มากกว่า 51 ปี

การศึกษา

❍ มัธยมศึกษาตอนปลาย/เทียบเท่า ❍ ปริญญาตรี ❍ สูงกว่าปริญญาตรี

สถานะ

❍ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ
ประสบการณ์ในการทำงานด้านการออกแบบ: ..... (ปี)

❍ ตำรวจจราจร
ประสบการณ์ในการทำงานเป็นตำรวจจราจร: ..... (ปี)

ส่วนที่ 2 (สำหรับผู้วิจัย)

แบบสังเกตการณ์แบบไม่มีโครงสร้างสำหรับผู้เข้าร่วมการทดลองใช้ระบบ iTraffic

1. การเปิดระบบ iTraffic เพื่อเข้าทดสอบ
2. การอ่านคำแนะนำก่อนเริ่มเล่น
3. การควบคุมสัญญาณไฟจราจร
4. การใช้ Mini map
5. การเพิ่มความเร็วของยานพาหนะและเวลา
6. การสังเกตจำนวนยานพาหนะทั้งหมดในระบบ
7. การเปลี่ยนมุมมอง
8. จังหวะในการกดเปลี่ยนเฟสของสัญญาณไฟจราจร
9. คะแนนหลังจากจบการทดสอบ
10. ผลจากกราฟรายงานการแสดงผล

ข้อสังเกตการณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คะแนน:

ครั้งที่										
เกรด										
คะแนน										

ส่วนที่ 3 (สำหรับผู้วิจัย)

คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

1. ในครั้งแรกที่เห็นระบบ iTraffic คิดว่าเป็นระบบอะไร

   .....

2. คิดว่า iTraffic เป็นระบบที่เข้าใจยากหรือไม่ เพราะเหตุผลใด

   .....

3. Mini map มีผลในการตัดสินใจในการควบคุมจราจรในระบบหรือไม่ เพราะเหตุผลใด

   .....

4. ถ้าหากนำ Mini map มาใช้ในชีวิตประจำวันคิดว่าจะมีประโยชน์ในการควบคุมจราจรหรือไม่

   .....

5. คิดว่าการนำเสนอข้อมูล GPS ผ่านรูปแบบ Mini map เข้าใจง่ายขึ้นหรือไม่ หากตอบว่าไม่คิดว่าควรจะแสดงออกมาในรูปแบบใด

   .....

6. ท่านคิดว่าการเปลี่ยนมุมมองต่างๆ ภายในระบบมีผลต่อการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรหรือไม่ อย่างไร

   .....

7. หน้าจอแสดงผลสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองหรือไม่

   .....

8. ถ้าหากอยากให้ปรับเปลี่ยน อยากให้ปรับเปลี่ยนอะไร และมีคำแนะนำต่อระบบ iTraffic อย่างไรบ้าง

   .....

9. คิดว่าแบบมี Mini map หรือ ไม่มี Mini map อย่างไหนใช้ง่ายกว่ากัน

   .....

10. ท่านมีความคิดเห็นว่าอย่างไรถ้าหากนำ iTraffic มาใช้ในชีวิตจริง

    .....

ส่วนที่ 4

เอกสารการประเมินผลระบบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ

ข้อติชม:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

คำแนะนำ:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ลงชื่อผู้ประเมิน.....

(.....)

ตำแหน่งงาน.....

บริษัท.....

วันที่.....

ส่วนที่ 5

ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อระบบ

(โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน)

ระดับความพึงพอใจ

1 = พึงพอใจน้อยที่สุด 2 = พึงพอใจน้อย 3 = พึงพอใจ 4 = พึงพอใจมาก 5 = พึงพอใจมากที่สุด

ข้อ	รายการการประเมิน	ความพึงพอใจ				
		1	2	3	4	5
1	สามารถมองเห็นสถานะของระบบได้ (Visibility of system status)					
2	รูปแบบสัญลักษณ์ที่ใช้ในระบบมีความสัมพันธ์กับสัญลักษณ์ในโลกความเป็นจริง (Match between system and the real world)					
3	ความอิสระ และการควบคุมการใช้งาน (User control and freedom)					
4	ความเป็นมาตรฐานเดียวกันในการออกแบบหน้าจอ (Consistency and standards)					
5	วิธีการป้องกันข้อผิดพลาดของระบบเมื่อผู้ใช้ปฏิบัติงานผิด (Error prevention)					
6	ระบบสามารถจดจำได้ง่าย (Recognition rather than recall)					
7	ระบบมีการแนะนำเมื่อเกิดข้อผิดพลาด และสามารถชี้แนะการแก้ไขให้กับผู้ใช้ได้สามารถคาดเดาความผิดพลาดได้ (Flexibility and efficiency of use)					
8	การออกแบบระบบมีความสวยงาม และเรียบง่าย (Aesthetic and minimalist design)					
9	ระบบมีความยืดหยุ่นในการยกเลิกคำสั่งที่ผู้ใช้ได้กระทำลงไปแล้วได้ (Help users recognize, diagnose, and recover from errors)					
10	ความช่วยเหลือ และคำแนะนำในการใช้งาน (Help and Instructions for Use)					

ส่วนที่ 5

เอกสารการประเมินผลสำหรับผู้ประเมินหน้าจอแสดงผลหลังการใช้งาน

ลำดับ	รายการปัญหา	ระดับความรุนแรง*					ข้อเสนอแนะ	หมายเหตุ
		0	1	2	3	4		

*การระบุระดับความรุนแรงของข้อผิดพลาดที่พบ ให้ระบุเป็นตัวเลขระหว่าง 0 - 4 ซึ่งมีความหมายดังนี้

0: ไม่ถือว่าเป็นปัญหาด้านการใช้งาน 1: เป็นปัญหาเล็กน้อย 2: เป็นปัญหาที่ปานกลาง

3: เป็นปัญหามาก 4: เป็นปัญหามากที่สุด

ภาคผนวก ข
แบบประเมินผลสำหรับตำรวจจราจร

<u>แบบประเมินผล</u>

แบบประเมินผลชุดนี้ จัดทำขึ้นเพื่อประเมินผลความพึงพอใจการใช้งานระบบ iTraffic เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ของนางสาวชุติมณฑน์ รักนะ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินหาระดับความพึงพอใจของระบบ iTraffic โดยแบบประเมินผลนี้ประกอบด้วย 5 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 แบบสังเกตการณ์แบบไม่มีโครงสร้าง (สำหรับผู้วิจัย)

ส่วนที่ 3 คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์ (สำหรับผู้วิจัย)

ส่วนที่ 4 ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อระบบ

ส่วนที่ 5 เอกสารการประเมินผลสำหรับผู้ประเมินหน้าจอแสดงผลหลังการใช้งาน

โปรดพิจารณาและตอบคำถามให้ครบทุกข้อตามความเป็นจริง เพราะคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาระบบ นำข้อมูลไปวิเคราะห์และประเมินความพึงพอใจของระบบต่อไป

<u>ส่วนที่ 1</u> ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

เพศ

❍ หญิง ❍ ชาย

อายุ

❍ ต่ำกว่า 20 ปี ❍ 20 – 27 ปี ❍ 28 – 35 ปี

❍ 36 – 43 ปี ❍ 44 – 51 ปี ❍ มากกว่า 51 ปี

การศึกษา

❍ ต่ำกว่ามัธยมปลาย ❍ มัธยมปลาย/เทียบเท่า ❍ ปริญญาตรี ❍ สูงกว่าปริญญาตรี

สถานะ

❍ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ
ประสบการณ์ในการทำงานด้านการออกแบบ: ..... (ปี)

❍ ตำรวจจราจร
ประสบการณ์ในการทำงานเป็นตำรวจจราจร: ..... (ปี)

ส่วนที่ 2 (สำหรับผู้วิจัย)

แบบสังเกตการณ์แบบไม่มีโครงสร้างสำหรับผู้เข้าร่วมการทดลองใช้ระบบ iTraffic

11. การเปิดระบบ iTraffic เพื่อเข้าทดสอบ
12. การอ่านคำแนะนำก่อนเริ่มเล่น
13. การควบคุมสัญญาณไฟจราจร
14. การใช้ Mini map
15. การเพิ่มความเร็วของยานพาหนะและเวลา
16. การสังเกตจำนวนยานพาหนะทั้งหมดในระบบ
17. การเปลี่ยนมุมมอง
18. จังหวะในการกดเปลี่ยนเฟสของสัญญาณไฟจราจร
19. คะแนนหลังจากจบการทดสอบ
20. ผลจากกราฟรายงานการแสดงผล

ข้อสังเกตการณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คะแนน:

ครั้งที่										
เกรด										
คะแนน										

ส่วนที่ 3 (สำหรับผู้วิจัย)

คำถามที่ใช้ในการสัมภาษณ์

11. ในครั้งแรกที่เห็นระบบ iTraffic คิดว่าเป็นระบบอะไร

    .....

12. คิดว่า iTraffic เป็นระบบที่เข้าใจยากหรือไม่ เพราะเหตุผลใด

    .....

13. Mini map มีผลในการตัดสินใจในการควบคุมจราจรในระบบหรือไม่ เพราะเหตุผลใด

    .....

14. ถ้าหากนำ Mini map มาใช้ในชีวิตประจำวันคิดว่าจะมีประโยชน์ในการควบคุมจราจรหรือไม่

    .....

15. คิดว่าการนำเสนอข้อมูล GPS ผ่านรูปแบบ Mini map เข้าใจง่ายขึ้นหรือไม่ หากตอบว่าไม่คิดว่าควรจะแสดงออกมาในรูปแบบใด

    .....

16. ท่านคิดว่าการเปลี่ยนมุมมองต่างๆ ภายในระบบมีผลต่อการตัดสินใจในการควบคุมสัญญาณไฟจราจรหรือไม่ อย่างไร

    .....

17. หน้าจอแสดงผลสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตัวเองหรือไม่

    .....

18. ถ้าหากอยากให้ปรับเปลี่ยน อยากให้ปรับเปลี่ยนอะไร และมีคำแนะนำต่อระบบ iTraffic อย่างไรบ้าง

    .....

19. คิดว่าแบบมี Mini map หรือ ไม่มี Mini map อย่างไหนใช้ง่ายกว่ากัน

    .....

20. ท่านมีความคิดเห็นว่าอย่างไรถ้าหากนำ iTraffic มาใช้ในชีวิตจริง

    .....

<u>ส่วนที่ 4</u>

<u>ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจที่มีต่อระบบ</u>

(โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน)

1. ความเหมาะสมในการเลือกใช้รูปแบบตัวอักษรบนหน้าจอแสดงผล (Characters on the computer screen)

ยากต่อการอ่าน ❍❍❍❍❍❍❍❍❍❍ ง่ายต่อการอ่าน
(Hard to read) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (Easy to read)

2. โครงสร้างของการนำเสนอบนหน้าจอแสดงผล (Organization of information on screen)

สับสน ❍❍❍❍❍❍❍❍❍❍ ชัดเจน
(Confusing) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (Very clear)

3. ลำดับในการแสดงผลบนหน้าจอ (Sequence of screens)

สับสน ❍❍❍❍❍❍❍❍❍❍ ชัดเจน
(Confusing) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (Very clear)

4. คำ คำสั่ง และประโยคที่ใช้ทั้งหมดในระบบเป็นรูปแบบเดียวกัน (Use of terms throughout system)

ไม่สม่ำเสมอ ❍❍❍❍❍❍❍❍❍❍ สม่ำเสมอ
(Inconsistent) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (Consistent)

5. การเรียนรู้การใช้งานระบบ (Learning to operate the system)

ยาก ❍❍❍❍❍❍❍❍❍❍ ง่าย
(Difficult) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (Easy)

6. มีระบบนำทางเพื่อให้สามารถใช้งานระบบได้อย่างถูกต้อง (Tasks can be performed in a straight-forward manner)

ไม่มีระบบนำทาง ❍❍❍❍❍❍❍❍❍❍ มีระบบนำทาง
(Never) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (Always)

7. ข้อความช่วยเหลือบนหน้าจอแสดงผล (Help messages on the screen)

ไม่ช่วยเหลือ ❍❍❍❍❍❍❍❍❍❍ ช่วยเหลือได้
(Unhelpful) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (Helpful)

8.. ความเร็วในการใช้งาน (System speed)

ช้ามาก ❍❍❍❍❍❍❍❍❍❍ เร็ว
(Too slow) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (Fast enough)

9. การใช้สีของหน้าจอแสดงผล (Use of colors)

ไม่ดี ❍❍❍❍❍❍❍❍❍❍ ดี
(Poor) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (Good)

10. ความพึงพอใจโดยรวมต่อระบบ (System feedback)

ไม่ดี ❍❍❍❍❍❍❍❍❍❍ ดี
(Poor) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 (Good)

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ส่วนที่ 5

เอกสารการประเมินผลสำหรับผู้ประเมินหน้าจอแสดงผลหลังการใช้งาน

ลำดับ	รายการปัญหา	ระดับความรุนแรง*					ข้อเสนอแนะ	หมายเหตุ
		0	1	2	3	4		

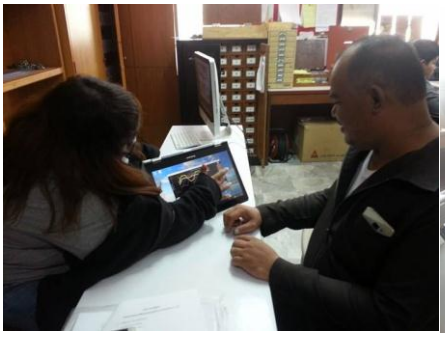
*การระบุระดับความรุนแรงของข้อผิดพลาดที่พบ ให้ระบุเป็นตัวเลขระหว่าง 0 - 4 ซึ่งมีความหมายดังนี้

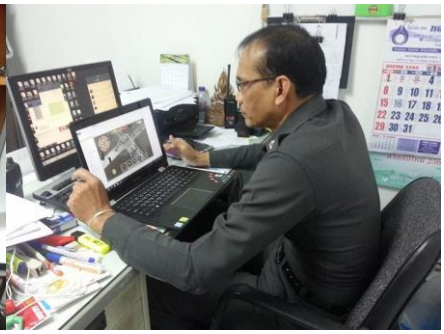
0: ไม่ถือว่าเป็นปัญหาด้านการใช้งาน 1: เป็นปัญหาเล็กน้อย 2: เป็นปัญหาที่ปานกลาง

3: เป็นปัญหามาก 4: เป็นปัญหามากที่สุด

ภาคผนวก ค

ภาพถ่ายระหว่างตำรวจจราจรทดสอบใช้งานระบบ iTraffic





ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล นางสาวชุติมณฑน์ รักนะ
รหัสประจำตัวนักศึกษา 5830223007

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีที่สำเร็จการศึกษา
วิทยาศาสตรบัณฑิต (สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ)	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต	2558

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

ชุติมณฑน์ รักนะ และวรวิกา วัฒนสุนทร. (2559). “แบบจำลองเพื่อการควบคุมสัญญาณไฟจราจรด้วยข้อมูล GPS.” *งานประชุมทางวิชาการระดับชาติด้านคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ครั้งที่ 12*, โรงแรมอวานี, จังหวัดขอนแก่น: 7 - 8 กรกฎาคม 2559.