การพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

นายปิติภูมิ โพสาวัง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2551

THE DEVELOPMENT OF THE ROAD TRAFFIC CONGESTION LEVEL REPORT SYSTEM USING NEURAL NETWORK

Pitiphum Posawang

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Information Science in Information Technology

Suranaree University of Technology

Academic Year 2008

การพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก
โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อาจารย์ ดร.ธรา อั่งสกุล)
ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพงษ์ พลนิกรกิจ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรยุทธ ลิมานนท์)
กรรมการ

(อาจารย์ ดร.จิติมนต์ อั่งสกุล)
กรรมการ

(ดร.วสันต์ ภัทรอธิคม)
กรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ สัตยธรรม)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(อาจารย์ ดร.พีรศักดิ์ สิริโยธิน)
คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

ปีติภูมิ โพสาวัง : การพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (THE DEVELOPMENT OF THE ROAD TRAFFIC CONGESTION LEVEL REPORT SYSTEM USING NEURAL NETWORK)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพงษ์ พลนิกรกิจ, 108 หน้า.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกและศึกษาความสามารถในการใช้งานได้ของระบบดังกล่าว รวมทั้งค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลจราจรจากระบบกล้องอัจฉริยะร่วมกับระบบสำรวจความคิดเห็นผ่านเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อทำการรวบรวมข้อมูลจราจรดังกล่าว ณ ทางด่วนดินแดง ในเขตกรุงเทพมหานคร ผู้ใช้ถนนทำการประเมินสภาพจราจรโดยพิจารณาจากชุดข้อมูลจราจร และแสดงความคิดเห็นต่อสภาพจราจรเป็นระดับความติดขัดที่มีอยู่ 3 ระดับ คือ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด โครงข่ายประสาทเทียมถูกนำมาเรียนรู้และทดสอบ โดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมจากการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน

ผลจากการพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกเพื่อทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ พบว่า จุดแข็งของระบบนี้คือ ความเชื่อถือได้ในการใช้งานและประสิทธิผลในการใช้งาน ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ผลอยู่ในระดับดี ผลจากการค้นหาตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมของการประเมินระดับความติดขัด พบว่า ค่าความแม่นตรงของตัวแบบเท่ากับ 94.99% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.1583 ผลจากการเปรียบเทียบค่าความแม่นตรงระหว่างการประเมินของตัวแบบจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน และการประเมินจาก กทม. พบว่า มีความแตกต่างกัน คิดเป็น 14.47% ทั้งนี้สามารถนำตัวแบบที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับอุปกรณ์จับสัญญาณจราจรที่ติดตั้ง ณ จุดอื่น ๆ ที่เหมาะสมได้

สาขาวิชา เทคโนโลยีสารสนเทศ
ปีการศึกษา 2551

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

PITIPHUM POSAWANG : THE DEVELOPMENT OF THE ROAD TRAFFIC CONGESTION LEVEL REPORT SYSTEM USING NEURAL NETWORK. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WEERAPONG POLNIGONGIT, Ph.D. 108 PP.

TRAFFIC CONGESTION LEVEL/NEURAL NETWORK/USABILITY

The purposes of this research were to study the development of the road traffic congestion level report system, to study the usability of the developed web survey system and to find the model of the road traffic congestion level report system from user opinions using neural network. In this study, we measured a series of traffic data from intelligent traffic camera system with a web survey system to collect the traffic conditions at Dindaeng Expressway in Bangkok. User perceptions were used to rate the road traffic congestion level into one of the three levels; flow, heavy, and jam. Neural network was then trained and tested using the collected data against road user perceptions.

The results of usability testing showed that the greatest strength is its reliability and effectiveness. Other elements of the usability were in the good range. The results of congestion estimation were 94.99% accurate, and the root mean square error was 0.1583. The comparison results between the model assessments from user opinions and from Bangkok Metropolis revealed the 14.47% difference. Therefore, the model could be modified and widely used with various types of traffic sensors.

School of Information Technology

Academic Year 2008

Student's Signature Pitiphum Po.

Advisor's Signature Weerapong Pol.

Co-advisor's Signature S.P.

Co-advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคล คณะบุคคล และหน่วยงานต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย ได้แก่

- ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรพงษ์ พลนิกรกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
- อาจารย์ สถิตย์โชค โพธิ์สอาด อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และคณาจารย์ทุกท่านในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ดร.วสันต์ ภัทรอธิคม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และเจ้าหน้าที่ทุกท่านในโครงการพัฒนาระบบประเมินและรายงานสภาพจราจร หน่วยปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเครือข่าย ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ จังหวัดปทุมธานี
- ขอขอบคุณ หน่วยปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเครือข่าย ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ จังหวัดปทุมธานี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย
- ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ บัณฑิตศึกษาทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา กำลังใจ และให้ความช่วยเหลือมาโดยตลอด

ท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พี่สาว ที่ให้การเลี้ยงดูอบรมและส่งเสริมการศึกษาเป็นอย่างดีมาโดยตลอด จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตตลอดมา

ปิติภูมิ โพสาวัง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ญ
บทที่
1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.5 คำอธิบายศัพท์ 5
2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7
2.1 แนวคิดในการจัดการจราจร 7
2.2 เกณฑ์ที่ใช้วัดความติดขัดของสภาพจราจร 8
2.3 แนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชน 10
2.3.1 พื้นฐานการมีส่วนร่วมของประชาชน 10
2.3.2 แนวคิดการมีส่วนร่วมของ Cohen และ Uphoff 11
2.3.3 วิธีการเสริมสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชน 11
2.4 ความหมายและองค์ประกอบของความสามารถในการใช้งานได้ 12
2.4.1 Nielsen 12
2.4.2 Shackel 13
2.4.3 ISO 9241-11 13
2.4.4 ISO 9126-1 13

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 การทำเหมืองข้อมูล 15
2.5.1 การประยุกต์ใช้งานในการทำเหมืองข้อมูล 15
2.5.2 การจำแนกประเภทข้อมูล 16
2.6 โครงข่ายประสาทเทียม 16
2.6.1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม 17
2.6.2 อิทธิพลของค่าตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของโครงข่าย 18
2.6.3 การทดสอบการเรียนรู้ 19
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21
3 วิธีดำเนินการวิจัย 23
3.1 วิธีการวิจัย 23
3.1.1 วงจรการพัฒนาระบบ 23
3.1.2 กระบวนการค้นหาความรู้จากฐานข้อมูล 27
3.2 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง 29
3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย 30
3.3.1 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ศึกษาความสามารถในการใช้งานได้ 30
3.3.2 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการค้นหาตัวแบบ 30
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 31
3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ 31
3.4.2 เครื่องมือและเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาระบบ 32
3.4.3 เครื่องมือในการจำแนกข้อมูลสภาพจราจร 33
3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล 39
3.5.1 การเก็บข้อมูลในการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ 39
3.5.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลจราจรเพื่อประเมินระดับความติดขัด 40
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล 40
3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ 40
3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อค้นหาตัวแบบที่เหมาะสม 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูล ระหว่างตัวแบบและการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน 43
3.6.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่าง การประเมินจากผู้ใช้ถนนและการประเมินจากกรุงเทพมหานคร 43
3.6.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมิน จากตัวแบบของผู้ใช้ถนนและการประเมินจากกรุงเทพมหานคร 43
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล 44
4.1 ผลการพัฒนาระบบ 44
4.2 ผลการศึกษาความสามารถในการใช้งานได้ 46
4.2.1 ข้อมูลผู้ใช้งาน 46
4.2.2 ผลการทดสอบความความสามารถในการใช้งานได้ 49
4.2.3 ผลการสังเกตวิธีการใช้งาน 54
4.2.4 ผลการสัมภาษณ์การใช้งาน 55
4.2.5 ผลการสัมภาษณ์การใช้งานในส่วนข้อเสนอแนะเพิ่มเติม 55
4.3 ผลการค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก ที่เหมาะสม 55
4.3.1 ข้อมูลของผู้ใช้ถนน 56
4.3.2 ผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อน 58
4.3.3 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ 60
4.3.4 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัม 62
4.3.5 ผลการศึกษาข้อมูลค่าน้ำหนักของตัวแบบ 63
4.3.6 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่างตัวแบบ 10-11-3 และการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน 69
4.3.7 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากผู้ใช้ถนน และการประเมินจากกรุงเทพมหานคร 76

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.8 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนและการประเมินจากกรุงเทพมหานคร 80
4.4 การอภิปรายผล 86
5 บทสรุป 88
5.1 สรุปผลการวิจัย 88
5.2 ข้อจำกัดของการวิจัย 92
5.3 การประยุกต์ผลการวิจัย 92
5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป 94
รายการอ้างอิง 95
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก แบบสอบถามการใช้งานระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก 98
ภาคผนวก ข ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้และทดสอบ 103
ภาคผนวก ค บทความวิจัยที่ได้รับการตอบรับเพื่อตีพิมพ์ในวารสารและเพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการ 106
ประวัติผู้เขียน 108

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 องค์ประกอบของ Usability 14
3.1 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของอัลกอริทึม multiLayerPerceptron 38
3.2 ผลลัพธ์การจำแนกข้อมูลแบบ Confusion Matrix 41
4.1 ข้อมูลของผู้ใช้งานที่ทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ 47
4.2 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ด้านความสามารถในการเรียนรู้ 49
4.3 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน 50
4.4 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ด้านประสิทธิผลในการใช้งาน 51
4.5 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ด้านความเชื่อถือได้ในการใช้งาน 52
4.6 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ด้านความพึงพอใจในการใช้งาน 53
4.7 ข้อมูลของผู้ใช้ถนนที่ประเมินระดับความติดขัดผ่านเว็บไซต์ 56
4.8 แสดงผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อน 58
4.9 แสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ 60
4.10 แสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัม 62
4.11 แสดงผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อนโดยใช้แอททริบิวต์อินพุต เวลา ความเร็วเฉลี่ย และปริมาณการจราจร 65
4.12 แสดงผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อนโดยใช้แอททริบิวต์อินพุต เวลา และความเร็วเฉลี่ย 66
4.13 แสดงผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อนโดยใช้แอททริบิวต์อินพุต ความเร็วเฉลี่ย 68
4.14 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบหลังจากการปรับลดแอททริบิวต์ 69
4.15 แสดงค่าความแม่นตรงของตัวแบบ 10 - 11 - 3 69
4.16 แสดงจำนวนและร้อยละของผลการจำแนกข้อมูลแต่ละกลุ่มข้อมูล 70
4.17 แสดงจำนวนและร้อยละของผลการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากผู้ใช้ถนนและการประเมินจาก กทม 76
4.18 แสดงจำนวนและร้อยละของผลการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนและการประเมินจาก กทม 81

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

ข.1 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้และทดสอบ 104

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 แสดงโครงข่ายเซลล์ในสมองมนุษย์ 17
2.2 แสดงหน่วยพื้นฐานของเซลล์ประสาท 18
3.1 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ 23
3.2 แผนภาพกระแสข้อมูลรวมของระบบ 25
3.3 แผนภาพกระแสข้อมูลกระบวนการต่าง ๆ ของแผนภาพรวมในระดับที่ 0 25
3.4 ภาพรวมการออกแบบส่วนต่อประสานงานกับผู้ใช้ 26
3.5 ขั้นตอนการค้นหาความรู้จากฐานข้อมูล 27
3.6 แนวคิดของ Dickstein และ Mills ในการกำหนดจำนวนผู้ใช้งานที่ใช้ในการทดสอบ 29
3.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย 30
3.8 สถาปัตยกรรมของระบบ 33
3.9 หน้าจอหลักของโปรแกรม WEKA 34
3.10 แสดงตัวอย่างของข้อมูลที่อยู่ในรูป ARFF 35
3.11 แสดงตัวอย่างสรุปรูปแบบ ARFF 35
3.12 โปรแกรม WEKA Explorer แสดงรายละเอียดของข้อมูล 36
3.13 โปรแกรม WEKA Explorer แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของแท็บ Classify 37
3.14 แสดงหน้าต่างสำหรับปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของอัลกอริทึม multiLayerPerceptron 37
4.1 แสดงหน้าจอหลักของระบบ 44
4.2 แสดงหน้าจอรายงานสภาพจราจรจากกล้อง CCTV และคำถามเพื่อให้ผู้ใช้งานร่วม
แสดงความคิดเห็น 46
4.3 กราฟสรุปผลการศึกษาความสามารถในการใช้งานได้ 54
4.4 กราฟแสดงค่า RMSE ของจำนวนโหนดในชั้นซ่อน 59
4.5 กราฟแสดงค่า Accuracy และ Precision ของจำนวนโหนดในชั้นซ่อน 60
4.6 กราฟแสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ 61
4.7 กราฟแสดงค่า Accuracy และ Precision จากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ 61
4.8 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัม 63

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.9 กราฟแสดงค่า Accuracy และ Precision จากการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัม 63
4.10 แสดงค่าน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียม 64
4.11 แสดงค่าน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียมมีแอททริบิวต์อินพุต เวลา ความเร็วเฉลี่ย และปริมาณการจราจร 66
4.12 แสดงค่าน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีแอททริบิวต์อินพุตเวลา และความเร็วเฉลี่ย 67
4.13 แสดงเส้นทางตัวอย่างที่ใช้ในการพิจารณาสภาพจราจร 71
4.14 ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจรคล่องตัว แต่ตัวแบบจำแนกเป็น สภาพจราจรหนาแน่น 71
4.15 ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจรคล่องตัว แต่ตัวแบบจำแนกเป็น สภาพจราจรติดขัด 72
4.16 ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจรหนาแน่น แต่ตัวแบบจำแนกเป็น สภาพจราจรคล่องตัว 72
4.17 ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจรหนาแน่น แต่ตัวแบบจำแนกเป็น สภาพจราจรติดขัด 73
4.18 ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจรติดขัด แต่ตัวแบบจำแนกเป็น สภาพจราจรคล่องตัว 74
4.19 ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจรติดขัด แต่ตัวแบบจำแนกเป็น สภาพจราจรหนาแน่น 74
4.20 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจรหนาแน่น แต่ผู้ใช้ถนนประเมินว่า สภาพจราจรคล่องตัว 77
4.21 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจรติดขัด แต่ผู้ใช้ถนนประเมินว่า สภาพจราจรคล่องตัว 77
4.22 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจรติดขัด แต่ผู้ใช้ถนนประเมินว่า สภาพจราจรหนาแน่น 78
4.23 กราฟผลการประเมินจากผู้ใช้ถนน 79
4.24 กราฟผลการประเมินจาก กทม 80

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.25 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว แต่ตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่า สภาพจราจร หนาแน่น 81
4.26 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว แต่ตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด 82
4.27 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น แต่ตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว 83
4.28 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด แต่ตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว 83
4.29 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด แต่ตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น 84
4.30 กราฟผลจากการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนน 85
ข.1 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ . ARFF 105

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สภาพจราจรติดขัดเป็นปัญหาสำคัญของเมืองหลวงใหญ่ ๆ ทั่วโลก ดังเช่นกรุงเทพมหานครก็ประสบกับปัญหาการจราจรติดขัดเช่นเดียวกัน ปัญหาดังกล่าวทำให้เกิดผลกระทบทางด้านเศรษฐกิจ เช่น สิ้นเปลืองน้ำมันอันเนื่องมาจากสภาพจราจรที่ติดขัด ทำให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น มลพิษในอากาศ น้ำ เสียงรบกวน ซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิตโดยตรงกับผู้ใช้ถนนทั่วไป ทำให้เกิดการสูญเสียสุขภาพและค่าใช้จ่ายประจำวันในการคมนาคม ดังนั้นการแก้ไขปัญหาทางด้านการจราจรดังกล่าวจึงมีความสำคัญที่ต้องดำเนินการแก้ไขอย่างเร่งด่วน หลายประเทศพยายามเร่งดำเนินการแก้ไขปัญหาด้านการจราจร เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศญี่ปุ่นได้หันมาใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information and Communication Technology/ ICT) เข้ามาช่วยแก้ไขปัญหาจราจรซึ่งระบบดังกล่าวมีชื่อว่าระบบการจราจรและขนส่งอัจฉริยะ (Intelligent Transport System/ ITS) (สรวิศ นฤปิติ, www, 2543, หน้า 2-4)

ระบบ ITS ถูกนำมาใช้เพื่องานขนส่งด้านต่าง ๆ ได้แก่ งานประมวลข้อมูลข่าวสาร งานสื่อสารโทรคมนาคมและงานด้านอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรและการขนส่งทางบก ซึ่งระบบ ITS นั้นเป็นแนวคิดในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและระบบควบคุมที่ทันสมัยรับและส่งข้อมูลเกี่ยวกับการเดินทาง ข้อมูลสภาพถนนและข้อมูลเกี่ยวกับยวดยานพาหนะ แล้วนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น สิ่งสำคัญที่จะทำให้แนวคิดนี้สามารถให้ประโยชน์ได้จริงก็คือข้อมูลและสารสนเทศ ที่จะต้องมีการประมวลผล เผยแพร่ และแลกเปลี่ยนกันระหว่างผู้ใช้และผู้ให้บริการโดยผ่านระบบสารสนเทศและการสื่อสาร ในปัจจุบันประเทศไทยได้มีการนำระบบ ITS มาใช้ เช่น การนำระบบป้ายจราจรอัจฉริยะ ระบบนำทางด้วยสัญญาณดาวเทียม GPS ระบบแท็กซี่อัจฉริยะและระบบรายงานสภาพจราจร เข้ามาช่วยในการจัดการปัญหาสภาพการจราจร

จากการนำระบบรายงานสภาพจราจรมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาทางด้านการจราจร ทำให้มีความต้องการข้อมูลจราจรที่มีความถูกต้อง (Accuracy) และมีการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่เสมอ (Up-to-date) ข้อมูลจราจรที่มีความถูกต้องมีส่วนสำคัญในการจัดการและรายงานสภาพจราจร เพื่อลดความติดขัดซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้ใช้ถนน ในการวางแผนการเดินทาง เปลี่ยนแปลงเวลาเดินทางเพื่อให้ไปถึงจุดหมายได้ทันเวลา ช่วยในการตัดสินใจเลือกเส้นทางในการเดินทาง อีกทั้งเป็นข้อมูลที่ช่วยให้ผู้ประกอบธุรกิจขนส่งเลือกรูปแบบการขนส่ง เส้นทางและเวลาการออกเดินทางได้ดีขึ้น

จากประโยชน์ดังกล่าวจึงมีความต้องการรวบรวมข้อมูลการจราจร เพื่อก่อให้เกิดเป็นความรู้ที่สามารถนำมาพัฒนาการรายงานสภาพจราจรให้มีถูกต้องมากยิ่งขึ้น ซึ่งความรู้ที่ได้จะเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สามารถบ่งบอกความติดขัดของการจราจร ดังเช่น Muller และ Miska (2005, p.3) ได้อธิบายถึงเหตุผลความต้องการความรู้ที่เป็นโครงสร้างพื้นฐาน ที่เกี่ยวกับการจัดการจราจรโดยอธิบายถึงการรวบรวมข้อมูลจราจรที่มีเป้าหมายหลัก คือ การเพิ่มความรู้ที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมการจราจรและการเปลี่ยนแปลงระยะเวลาความติดขัด โดยความรู้ที่ได้จะเป็นพื้นฐานในการประเมินสภาพจราจรที่เกิดขึ้นจริงตามถนนเส้นทางหลวงต่าง ๆ ที่มีหรือไม่มีความติดขัดและมีหรือไม่มีการจัดการสภาพจราจร โดยเฉพาะการวิเคราะห์พฤติกรรมในการเลือกเส้นทางซึ่งก่อให้เกิดการปรับปรุงตัวแบบในการทำนายหรือการพยากรณ์สภาพการจราจรที่ดีขึ้น การวัดผลการจัดการจราจรที่ดีขึ้นและการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจออนไลน์ที่สามารถให้ผู้จัดการจราจรสามารถคาดการณ์พฤติกรรมการเลือกเส้นทางของผู้ใช้ถนนได้ดีขึ้น

ในการรวบรวมข้อมูลจราจรนั้นจะถูกรวบรวมมาจากอุปกรณ์จับสัญญาณจราจร (Traffic Sensor) โดยจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ อุปกรณ์จับสัญญาณแบบถาวร (Fixed Sensor) และอุปกรณ์จับสัญญาณโดยใช้โทรศัพท์มือถือ (Mobile Sensor) (Pattara-atikom and Peachavanish, 2007, p.956) การนำอุปกรณ์จับสัญญาณโดยใช้โทรศัพท์มือถือมาให้ข้อมูลจราจรยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ GPS-based sensor เป็นการใช้ข้อมูลสารสนเทศผ่านทางดาวเทียมซึ่งสามารถระบุตำแหน่งได้ทั่วโลกและ Cellular-based sensor เป็นการใช้ข้อมูลสารสนเทศทางโทรศัพท์สำหรับระบุตำแหน่งของพื้นที่หรือเซลล์นั้น ๆ แม้ว่าอุปกรณ์จับสัญญาณโดยใช้โทรศัพท์มือถือจะเป็นทางเลือกหนึ่ง ในการนำมาซึ่งข้อมูลจราจรที่มีต้นทุนต่ำ และสามารถเพิ่มพื้นที่ให้ครอบคลุมโดยไม่มีการลงทุนเพิ่ม อย่างไรก็ตาม การใช้โทรศัพท์มือถือในขณะขับรถเป็นการกระทำที่ผิดกฎหมายและสามารถทำให้เกิดอันตรายได้ ดังนั้น การรวบรวมข้อมูลจราจรที่เน้นการติดตั้งอุปกรณ์จับสัญญาณแบบถาวร เช่น ติดตั้งกล้อง Closed-circuit television (CCTV) กับการประมวลผลภาพจึงยังคงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถทำให้ได้รับข้อมูลจราจร ได้แก่ ความเร็วของยานพาหนะและปริมาณการจราจรบนท้องถนนที่มีความถูกต้อง ซึ่งจากการสำรวจของ เกษม ชูจารุกุล (2548, หน้า 118) ที่ทำการสำรวจตัวชี้วัดระดับความติดขัดของสภาพจราจรในประเทศไทย พบว่า ความเร็วเฉลี่ย เป็นตัวชี้วัดที่เหมาะสม สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้สำหรับทางพิเศษ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ช่วยให้การประเมินสภาพจราจรมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น สามารถนำมาเป็นปัจจัยในการวิเคราะห์และประเมินสภาพจราจรเพื่อรายงานสภาพจราจรต่อผู้ใช้ถนนได้

ถึงแม้ว่าหน่วยงาน ทั้งภาครัฐและเอกชนจะนำระบบรายงานสภาพจราจรมาแก้ไขปัญหาสภาพจราจรติดขัด โดยใช้ปัจจัยต่าง ๆ เช่น ความเร็วเฉลี่ย ปริมาณจราจร มาใช้ในการวิเคราะห์และประเมินสภาพจราจรเพื่อนิยามระดับความติดขัดของสภาพจราจร อย่างไรก็ตาม การใช้ปัจจัยที่กล่าวมา

ข้างต้นเป็นเพียงความคิดเห็นจากมุมมองของผู้ปฏิบัติงานเท่านั้น ในการวิเคราะห์และประเมินสภาพจราจรที่เหมาะสมจะต้องไม่มองข้ามความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน โดยจะต้องนำมุมมองดังกล่าวมาพิจารณาร่วมด้วย ซึ่งจะทำให้เกณฑ์ในการรายงานระดับความติดขัดของสภาพจราจรสอดคล้องกับระดับความติดขัดของผู้ใช้ถนนมากยิ่งขึ้น (เกษม ชูจารุกุล, 2547, หน้า 118) ในการรวบรวมข้อมูลจราจร โดยนำความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนมาพิจารณาร่วมด้วยจำเป็นต้องใช้ความคิดเห็นจากผู้ใช้ถนนจำนวนมากและมีความหลากหลาย การสำรวจความคิดเห็นผ่านเว็บไซต์ ก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง ที่ทำให้สามารถได้รับข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับสภาพการจราจรได้มากขึ้นและตลอดเวลาเพราะว่าง่ายต่อการเข้าถึง ง่ายต่อการใช้งาน ลดต้นทุนในการสำรวจและสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลได้ทันที (Topp and Pawloski, 2002, p.173)

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมุ่งพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก โดยให้ผู้ใช้ถนนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นต่อสภาพจราจรผ่านเว็บไซต์ ผู้ใช้ถนนจะทำการพิจารณาข้อมูลจากอุปกรณ์จับสัญญาณแบบถาวรที่ถูกติดตั้ง ณ ทางด่วนดินแดง ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งข้อมูลประกอบด้วย ความเร็วเฉลี่ย ปริมาณการจราจร วัน เวลา และรูปภาพสภาพจราจร จากนั้นผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นต่อสภาพจราจรเป็นระดับความติดขัดที่มีอยู่ 3 ระดับ คือ คล่องตัว หนาแน่น และติดขัด ทั้งนี้ผู้วิจัยประยุกต์ใช้เทคนิคการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) เพื่อใช้ในการจำแนกข้อมูล (Classification) จากนั้นนำปัจจัยต่าง ๆ ป้อนเข้าสู่โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนที่เหมาะสม ซึ่งผลที่ได้สามารถนำมาเป็นข้อมูลสนับสนุนในการรายงานสภาพจราจรให้สอดคล้องกับการรับรู้ของผู้ใช้ถนนต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

1.2.2 เพื่อศึกษาความสามารถในการใช้งานได้ของระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก

1.2.3 เพื่อค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนที่เหมาะสม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดจากการจราจร โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งมีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1.3.1 ศึกษาองค์ประกอบของความสามารถในการใช้งานได้ จากนั้นทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ (Usability Testing) ของระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นกับผู้ใช้ถนนทั่วไปที่แสดงความคิดเห็นต่อสภาพการจราจรผ่านเว็บไซต์ http://traffy.nectec.or.th/dev-wtraffy/

1.3.2 ศึกษาเทคนิคการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม เพื่อค้นหาตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม สามารถจำแนกข้อมูลจราจรเป็นระดับความติดขัดที่สอดคล้องกับการรับรู้ของผู้ใช้ถนน

1.3.3 ในขั้นตอนการสร้างโครงข่ายประสาทเทียม ใช้อัลกอริทึม multiLayerPerceptron ซึ่งเป็นอัลกอริทึมในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมของโปรแกรม WEKA

1.3.4 งานวิจัยนี้เน้นการพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของสภาพจราจรทางบกและทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของระบบที่ถูกพัฒนาขึ้น จากนั้นจึงทำการค้นหาตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ข้อมูลจราจรจากอุปกรณ์จับสัญญาณแบบถาวรที่ถูกติดตั้ง ณ ทางด่วนดินแดง ในเขตกรุงเทพมหานคร ซึ่งข้อมูลประกอบด้วย ความเร็วเฉลี่ย ปริมาณการจราจร วัน เวลา รูปภาพสภาพจราจรและระดับความติดขัดจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกรวบรวมมาจากโปรแกรมที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทำให้ได้ระบบในการสำรวจความคิดเห็นจากผู้ใช้ถนนที่มีต่อการรายงานสภาพจราจรโดยผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลและสามารถใช้งานได้โดยง่าย

1.4.2 ทำให้ได้ตัวแบบในการรายงานระดับความติดขัดของสภาพจราจรทางบกที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการรับรู้ของผู้ใช้ถนนมากยิ่งขึ้น

1.4.3 สามารถใช้เป็นแนวทางในการวิจัย และพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนได้ต่อไปในอนาคต

1.5 คำอธิบายศัพท์

1. ผู้ใช้ถนน/ ผู้ใช้งาน	หมายถึง บุคคลที่ทดสอบความสามารถในการใช้งานได้และหรือบุคคลที่แสดงความคิดเห็นต่อการรายงานสภาพจราจรและประเมินระดับความติดขัดจากข้อมูลจราจรผ่านเว็บไซต์
2. การรายงานระดับความติดขัด	หมายถึง ลักษณะหรือภาวะของสภาพจราจร ซึ่งแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ สภาพจราจรคล่องตัว สภาพจราจรหนาแน่นและสภาพจราจรติดขัด
3. สภาพจราจรคล่องตัว	หมายถึง การจราจรเคลื่อนตัวได้ดี
4. สภาพจราจรหนาแน่น	หมายถึง การจราจรหนาแน่นแต่ยังพอเคลื่อนตัวได้
5. สภาพจราจรติดขัด	หมายถึง การจราจรติดขัดควรหลีกเลี่ยง
6. ความเร็วเฉลี่ย	หมายถึง ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะที่ผ่านจุดตรวจจับ มีหน่วยเป็น กิโลเมตรต่อชั่วโมง
7. ปริมาณการจราจร	หมายถึง จำนวนรถที่ผ่านจุดตรวจนับ มีหน่วยเป็น คันต่อนาที
8. การจำแนกข้อมูล	หมายถึง กระบวนการสร้างตัวแบบจัดการข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มที่กำหนด โดยนำข้อมูลส่วนหนึ่งมาเป็นข้อมูลที่ใช้สอนและนำข้อมูลอีกส่วนหนึ่งมาเป็นข้อมูลที่ใช้ทดสอบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการสอนคือตัวแบบจำแนกข้อมูล ซึ่งเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามาสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาผ่านตัวแบบ โดยตัวแบบจะสามารถจำแนกกลุ่มข้อมูลได้
9. ความสามารถในการใช้งานได้	หมายถึง คุณภาพของระบบที่วัดจากความสามารถในการเรียนรู้ ประสิทธิภาพในการใช้งาน ประสิทธิผลในการใช้งาน ความเชื่อถือได้ในการใช้งาน และความพึงพอใจในการใช้งาน
10. ความสามารถในการเรียนรู้	หมายถึง ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานได้โดยง่าย
11. ประสิทธิภาพในการใช้งาน	หมายถึง ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานด้วยความเข้าใจ ถูกต้องและรวดเร็ว

12. ประสิทธิผลในการใช้งาน	หมายถึง ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้บรรลุผลสำเร็จของงานตามเป้าหมายที่กำหนดไว้
13. ความเชื่อถือได้ในการใช้งาน	หมายถึง ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความเชื่อถือต่อความถูกต้องของข้อมูลและระบบ
14. ความพึงพอใจของผู้ใช้งาน	หมายถึง ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความรู้สึกที่เป็นการยอมรับ ความรู้สึกชอบ ความรู้สึกที่ยินดีกับการใช้งาน รูปแบบการใช้งานและส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน

บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึง แนวคิดในการจัดการการจราจร เกณฑ์ที่ใช้วัดความติดขัดของสภาพจราจร แนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชน ความหมายและองค์ประกอบของความสามารถในการใช้งานได้ การทำเหมืองข้อมูล โครงข่ายประสาทเทียม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 แนวคิดในการจัดการการจราจร (Traffic Management)

การจัดการการจราจรถูกใช้เพื่อปรับปรุงการไหลของกระแสการจราจร และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้รถใช้ถนน โดยพยายามหลีกเลี่ยงการก่อสร้างถนนขนาดใหญ่และใช้พื้นผิวจราจรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งนี้การจัดการจราจรนั้นอาจทำการจัดการแบบเป็นพื้นที่หรือเป็นการจัดการบนถนนสายที่มีปัญหา เพื่อใช้ลดอุบัติเหตุ ลดมลภาวะด้านอากาศและเสียงรบกวน โดยมีแนวทางที่ใช้ในการจัดการ เช่น มาตรการการบังคับการเคลื่อนที่ของกระแสการจราจร การเพิ่มค่าใช้จ่ายในการใช้ถนน การใช้ระบบควบคุมสั่งการจราจรและการปรับปรุงด้านกายภาพของทางแยก เป็นต้น (รัตนาวดี ภู่ขำ, 2549, หน้า 4) สำหรับในงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงแนวคิดในการใช้ระบบควบคุมสั่งการจราจรมาช่วยจัดการการจราจร

ระบบควบคุมสั่งการจราจร (Traffic Command Control System) เป็นระบบที่ใช้เทคโนโลยีในการควบคุมสั่งการจราจรซึ่งติดตั้งบนถนนสายหลัก เพื่อประสานการทำงาน จัดการจราจร ควบคุมสภาพการจราจร และวางแผนการจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพ ระบบควบคุมสั่งการจราจรประกอบด้วยระบบย่อย 5 ระบบ ได้แก่ ระบบควบคุม (Control System) ระบบสั่งการ (Command System) ระบบการสื่อสาร (Communication System) ระบบสารสนเทศ (Information System) และระบบการประชาสัมพันธ์ (Public Relation System) เป็นต้น ทั้งนี้แนวคิดการใช้ระบบควบคุมสั่งการจราจรที่กล่าวมาข้างต้นนั้น คือการใช้กล้องวงจรปิด (Closed Circuit Television/ CCTV) เพื่อใช้ในการจัดการจราจรและรายงานสภาพจราจรแบบเวลาจริง (รัตนาวดี ภู่ขำ, 2549, หน้า 4)

การใช้ข้อมูลจราจรจาก CCTV นี้จัดอยู่ในระบบควบคุม และสั่งการจราจร (Command Control System) โดยระบบ CCTV ที่ถูกใช้ในปัจจุบันเป็นการติดตั้งกล้องวีดิทัศน์ไว้ในจุดที่มีกระแสการจราจรไหลผ่าน ซึ่งสามารถหมุนส่าย (Pan) ก้มเงยตัวกล้องได้ มีเครื่องหุ้มกล้อง (Housing) เป็นอุปกรณ์ป้องกันตัวกล้องจากฝุ่นละอองและน้ำ เชื่อมต่อสัญญาณภาพจากจุดที่ติดตั้งบนถนนมายังศูนย์ควบคุม และสั่งการจราจรสามารถใช้ชุดเลือกสัญญาณภาพ (Matrix Switcher)

ควบคุมการเลือกภาพมาขึ้นที่หน้าจอภาพ (Monitor) และสามารถดึงภาพชัด (Zoom) หรือบันทึกภาพเก็บไว้ได้ (พงษ์สันต์ คงตรีแก้ว, 2542 อ้างถึงใน รัตนาวดี ภู่ขำ, 2549, หน้า 5)

สำหรับในงานวิจัยนี้ แนวคิดในการจัดการการจราจร คือการใช้ข้อมูลจราจรจากระบบกล้องวงจรปิด ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบการควบคุมและสั่งการการจราจร เพื่อรายงานสภาพจราจรให้ผู้ใช้ถนนสามารถหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีความติดขัด ซึ่งส่งผลให้เกิดความคล่องตัวของการจราจรให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยระบบสามารถเห็นสภาพจราจรแบบเวลาจริง ทำให้ได้ข้อมูลการจราจรที่รวดเร็ว และสามารถรายงานสภาพจราจรให้ผู้ใช้ถนนหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีการจราจรติดขัดหรือหนาแน่น อีกทั้งยังนำข้อมูลเหล่านี้ไปเชื่อมโยง วิเคราะห์ วางแผน และรายงานสภาพจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2.2 เกณฑ์ที่ใช้วัดความติดขัดของสภาพจราจร

งานวิจัยในต่างประเทศที่ศึกษาเกณฑ์ที่ใช้วัดความติดขัดของสภาพจราจรในมุมมองของผู้ปฏิบัติ โดยมีนักวิชาการ นักวิจัยและผู้ปฏิบัติด้านการจราจรและขนส่งได้พยายามหาเกณฑ์ที่ใช้นิยามความติดขัดของการจราจร ได้แก่

National Cooperative Highway Research Program [NCHRP] (2004, quoted in Choocharukul, 2005, p.112) ของสหรัฐอเมริกาได้ทำการสำรวจเกณฑ์ในการวัดความติดขัดของสภาพจราจร โดยอาศัยกลุ่มตัวอย่างจากเจ้าหน้าที่กระทรวงคมนาคม หน่วยงานวางแผนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดการปัญหาจราจร พบว่า ค่าระดับการให้บริการ (LOS) ความล่าช้า อัตราส่วนปริมาณจราจรต่อความจุของถนน (Volume/Capacity) เวลา/ความเร็ว เป็นเกณฑ์ที่มีการใช้มากที่สุดตามลำดับ ในขณะที่ความล่าช้า (Delay) และเวลาในการเดินทาง (Travel Time) เป็นเกณฑ์ที่เห็นควรว่าจะนำมาใช้มากที่สุด

การสำรวจการนิยามระดับความติดขัดในประเทศอังกฤษ (U.K. Department of Transport, 2001, quoted in Choocharukul, 2005, p.112) ได้ทำการสำรวจการนิยามระดับความติดขัดของการจราจรจากทั้งผู้ปฏิบัติและนักวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง พบว่า ตัวชี้วัดความติดขัดของสภาพจราจรที่เหมาะสม ได้แก่ ความล่าช้าในการเดินทาง ความเสี่ยงของความล่าช้า ความเร็วเฉลี่ย และเวลาที่ติดขัดตามลำดับ

Bertini (2005, p.5) ได้ทำการสำรวจการนิยามระดับความติดขัดของการจราจรจากทั้งผู้ปฏิบัติและนักวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีการกล่าวถึงตัวแปรหลักที่ใช้ชี้วัดความติดขัดของสภาพจราจรได้มากที่สุด คือ ความเร็ว ปริมาณการจราจร เวลา ระดับการให้บริการและจำนวนรอบของสัญญาณไฟที่ต้องรอ ซึ่งตัวแปรส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับเวลาที่

ใช้ในการเดินทางโดยผู้ตอบแบบสอบถามตระหนักว่าความติดขัดของสภาพจราจรเกิดจากเวลาในการเดินทางที่เพิ่มมากขึ้น

สำหรับเกณฑ์ในการชี้วัดความติดขัดของสภาพจราจรในประเทศไทย เกษม ชูจารุกุล (2548) ได้ทำการสำรวจเกณฑ์ในการวัดการจราจรติดขัดในประเทศไทยในมุมมองของผู้ปฏิบัติ โดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ปฏิบัติ ทั้งบุคลากรและเจ้าหน้าที่ระดับวางแผนและปฏิบัติการในหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งและจราจร ทั้งภาครัฐและเอกชนด้วยวิธีการใช้แบบสอบถาม พบว่า ตัวชี้วัดความติดขัดของสภาพจราจรที่เหมาะสม ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ย ซึ่งจัดเป็นตัวชี้วัดที่เกี่ยวกับเวลาในการเดินทาง เป็นตัวชี้วัดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้สำหรับทางพิเศษ ทั้งในระดับปฏิบัติการและการวางแผน สำหรับทางที่มีสัญญาณไฟจราจรอาจนำตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับแถวคอยมาประยุกต์ใช้ในระดับปฏิบัติการ และอาจนำค่าความเร็วเฉลี่ยมาใช้ในระดับวางแผน สำหรับระดับในการรายงานสภาพจราจร พบว่า ผู้ปฏิบัติส่วนใหญ่เห็นด้วยว่าควรมีเพียง 3 ระดับ ได้แก่ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด ซึ่งเพียงพอและง่ายต่อการเข้าใจของผู้ใช้รถใช้ถนน ทั้งนี้ผลที่ได้จากการสำรวจเป็นเพียงความคิดเห็นส่วนหนึ่งจากมุมมอง และแนวความคิดของผู้ปฏิบัติเท่านั้น ในการวิเคราะห์หาเกณฑ์หรือตัวชี้วัดความติดขัดของสภาพจราจรที่เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้ในประเทศไทย ควรนำความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนมาพิจารณาร่วมด้วยจะทำให้การรายงานสภาพจราจรมีความถูกต้อง และสอดคล้องกับการรับรู้สภาพจราจรของผู้ใช้ถนนโดยทั่วไปมากยิ่งขึ้น

การรายงานสภาพการจราจรในประเทศไทย เช่น การรายงานสภาพจราจรของกรุงเทพมหานคร ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันเป็นการรายงานสภาพจราจรจากป้ายจราจรอัจฉริยะ (จีเนียสทราฟิคซีสเต็ม, 2552) โดยทำการประมวลผลข้อมูลผ่านกล้องตรวจสอบ (Detector Camera) เพื่อตรวจวัดความหนาแน่นของปริมาณการจราจร โดยใช้หลักการทางวิศวกรรมจราจรที่เรียกว่า Occupancy Ratio (OR) หลักการทำงานของ OR นั้นจะเป็นการตีกรอบพื้นที่บนช่องจราจรของถนนความกว้างขนาดประมาณรถยนต์หนึ่งคัน จากนั้นจะใช้กล้องทำการตรวจจับและวัดระยะเวลาที่รถเคลื่อนที่ทับกรอบที่ได้กำหนดไว้ หากระยะเวลาที่รถเคลื่อนที่ผ่านกรอบมีค่าต่ำแสดงว่าสภาพจราจรคล่องตัว แต่หากระยะเวลาที่รถเคลื่อนที่ผ่านกรอบมีค่าสูงแสดงว่าสภาพจราจรหนาแน่นหรือติดขัด ทั้งนี้ค่า OR สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่างเวลาที่รถครอบครองพื้นที่กับเวลาที่ต้องการตรวจสอบ ภายหลังจากการคำนวณค่า OR ระบบจะทำการแปลงข้อมูลเชิงปริมาณเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพโดยใช้สีเป็นตัวนำเสนอระดับความติดขัด ในการนำเสนอข้อมูลแก่ผู้ขับขี่ศูนย์ควบคุมจะรายงานผลโดยใช้สีเป็นตัวแสดงสภาพการจราจร โดยขึ้นอยู่กับค่า OR ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.0 ถึง 1.0 ทั้งนี้ศูนย์ควบคุมป้ายจราจรอัจฉริยะได้มีการกำหนดหลักเกณฑ์ได้แก่ ค่า OR ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.0 ถึง 0.3 ให้ถือว่าการจราจรคล่องตัว ค่า OR ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.3 ถึง 0.8 ให้ถือว่า

การจราจรหนาแน่นแต่ยังพอเคลื่อนตัวได้ และค่า OR ที่อยู่ในช่วงระหว่าง 0.8 ถึง 1.0 ให้ถือว่าการจราจรติดขัด โดยสีที่ใช้เป็นตัวนำเสนอสภาพการจราจรบนป้ายจราจรอัจฉริยะ คือ สีเขียว สีเหลือง และสีแดง ตามลำดับ

เนื่องจากการรายงานสภาพจราจรบนป้ายจราจรอัจฉริยะนั้น เป็นการประมวลผลจากค่าเฉลี่ยของค่า OR ดังนั้นหากสภาพจราจรเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน จะส่งผลให้ข้อมูลเกิดความคลาดเคลื่อนได้ ซึ่งจากการศึกษาของ ณรงค์กร จารุศักดิ์วงศ์, กิตติพัฒน์ ตั้งอิทธินันท์ และเกษม ชูจารุกุล (2551) ได้ศึกษาการประเมินตัวชี้วัดการจราจรสำหรับป้ายจราจรอัจฉริยะในมุมมองของผู้ขับขี่ พบว่า การรายงานสภาพจราจรของป้ายจราจรอัจฉริยะในปัจจุบันยังขาดความสอดคล้องกับการรับรู้สภาพจราจรของผู้ขับขี่ ทั้งนี้สาเหตุหลักอาจมาจากการใช้ตัวชี้วัดที่ไม่เหมาะสม ในการวิเคราะห์เพื่อประเมินตัวชี้วัดการจราจรนั้นจะต้องพิจารณาข้อมูลด้านการจราจรของผู้ขับขี่ เช่น ความเร็วของรถ ปริมาณการจราจร และความยาวของแถวคอย เป็นต้น เพื่อปรับปรุงวิธีการประเมินสภาพจราจรให้เกิดความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือต่อไป

สำหรับในงานวิจัยนี้ ได้ใช้เกณฑ์ในการวัดความติดขัดของสภาพจราจร ได้แก่ ความเร็วเฉลี่ย และปริมาณจราจร เป็นต้น ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวชี้วัดที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้ชี้วัดความติดขัดของสภาพจราจรที่มีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัดได้

2.3 แนวคิดการมีส่วนร่วมของประชาชน (Public Participation)

กระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชน เป็นกระบวนการสื่อสารสองทางที่มีเป้าหมายโดยรวมเพื่อที่จะให้เกิดการตัดสินใจที่ดีขึ้นและได้รับการสนับสนุนจากสาธารณชน ซึ่งเป้าหมายของกระบวนการการมีส่วนร่วมของประชาชนก็คือการให้ข้อมูลต่อสาธารณชนและให้สาธารณชนแสดงความคิดเห็นต่อโครงการที่นำเสนอหรือนโยบายรัฐ และการมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาเพื่อหาทางออกที่ดีที่สุดสำหรับทุก ๆ คน (เครตัน, เจ. แอล., 2535)

2.3.1 พื้นฐานการมีส่วนร่วมของประชาชน มี 3 ประการ ดังนี้ (ถวิลวดี บุรีกุล, 2548, หน้า 3)

"*1) ต้องมีอิสรภาพ หมายถึง มีอิสระที่จะเข้าร่วมหรือไม่ก็ได้ การเข้าร่วมต้องเป็นไปด้วยความสมัครใจ การถูกบังคับให้ร่วมไม่ว่าจะในรูปแบบใดไม่ถือว่าเป็นการมีส่วนร่วม*

2) ต้องมีความเสมอภาค หมายถึง ประชาชนเข้าร่วมในกิจกรรมใดจะต้องมีสิทธิเท่าเทียมกับผู้เข้าร่วมคนอื่น ๆ

3) ต้องมีความสามารถ หมายถึง ประชาชนหรือกลุ่มเป้าหมายจะต้องมีความสามารถพอที่จะเข้าร่วมในกิจกรรมนั้น ๆ ทั้งนี้ในบางกิจกรรมแม้จะกำหนดว่าผู้เข้าร่วมมีเสรีภาพและเสมอภาพ แต่กิจกรรมที่กำหนดไว้มีความซับซ้อนเกินความสามารถของกลุ่มเป้าหมาย การมีส่วนร่วมย่อมเกิดขึ้นไม่ได้"

การมีส่วนร่วมของประชาชนจึงเป็นกระบวนการซึ่งประชาชน หรือผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้มีโอกาสแสดงทัศนะ และเข้าร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีผลต่อชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน รวมทั้งมีการนำความคิดเห็นดังกล่าวไปประกอบการพิจารณากำหนดนโยบายและการตัดสินใจของรัฐ การมีส่วนร่วมของประชาชนนั้นเป็นการแบ่งสรรข้อมูลร่วมกันระหว่างผู้มีส่วนได้ส่วนเสียและเป็นการเสริมสร้างความสามัคคีในสังคม ทั้งนี้เพราะ การมีส่วนร่วมของประชาชน เป็นการเพิ่มคุณภาพของการตัดสินใจ การลดค่าใช้จ่ายและการสูญเสียเวลา เป็นการสร้างฉันทามติ และทำให้ง่ายต่อการนำไปปฏิบัติ ช่วยให้เกิดความน่าเชื่อถือและความชอบธรรม (เครตัน, เจ. แอล., 2535)

2.3.2 แนวคิดการมีส่วนร่วมของ Cohen และ Uphoff (1980, p.219-222, อ้างถึงใน ถวิลวดี บุรีกุล, 2548, หน้า 6)

การมีส่วนร่วมมีหลายระดับและมีนักวิชาการต่าง ๆ ได้กำหนดไว้หลากหลายแต่ในสาระสำคัญที่มีความคล้ายกัน ซึ่ง Cohen และ Uphoff ได้จำแนกการมีส่วนร่วมออกเป็น 4 รูปแบบ คือ

"1) การมีส่วนร่วมในการตัดสินใจ (Decision Making) ประชาชนมีส่วนร่วมริเริ่มตัดสินใจ ดำเนินการตัดสินใจ และตัดสินใจปฏิบัติการในโครงการ

2) การมีส่วนร่วมในการดำเนินการ (Implementation) ประชาชนมีส่วนร่วมการสนับสนุนด้านทรัพยากร การบริหาร และการประสานความร่วมมือ ของโครงการ

3) การมีส่วนร่วมในการรับผลประโยชน์ (Benefit) ประชาชนมีส่วนร่วมในการรับประโยชน์จากการเข้ามามีส่วนร่วมในโครงการนั้น

4) การมีส่วนร่วมในการประเมินผล (Evaluation) ประชาชนมีส่วนร่วมที่สามารถตรวจสอบและประเมินผลโครงการที่เข้าไปมีส่วนร่วมได้"

2.3.3 วิธีการเสริมสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชน (ถวิลวดี บุรีกุล, 2548, หน้า 15-26)

วิธีการที่กล่าวถึงต่อไปนี้ คือตัวอย่างของวิธีการสร้างการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นการเสริมสร้างพลังชุมชนโดยมีความเหมาะสมแตกต่างกันไปตามบริบทของเนื้อหา พื้นที่ ผู้เกี่ยวข้อง ทรัพยากรและสภาพแวดล้อม วิธีการดังกล่าว เช่น การประชุมเพื่อหาฉันทามติ การสำรวจความคิดเห็นเชิงเสนอแนะ การอภิปรายกลุ่ม การประชุมกลุ่ม การสร้างฉันทามติ การทำการสำรวจความคิดเห็น เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการสำรวจความคิดเห็น โดยการสร้างแบบสอบถามออนไลน์ผ่านเว็บไซต์ ซึ่งเป็นวิธีการเสริมสร้างการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ถนนด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต ทำให้ผู้ใช้ถนนมีส่วนร่วมในการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจร เพื่อนำข้อมูลการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจรที่ได้รับจากการสำรวจไปใช้สร้างตัวแบบในการจำแนกระดับความติดขัดของสภาพจราจร ที่สามารถจำแนกระดับความติดขัดให้สอดคล้องกับการรับรู้ของผู้ใช้ถนนมากยิ่งขึ้น

2.4 ความหมายและองค์ประกอบของความสามารถในการใช้งานได้

ปัจจุบันเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ทางด้านอินเทอร์เน็ตมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว จำนวนของผู้ใช้และจำนวนของเว็บไซต์ มีอัตราเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก การออกแบบหน้าเว็บไซต์และการนำเสนอข้อมูลต่าง ๆ นั้นทำอย่างไรให้มีความสามารถในการใช้งานได้ (Usability) มีประสิทธิภาพ ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้โดยง่าย สามารถดึงดูดให้ผู้เยี่ยมชมเว็บไซต์เข้ามาใช้งานมากขึ้นและกลับเข้ามาใช้งานอีกครั้งในภายหน้า จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงความง่ายในการใช้งาน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการกำหนดคุณภาพของซอฟแวร์หรือคุณภาพของการใช้งานซอฟแวร์ให้ดีขึ้น โดยคุณภาพในการกำหนด Usability ได้มีผู้ศึกษาวิจัยและมีองค์กรที่กำหนดมาตรฐานขององค์ประกอบของ Usability ไว้ดังนี้

2.4.1 Nielsen

Nielsen (1993, quoted in Folmer and Bosch, 2004, p.67) ได้ให้ความหมายของ Usability ไว้ว่า “Usability เป็นคุณภาพที่วัดจากความง่ายของการใช้งานส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ (Graphical User Interface) ทั้งนี้คำว่า Usability ยังรวมไปถึงการพัฒนาปรับปรุงความง่ายในการใช้งานในขั้นตอนการออกแบบอีกด้วย” สิ่งที่บ่งบอกถึง Usability ของผู้ใช้งานที่เกี่ยวกับว่าทำอย่างไรให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้สำเร็จ สิ่งใดที่ผู้ใช้เริ่มต้นทำ สมรรถนะของผู้ที่มาใช้งานเป็นอย่างไรและทำอย่างไรให้ผู้ใช้พึงพอใจในระหว่างการใช้งานรวมถึงหลังเสร็จสิ้นการใช้งาน โดย Usability ตามแนวคิดของ Nielsen มีดังนี้

- ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) คือ ระบบควรมีความง่ายในการเรียนรู้ สามารถทำให้ผู้ใช้งานเรียนรู้วิธีการใช้งานได้โดยง่าย

- ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency) คือ ระบบควรมีประสิทธิภาพในการใช้งาน ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้และสามารถใช้งานได้อย่างรวดเร็ว

- ด้านความสามารถในการจดจำได้ (Memorability) คือ ระบบควรออกแบบให้ผู้ใช้สามารถจดจำวิธีการใช้งานได้โดยง่ายและเมื่อผู้ใช้ไม่ได้ใช้งานระบบเป็นระยะเวลาหนึ่ง สามารถกลับมาใช้งานระบบอีกครั้งได้โดยง่ายและรวดเร็ว

- ด้านความผิดพลาดในการใช้งาน (Errors) คือ ระบบควรจะมีอัตราความผิดพลาดน้อยที่สุดและเมื่อผู้ใช้งานทำงานผิดพลาดแล้วสามารถกลับออกจากความผิดพลาดนั้นได้โดยง่าย

- ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Satisfaction) คือ ระบบควรออกแบบให้มีความน่าใช้ เพื่อให้ผู้ใช้เกิดความพึงพอใจจากการใช้งาน

2.4.2 Shackel

Shackel (1991, p.25) ได้ให้ความหมายของ Usability ไว้ว่า “Usability ของระบบเป็นความสามารถที่ช่วยให้การทำงานของผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ง่าย และมีประสิทธิภาพในการใช้งานเพื่อสนับสนุนให้ผู้ใช้สามารถใช้งานให้บรรลุผลสำเร็จได้เป็นอย่างดี” โดย Usability ตามแนวคิดของ Shackel มีดังนี้

- ด้านประสิทธิผล (Effectiveness) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานให้บรรลุผลสำเร็จของงานได้เป็นอย่างดี

- ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดการเรียนรู้วิธีใช้งานที่จะทำให้บรรลุผลสำเร็จของงานได้ดีขึ้น

- ด้านความยืดหยุ่น (Flexibility) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนการใช้งานต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

- ด้านทัศนคติหรือมุมมองผู้ใช้ (Attitude) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบ

2.4.3 ISO 9241-11

ตามมาตรฐาน ISO 9241-11 (1994, p. 10) ได้กำหนด Usability ไว้ว่า “Usability เป็นขอบเขตของระบบที่ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สำเร็จ บรรลุตามเป้าหมายของงาน ในด้านประสิทธิผล ประสิทธิภาพและความพึงพอใจในการใช้งาน” ตามมาตรฐาน ISO 9241-11 ได้กำหนด Usability ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้

- ด้านประสิทธิผล (Effectiveness) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องบรรลุผลสำเร็จของงาน และใช้งานได้ตรงตามเป้าหมาย

- ด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ ความสามารถของระบบที่สามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับผลของความถูกต้อง และผลสำเร็จของงานที่ผู้ใช้สามารถใช้งานได้ตรงตามเป้าหมาย

- ด้านความพึงพอใจ (Satisfaction) คือ ความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกสบายในการใช้งานและมีความพึงพอใจเป็นที่ยอมรับในการใช้งาน

2.4.4 ISO 9126-1

มาตรฐาน ISO 9126-1 (2000, quoted in Folmer and Bosch, 2004, p.68) กำหนด Usability เป็นความสัมพันธ์ที่จะสนับสนุนทางด้านคุณภาพของซอฟแวร์ที่จะมีส่วนช่วยในการออกแบบและประเมินผลของส่วนประสานกับผู้ใช้งาน ทั้งนี้ตามมาตรฐาน ISO 9126-1 ได้กำหนดขอบเขตของ Usability ไว้ดังนี้

- ด้านความเข้าใจการใช้งาน (Understandability) คือ ความสามารถของซอฟแวร์ที่ทำให้ผู้ใช้เข้าใจและสามารถใช้งานได้ไม่ว่าจะมีเงื่อนไขของการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป

- ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) คือ ความสามารถของซอฟแวร์ที่ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานได้ง่าย

- ด้านความสามารถในการปฏิบัติงาน (Operability) คือ ความสามารถของซอฟแวร์ที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถปฏิบัติงานและควบคุมการใช้งานได้ง่าย

- ด้านความน่าดึงดูดในการใช้งาน (Attractiveness) คือ ความสามารถของซอฟแวร์ที่จะดึงดูดผู้ใช้งาน เช่น สีสันหรือการออกแบบกราฟิกที่มีความสวยงามน่าใช้

จากการกำหนดองค์ประกอบความสามารถในการใช้งานได้ข้างต้น Folmer และ Bosch (2004, p.69) ได้แบ่งองค์ประกอบของวิธีการกำหนดคุณสมบัติของ Usability ที่มีแนวคิดแตกต่างกันและบางส่วนก็มีแนวคิดที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งทั้งหมดสามารถแบ่งกลุ่มออกเป็น 2 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) ส่วนที่เป็นสมรรถนะของผู้ใช้ (Objective) เช่น ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน ด้านประสิทธิผลในการใช้งานและด้านความสามารถในการเรียนรู้

2) ส่วนที่เป็นความคิดเห็นส่วนตัวของผู้ใช้ (Subjective) เช่น ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานและด้านความน่าดึงดูดในการใช้งาน

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบของ Usability

	Shackel, 1991	**Nielsen, 2000**	**ISO 9241-11**	**ISO 9126**
User Performance (Objective)	Learnability-time to learn	Learnability		Learnability
	Learnability-retention	Memorability		
	Effectiveness-task time	Efficiency	Efficiency	
	Effectiveness-errors	Errors	Effectiveness	
				Operability
				Understandability
User View (Subjective)	Flexibility			
	Attitude	Satisfaction	Satisfaction	Attractiveness

จากแนวคิดต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่า Usability ประกอบด้วย ประสิทธิภาพในการใช้งาน ประสิทธิผลของการใช้งาน ความสามารถในการเรียนรู้ ความสามารถในการจดจำได้ ความเข้าใจการใช้งาน ความสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง ความน่าดึงดูดในการใช้งาน และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ของระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกกับผู้ใช้ถนน ที่แสดงความคิดเห็นต่อสภาพการจราจรผ่านเว็บไซต์ในเขตกรุงเทพมหานคร การวัดผลความสามารถในการใช้งานได้ ประกอบด้วย 1) ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) เพื่อทดสอบความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานได้โดยง่าย 2) ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency) เพื่อทดสอบความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานด้วยความเข้าใจ ถูกต้องและรวดเร็ว 3) ด้านประสิทธิผลในการใช้งาน (Effectiveness) เพื่อทดสอบความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้บรรลุผลสำเร็จของงานตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ 4) ด้านความเชื่อถือได้ในการใช้งาน (Reliability) เพื่อทดสอบความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความเชื่อถือต่อความถูกต้องของข้อมูลและระบบ และ 5) ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Satisfaction) เพื่อทดสอบความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความรู้สึกที่เป็นการยอมรับ ความรู้สึกชอบ ความรู้สึกที่ยินดีกับการใช้งาน รูปแบบการใช้งานและส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน

2.5 การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining)

การทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) คือ การสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ เพื่อค้นหารูปแบบหรือกฎที่ซ่อนอยู่ในข้อมูลนั้น และนำความรู้ที่ค้นพบได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อพัฒนาองค์กร (Han and Kamber, 2006, p.5) ในการทำเหมืองข้อมูลต้องใช้ความรู้จากศาสตร์หลายแขนง ซึ่งประกอบด้วย เทคโนโลยีฐานข้อมูล (Database Technology) ใช้เป็นแหล่งรวบรวมข้อมูล สถิติ (Statistics) ใช้สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เพื่อใช้อัลกอริทึมในการค้นหารูปแบบและกฎที่ซ่อนอยู่ การมองเห็น (Visualization) ใช้ในการแสดงผลลัพธ์ รูปแบบและความสัมพันธ์เพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น และใช้ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์สารสนเทศ (Information Science) มาประยุกต์ให้เกิดประโยชน์เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ที่ได้จากการทำเหมืองข้อมูล (Han and Kamber, 2006, p.29)

2.5.1 การประยุกต์ใช้งานในการทำเหมืองข้อมูล

การประยุกต์ใช้งานในการทำเหมืองข้อมูลสามารถแบ่งตามลักษณะงานเป็น 2 ประเภท ดังนี้ (Han and Kamber 2006, p.21)

1) การทำเหมืองข้อมูลแบบการบรรยาย (Descriptive Mining) คือ การนำข้อมูลที่มีอยู่มาศึกษาและอธิบายข้อมูล เช่น พฤติกรรมของลูกค้า เป็นการเรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่และอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน เทคนิคที่เป็นลักษณะนี้ เช่น การวิเคราะห์จัดกลุ่ม (Cluster Analysis) กฎความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้อง (Association Rules)

2) การทำเหมืองข้อมูลแบบการทำนาย (Predictive Mining) คือ การที่มีข้อมูลในอดีตและนำข้อมูลในอดีตมาสร้างตัวแบบเพื่อการทำนายข้อมูลอนาคต โดยมีการใช้ข้อมูลในการสอน (Train) เทคนิคที่เป็นลักษณะนี้ อาทิ การจำแนกประเภทข้อมูล (Classification)

2.5.2 การจำแนกประเภทข้อมูล (Data Classification) (Han and Kamber 2006, p.24)

การจำแนกประเภทข้อมูลเป็นกระบวนการสร้างตัวแบบจัดการข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มที่กำหนดมาให้ โดยจะนำข้อมูลส่วนหนึ่งมาเป็น ข้อมูลที่ใช้สอน (Training Data) เพื่อจำแนกข้อมูลออกเป็นกลุ่มตามที่ได้กำหนดไว้ ผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้คือ ตัวแบบจำแนกประเภทข้อมูล (Classifier Model) และนำข้อมูลส่วนที่เหลือจากข้อมูลที่ใช้สอนระบบมาเป็น ข้อมูลที่ใช้ทดสอบ (Testing Data) ซึ่งกลุ่มที่แท้จริงของข้อมูลที่ใช้ทดสอบนี้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับกลุ่มที่หามาได้จากตัวแบบ เพื่อทดสอบความถูกต้องและปรับปรุงตัวแบบจนกว่าจะได้ค่าความถูกต้องในระดับที่น่าพอใจ หลังจากนั้นเมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา จะนำข้อมูลมาผ่านตัวแบบ โดยตัวแบบจะสามารถจำแนกกลุ่มของข้อมูลได้ ซึ่งตัวแบบที่ได้อาจแสดงในรูปของต้นไม้ตัดสินใจ (Decision Tree) โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) และตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการทำเหมืองข้อมูลแบบการทำนาย เพื่อการจำแนกประเภทข้อมูลจราจรออกเป็นระดับความติดขัด โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการเรียนรู้และทดสอบข้อมูล

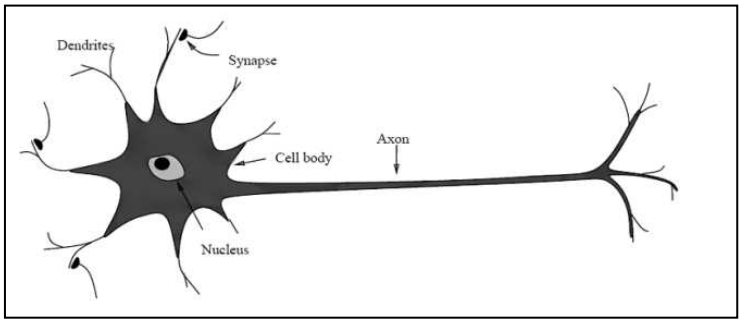
2.6 โครงข่ายประสาทเทียม

ศาสตร์ทางด้านปัญญาประดิษฐ์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาเพื่อให้เข้าใจถึงความฉลาดและสร้างระบบคอมพิวเตอร์ที่ชาญฉลาด และนำมาทำงานแทนหรือช่วยมนุษย์ทำงานที่ต้องใช้ความฉลาดนั้น ๆ (บุญเสริม กิจศิริกุล, 2546, หน้า 1) ซึ่งเทคนิคการสร้างระบบคอมพิวเตอร์ที่ชาญฉลาด คือ การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) จากการศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ของเครื่องในส่วนของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) พบว่า มีการให้คำจำกัดความไว้ว่า “ระบบการคำนวณชนิดหนึ่งซึ่งสร้างขึ้นจากหน่วยประมวลผลอย่างง่ายจำนวนมาก ที่เชื่อมต่อเข้าด้วยกันอย่างหนาแน่น และประมวลผลสารสนเทศโดยการตอบสนองต่อข้อมูลจากภายนอก ในสถานะที่ไม่คงตัว” (สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฉบับกาญจนาภิเษก เล่มที่ 25, โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน, 2544)

การสร้างโครงข่ายประสาทเทียม เกิดจากการที่มนุษย์มีความคิดที่จะจำลองการทำงานบางส่วนของสมองมนุษย์ เพื่อให้ทำงานที่เกี่ยวข้องกับความฉลาด (Intelligence) ได้อย่างมีประสิทธิภาพเทียบเท่ามนุษย์ เช่น การเรียนรู้และเข้าใจจากประสบการณ์ที่ผ่านมา การตอบสนองต่อข้อมูลที่คลุมเครือหรือขัดแย้งกัน ความสามารถในการให้เหตุผลเพื่อแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ความสามารถในการ

จัดการและแก้ไขสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้ความสามารถที่จะหาความรู้และใช้ความรู้นั้นได้และความสามารถในการที่จะคิดโดยใช้เหตุผล เป็นต้น (บุญเสริม กิจศิริกุล, 2546, หน้า 1)

แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาข่ายงานไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมองมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท หรือ “นิวรอน” (Neuron) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 โดยมีองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญ 3 ส่วน ดังนี้ (Jain, Mao and Mohiuddin, 1996, p. 33)



รูปที่ 2.1 แสดงโครงข่ายเซลล์ในสมองมนุษย์

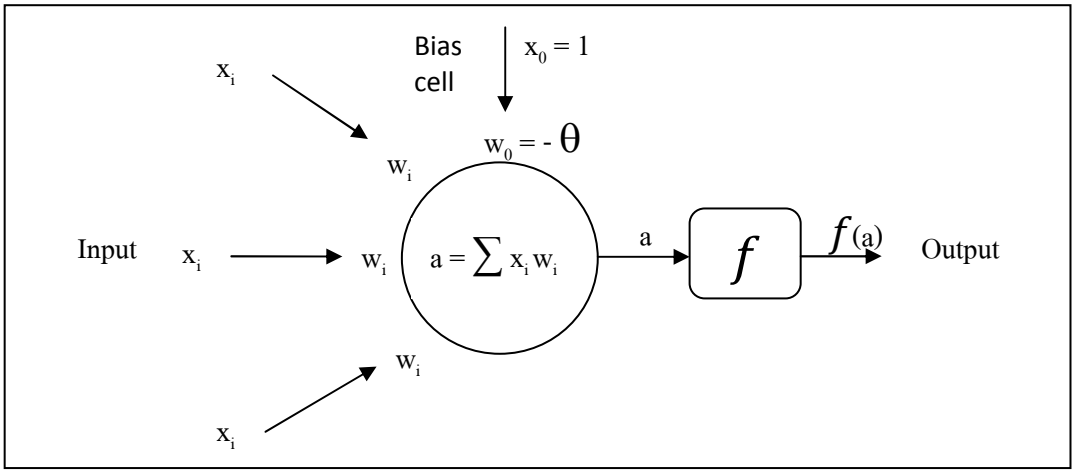
- โซมา (Soma) หรือ เซลล์บอดี้ (Cell Body) คือ ตัวเซลล์ทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลที่ได้จากปลายประสาท เปรียบเสมือนตัวรวบรวมน้ำหนักของสัญญาณไฟฟ้า
- เดนไดร์ท (Dendrite) คือ เส้นใยบาง ๆ ที่ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณไฟฟ้าเคมีซึ่งส่งมาจากเซลล์ประสาทข้างเคียง เข้าสู่เซลล์ประสาท เปรียบเสมือน อินพุต ที่รับข้อมูลเข้า
- แอ็กซอน (Axon) คือ เส้นใยบาง ๆ ที่ทำหน้าที่ในการส่งผ่านสัญญาณไฟฟ้าไปยังเซลล์ประสาทอื่น ๆ เปรียบเสมือน เอาต์พุต ที่ส่งผลลัพธ์หรือคำตอบไปยังเซลล์ประสาทต่อไป

2.6.1 โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม

โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม (Kartalopoulos, 1996, p. 49) ประกอบด้วยเซตของโหนดและเส้นที่เชื่อมระหว่างโหนด โหนดจะแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ชั้นอินพุต (Input Layer) ชั้นซ่อน (Hidden Layer) และชั้นเอาท์พุต (Output Layer) แต่ในชั้นซ่อนอาจจะมีได้มากกว่า 1 ชั้นก็ได้ โหนดที่อยู่ในชั้นอินพุต เรียกว่า Input Node จำนวนโหนดจะเท่ากับจำนวนแอททริบิวต์ที่ใช้อธิบายข้อมูลแต่ละตัว โหนดที่อยู่ในชั้นซ่อน เรียกว่า Hidden Node จำนวนชั้นและจำนวนโหนดของชั้นซ่อนจะขึ้นอยู่กับการกำหนดของผู้ออกแบบโครงข่าย โดยจะต้องทดลองหลาย ๆ แบบ เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสม โหนดที่อยู่ในชั้นเอาท์พุตเรียกว่า Output Node จำนวนโหนดจะเท่ากับจำนวนกลุ่มหรือจำนวนประเภทของข้อมูลที่ต้องการจำแนก โดยโครงข่ายจะมีเส้นเชื่อมจากทุก ๆ โหนดในชั้นอินพุตไปยังทุก ๆ โหนดในชั้นซ่อนและจะมีเส้นเชื่อมจากทุกๆ โหนดในชั้นซ่อนไปยังทุกๆโหนด

ในชั้นเอาท์พุต เส้นเชื่อมแต่ละเส้นจะมีค่าน้ำหนัก (Weight) ค่าหนึ่ง ซึ่งจะกำหนดค่าเริ่มต้นเป็นค่าน้อย ๆ

การทำงานของแต่ละโหนดเทียบได้กับเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์ 1 เซลล์ ซึ่งเป็นหน่วยพื้นฐานของเซลล์ประสาท อินพุตที่เข้าสู่โหนดจะเป็นเวกเตอร์ของแอททริบิวต์ของข้อมูลตัวอย่างแทนด้วย x_i ส่วน w_i เป็นเวกเตอร์ของน้ำหนักที่บอกว่าแต่ละแอททริบิวต์มีความสำคัญมากน้อยเท่าใด ถ้าแอททริบิวต์นั้นสำคัญมากค่าน้ำหนักก็จะมาก ถ้าแอททริบิวต์นั้นสำคัญน้อยค่าน้ำหนักก็จะน้อย แต่ละโหนดจะมีค่า Bias แทนด้วย x_0 กำหนดให้ x_0 มีค่าเป็น 1 และจะมีค่าน้ำหนักเป็น w_0 จะต้องหาค่าผลรวมที่ได้ ไปผ่านฟังก์ชันกระตุ้น (Activation Function) ซึ่งจะทำหน้าที่ตัดสินใจว่ามีสัญญาณอินพุตที่เข้ามาเท่านี้ จะส่งสัญญาณเอาท์พุตออกไปเท่าไหร่ การสอนโครงข่ายประสาทเทียมให้เรียนรู้ คือ การค้นหาค่าน้ำหนักของเส้นเชื่อมแต่ละเส้นที่เหมาะสมที่ทำให้สามารถจำแนกประเภทของข้อมูลตัวอย่างที่ใช้สอนได้ถูกต้องมากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 2.2 (Abdi, 1994, p.249)



รูปที่ 2.2 แสดงหน่วยพื้นฐานของเซลล์ประสาท

2.6.2 อิทธิพลของค่าตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของโครงข่าย

การทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม ที่อาศัยการเรียนรู้ข้อมูลที่ผู้สอนกำหนดให้แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้เรียนรู้ซึ่งเก็บอยู่ในรูปของโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อนำมาใช้งาน ตามที่ต้องการ โดยในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม มีตัวแปรที่นำมาใช้ร่วมกับการทำงานที่ทำให้โครงข่ายประสาทเทียมเรียนรู้ เพื่อให้ได้ค่าผิดพลาดของการเรียนรู้มีค่าน้อยที่สุด ตัวแปรเหล่านี้ได้แก่ ค่าอัตราการเรียนรู้ ค่าโมเมนตัม ซึ่งค่าตัวแปรที่ใช้สำหรับการเรียนรู้กับปัญหาแต่ละแบบจะมีค่าที่แตกต่างกันไป และค่าของตัวแปรดังกล่าวจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม มีรายละเอียด ดังนี้

1) ค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) คือ การให้โครงข่ายมีการเรียนรู้ในระดับที่กำหนด โดยจะอยู่ระหว่างค่า 0 ถึง 1 ในการกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้ให้เหมาะสมหากมีการกำหนดขนาดเล็กเกินไป จะทำให้โครงข่ายมีการใช้เวลานานในการสอน แต่ถ้าหากมีการกำหนดค่ามากจะทำให้โครงข่ายยากต่อการปรับระดับค่าน้ำหนักและการสอนจะไม่คงที่ (Witten and Frank, 2005, p.230)

2) ค่าโมเมนตัม (Momentum) คือ ค่าที่ช่วยไม่ให้โครงข่ายตกอยู่ที่ค่าต่ำสุด โดยจะอยู่ระหว่างค่า 0 ถึง 1 ถ้าค่าเข้าใกล้ 0 แสดงถึงระดับการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักอยู่ในระดับที่ต่ำสำหรับ Gradient และถ้าค่าเข้าใกล้ 1 แสดงถึงระดับการเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักใหม่ให้อยู่ในระดับที่สูง (Demuth and Beal, 2001, pp.5-18)

2.6.3 การทดสอบการเรียนรู้

วิธีการทดสอบความถูกต้องแบบข้าม (Cross-Validation) (Han and Kamber, 2006, p. 364) เป็นแนวทางหนึ่งที่จะใช้ในการประมาณค่าความผิดพลาด ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม โดยการใช้กลุ่มข้อมูลสำหรับการทดสอบซึ่งได้มาจากกลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งแยกกลุ่มข้อมูลสำหรับการทดสอบ ออกจากกลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับการสอน และจะไม่นำกลุ่มข้อมูลสำหรับการทดสอบมาใช้จนกว่าการสอนทั้งหมดจะจบสิ้น ซึ่งประสิทธิภาพที่ได้จากการทดสอบเป็นการประมาณค่าผิดพลาดที่โครงข่ายประสาทเทียมได้ให้คำตอบโดยไม่มีการเติมแต่งผลการทดลอง (Unbiased)

ในการใช้งานถ้ามีจำนวนของข้อมูลที่มากเพียงพอสามารถที่จะใช้กลุ่มข้อมูล 1 กลุ่มสำหรับการทดสอบการประมาณค่าผิดพลาดที่โครงข่ายประสาทเทียมได้ให้คำตอบ อย่างไรก็ตามถ้าข้อมูลที่ใช้มีจำนวนไม่มากก็จำเป็นที่จะใช้วิธีการที่เหมาะสมในการทดสอบ นั้นก็คือวิธีทดสอบความถูกต้องแบบข้าม K ชุดข้อมูลย่อย (K-fold Cross-Validation)

แนวคิดในการทำงานของการทดสอบความถูกต้องแบบข้าม K ชุดข้อมูลย่อย โดยการทำซ้ำการทดสอบความถูกต้องโดยใช้เวลาเท่ากับ K ซึ่งทำการแบ่งข้อมูลในการทดลองออกเป็น K ชุดข้อมูลย่อย (จะใช้แทนด้วย D) และในแต่ละชุดข้อมูลย่อยจะประกอบด้วยข้อมูลที่ได้จากข้อมูลที่กระจายกัน

ขั้นตอนของการทำงาน มีดังนี้

1) ทำซ้ำจนถึงเวลา K (จนกว่าข้อมูลในชุดข้อมูลย่อยทุกตัวจะถูกใช้สำหรับการทดสอบ)

1.1 กำหนดชุดข้อมูลย่อยที่ใช้ในการทดสอบ 1 ชุดข้อมูลย่อย D_k จากชุดข้อมูลย่อยที่ใช้ในการทดลอง และใช้ชุดข้อมูลย่อยที่เหลือ $D_{i\neq k}$ (โดยไม่รวมชุดข้อมูลย่อยที่ใช้ทดสอบเป็นชุดข้อมูลสำหรับการสอน)

1.2 สอนโครงข่ายประสาทเทียมด้วยชุดข้อมูลสำหรับสอน

1.3 ทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมด้วยชุดข้อมูลย่อยที่ใช้ทดสอบ D_k ซึ่งได้ผลการทดสอบเป็นค่าผิดพลาด $E_{test,k}$ (ค่าผิดพลาดจากการทดสอบ test ด้วยชุดข้อมูลย่อยตัวที่ k)

2) หาค่าผิดพลาดเฉลี่ยจากการประมาณค่าผิดพลาด ที่โครงข่ายประสาทเทียมได้ให้คำตอบของการทดสอบ K ชุดข้อมูลย่อยได้ตามสมการหาค่าผิดพลาดเฉลี่ย ดังนี้

$$Err = \frac{1}{K}\sum_{i=1}^{K} E_{test,K}$$

ในการใช้งานการทดสอบความถูกต้องแบบข้าม โดยใช้จำนวน K ชุดข้อมูลย่อย เท่ากับ 10 ชุดข้อมูลย่อย เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพที่ใช้กับการทดสอบความถูกต้องของโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีงานวิจัยหลายงานวิจัยที่ได้ยอมรับและใช้วิธีการทดสอบความถูกต้องแบบข้าม จำนวน 10 ชุดข้อมูลย่อย เป็นวิธีการทดสอบความถูกต้องแบบข้ามจำนวน 10 ชุดข้อมูลย่อย เป็นวิธีการทดสอบมาตรฐานในการทดสอบความถูกต้องทางด้านการเรียนรู้ของเครื่อง (Witten and Frank, 2005, p.150)

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการเรียนรู้และทดสอบข้อมูล อีกทั้งยังได้พิจารณาถึงวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียม โดยทำในการทดสอบการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมด้วยวิธีการทดสอบความถูกต้องแบบข้าม (Cross-Validation) ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะใช้ในการประมาณค่าความผิดพลาดของโครงข่ายประสาทเทียม อีกทั้งยังได้ทำการปรับค่าตัวแปร จำนวนโหนดในชั้นซ่อน อัตราการเรียนรู้และค่าโมเมนตัม เพื่อค้นหาตัวแบบในการจำแนกข้อมูลจราจรที่เหมาะสมที่สุดต่อไป

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศไทยที่ทำการศึกษาวิธีการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจร ซึ่งมีเทคนิควิธีการศึกษาที่แตกต่างกัน ได้แก่

Pattara-atikom และ Peachavanish (2007) ได้ศึกษาวิธีการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจรบนพื้นฐานเครื่องมือวิธีการวัดแบบใหม่ที่เรียกว่า Cell Dwell Time/CDT โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบ feedforward backpropagation ซึ่ง CDT คือระยะเวลาที่เครื่องโทรศัพท์มือถือ (Cellular phone) อยู่ในสถานีฐานนั้น ก่อนที่จะออกจากสถานีฐานนั้น ๆ ไปยังสถานีฐานอื่น ๆ รถที่ขับเคลื่อนโดยมีโทรศัพท์มือถืออยู่ด้วยจะส่งผ่านความยาวถนน ณ Cell ปัจจุบันและจะทำให้ค่า CDT นั้นเปลี่ยนแปลง โดยสมมุติว่าค่าของ CDT มีความสัมพันธ์ต่อระดับความติดขัด โดยที่ค่า CDT สูงแสดงว่าสภาพจราจรติดขัด จากงานวิจัยนี้ได้ศึกษาชุดข้อมูล CDT ขณะขับรถไปตามถนนเส้นทางหลักในกรุงเทพฯ รหัสพื้นที่ (Location Area Code/LAC) และรหัสสถานีฐาน (Cell Identification/CID) ผู้ประเมินสภาพจราจรจะแสดงความเห็นอย่างใดอย่างหนึ่งจากระดับความติดขัดซึ่งมี 3 ระดับ คือ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด จากนั้นนำชุดข้อมูลที่ได้จากการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจรมาวิเคราะห์ผลโดยโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งจะถูกเรียนรู้และทดสอบโดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมมาจากการรับรู้ของคน ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของการประเมินความแม่นตรง (Accuracy) อยู่ที่ 79.43% ความแม่นยำ (Precision) อยู่ระหว่าง 73.53% ถึง 85.19% และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Mean Square Error) เท่ากับ 0.44 นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้เสนอแนะการวิจัยในอนาคตที่ควรทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้ตัวแบบที่สามารถใช้ได้ทุก ๆ เส้นทางในถนนของกรุงเทพมหานครและศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่อาจจะมีผลต่อการประเมินระดับความติดขัด อาทิเช่น วันของสัปดาห์ และความแรงสัญญาณของโทรศัพท์มือถือ

Pongpaibool, Tangamchit และ Noodwong (2007) ได้นำเสนอการประเมินสภาพจราจรจากข้อมูลการประมวลผลภาพ (Image Processing) โดยใช้หลักการของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (Fuzzy Logic) 2 แบบ คือ แบบปรับแต่งขอบเขตของสมาชิกได้ด้วยมือ (Manually Tuned Fuzzy) และ แบบจัดขอบเขตของสมาชิกอัตโนมัติ (Adaptive Neuro-Fuzzy Logic) ระบบถูกออกแบบเสมือนคนที่รายงานสภาพจราจรให้กับผู้ขับขี่รถยนต์ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยบ่งบอกถึงระดับความติดขัดของการจราจรใน 3 ระดับ คือ รถติด รถหนาแน่น และรถคล่องตัว ข้อมูลการจราจรได้มากจากอุปกรณ์ตรวจจับรถยนต์ (Vehicle Detection) ซึ่งจะได้ข้อมูลปริมาณรถ อัตราความเร็วรถ และภาพวิดีโอของสภาพจราจรที่ถูกบันทึกไว้ เพื่อให้อาสาสมัครดูสภาพจราจรแล้วบอกระดับความติดขัดตามความคิดเห็นของแต่ละคน ผลการทดสอบ พบว่า การใช้ Manually Tuned Fuzzy ได้ค่าความถูกต้อง 88.79% ส่วนการใช้ Adaptive Neuro-Fuzzy Logic ได้ค่าความถูกต้อง 75.43%

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้เสนอแนะการวิจัยในอนาคตที่ควรทำการศึกษาตัวแปรที่มีความสำคัญเพิ่มเติม คือ เวลาของวัน และวันของสัปดาห์

สำหรับงานวิจัยอื่น ๆ เช่น การศึกษาของ Porikli และ Li (2004) เสนอวิธีการประเมินระดับความติดขัดจากภาพวิดีโอโดยใช้ hidden morkov models ซึ่งสามารถบ่งบอกระดับความติดขัดของสภาพจราจรใน 5 ระดับ คือ ว่าง คล่องตัว ปานกลาง หนาแน่นและติดขัด ผลจากการศึกษา พบว่าได้ค่าความแม่นตรงเท่ากับ 95% ส่วนการศึกษาของ Lu และ Cao (2003) ได้ศึกษาวิธีประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจรโดยใช้ Fuzzy logic แบบการจัดขอบเขตของสมาชิกอัตโนมัติ (Adaptive Neuro-Fuzzy Logic) ที่บ่งบอกระดับความติดขัด 3 ระดับ คือ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด ชุดข้อมูลที่นำมาใช้ในการเรียนรู้ประกอบด้วย อัตราความเร็วรถ ความหนาแน่นและภาพวิดีโอที่ถูกบันทึกไว้ เพื่อให้ผู้ประเมินเข้ามาพิจารณาสภาพจราจรนั้นแล้วทำการประเมินความติดขัด ผลที่ได้จากการศึกษา คือ กฎเกณฑ์ในลักษณะเงื่อนไขที่สามารถบ่งบอกระดับความติดขัด 3 ระดับที่เกิดจากการรับรู้ของผู้ประเมิน

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมุ่งศึกษาวิธีการประเมินระดับความติดขัดของการจราจรจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน โดยผู้ใช้ถนนจะทำการพิจารณาข้อมูลจากอุปกรณ์จับสัญญาณแบบถาวรที่ถูกติดตั้ง ณ ทางด่วนดินแดง ในเขตกรุงเทพมหานคร ข้อมูลจากอุปกรณ์จับสัญญาณแบบถาวรประกอบด้วย วัน เวลา ความเร็วเฉลี่ย ปริมาณจราจร และรูปภาพสภาพจราจร ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นตัวชี้วัดที่เหมาะสมสามารถนำมาใช้ชี้วัดความติดขัดของสภาพจราจรที่มีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัดได้ โครงข่ายประสาทเทียมจะถูกเรียนรู้และถูกทดสอบโดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมจากการรับรู้ของผู้ใช้ถนน จากการศึกษาอิทธิพลของค่าตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียม ในขั้นตอนการออกแบบและทดลอง จะทำการปรับค่าตัวแปร จำนวนโหนดในชั้นซ่อน อัตราการเรียนรู้ และค่าโมเมนตัม มาใช้ในการพิจารณาถึงวิธีการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้นำมาทดลองในครั้งนี้ เพื่อค้นหาตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่มีความเหมาะสมและใช้แก้ปัญหาได้ตามความต้องการ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

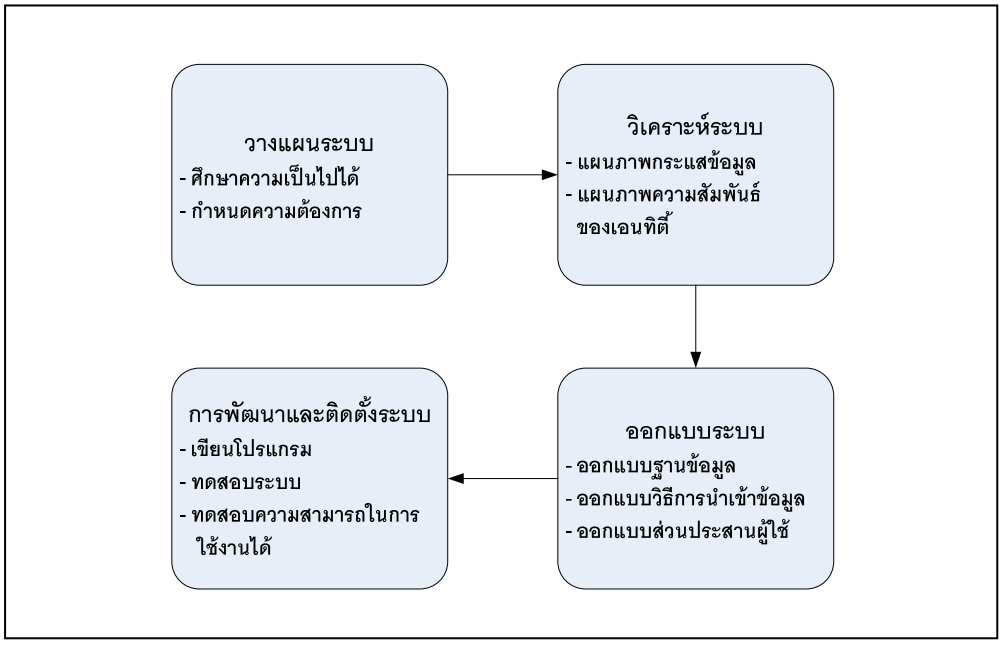
ในบทนี้กล่าวถึง วิธีการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 วิธีการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) โดยใช้แนวทางของวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle/SDLC) เพื่อใช้ในการพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดจากการจราจรทางบก และใช้กระบวนการค้นหาความรู้จากฐานข้อมูล (Knowledge Discovery in Databases/KDD) เพื่อใช้ในการค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนที่เหมาะสม มีขั้นตอนดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1.1 วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle/SDLC)

ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการพัฒนาระบบ

โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้

1) การวางแผนระบบ (System Planning)

ในระยะของการวางแผนระบบ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ของระบบและกำหนดความต้องการของระบบเพื่อวางแผนงานในการพัฒนาระบบต่อไป ทั้งนี้ได้ศึกษาความเป็นไปได้ของระบบงานต่าง ๆ ดังนี้

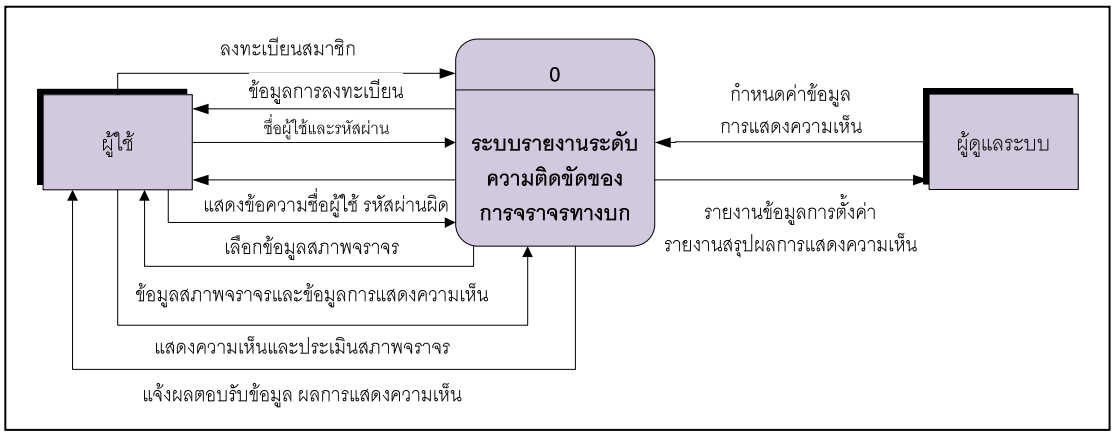
- ศึกษาระบบปัจจุบันในการรายงาน และประเมินสภาพจราจรผ่านเว็บไซต์ http://traffic.nectec.or.th/dev-wtraffy/
- ศึกษาพื้นฐานการออกแบบเว็บไซต์ด้วย Web Usability Web Survey และ Usability Testing
- ศึกษาพื้นฐานการประยุกต์ใช้งานโครงข่ายประสาทเทียม และการใช้โปรแกรม WEKA
- ศึกษาการพัฒนาระบบโดยใช้ PHP, AJAX, Java Script และการใช้งานฐานข้อมูล PostgresSQL

จากนั้นทำการวิเคราะห์ความต้องการเพื่อหาข้อสรุปที่ชัดเจนของความต้องการระบบใหม่ จากการศึกษา พบว่า ความต้องการระบบรายงานระดับความติดขัดของสภาพจราจรทางบก มีดังนี้

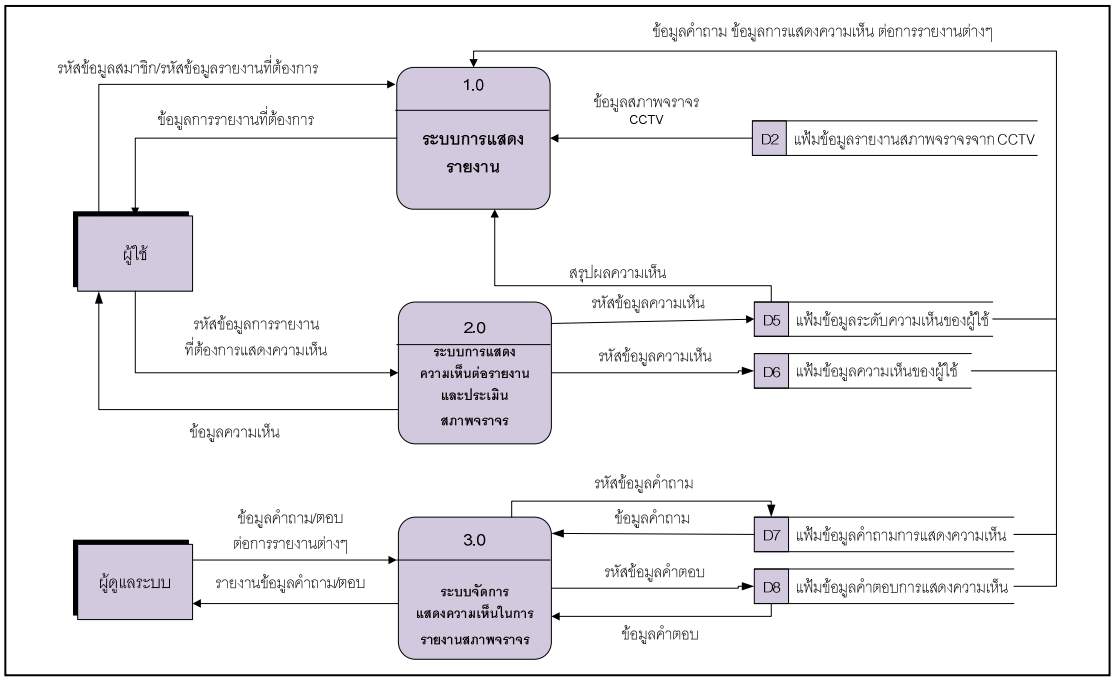
- สามารถแสดงรายงานสภาพจราจรจากกล้อง CCTV ในรูปแบบที่ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจได้โดยง่าย
- สามารถให้ผู้ใช้งานแสดงความคิดเห็นต่อข้อมูลการรายงานสภาพจราจรได้โดยง่าย
- ระบบสามารถบันทึกประวัติการแสดงความเห็นของผู้ใช้งานได้
- ระบบสามารถปรับเปลี่ยนคำถาม คำตอบในการแสดงความคิดเห็นได้

2) การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis)

การวิเคราะห์ระบบเป็นระยะที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำข้อกำหนดความต้องการของระบบมาจัดทำแผนภาพช่วยการตัดสินใจ คือ แผนภาพกระแสข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ 3.3



รูปที่ 3.2 แผนภาพกระแสข้อมูลรวมของระบบ (Context Diagram)



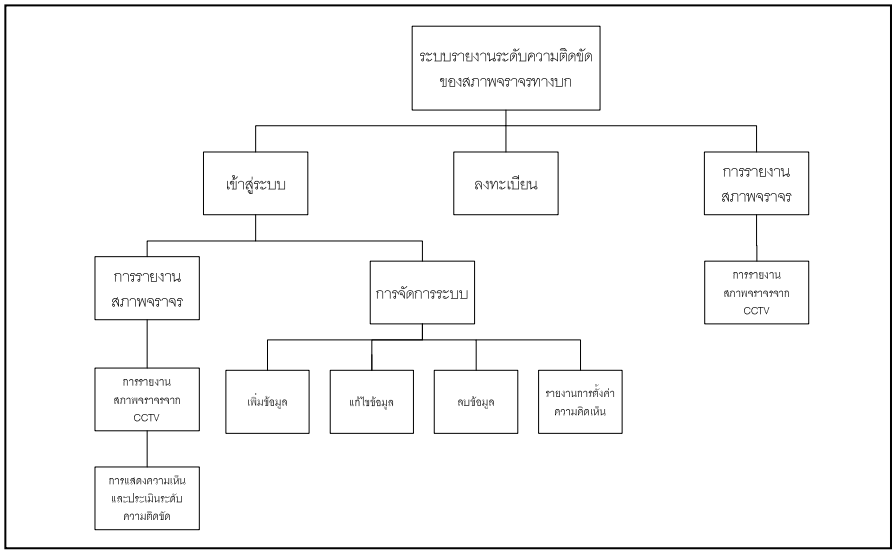
รูปที่ 3.3 แผนภาพกระแสข้อมูลกระบวนการต่าง ๆ ของแผนภาพรวมในระดับที่ 0 (DFD Level 0)

3) การออกแบบระบบ (System Design)

การออกแบบระบบเป็นการออกแบบผลลัพธ์ การออกแบบส่วนต่อประสานผู้ใช้ การออกแบบแฟ้มข้อมูลและฐานข้อมูล

การออกแบบส่วนประสานงานกับผู้ใช้ เป็นการออกแบบโครงสร้างเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างส่วนประสาน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้ใช้สามารถย้ายจากส่วนประสานหนึ่ง

ไปยังอีกส่วนประสานหนึ่งได้อย่างไร วิธีการออกแบบโครงสร้างส่วนประสานงาน โดยเรียงจากบนลงล่างและจากซ้ายไปขวา ในลักษณะโครงสร้างแบบต้นไม้ที่สัมพันธ์กันกับโครงสร้างส่วนประสานงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.4

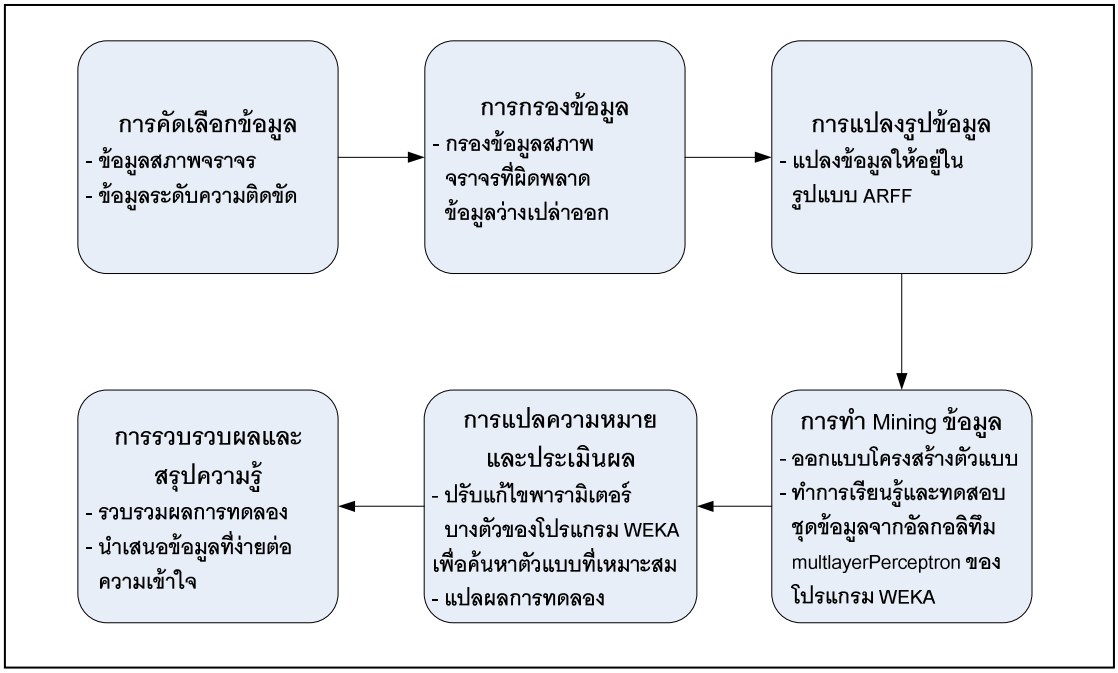


รูปที่ 3.4 ภาพรวมการออกแบบส่วนต่อประสานงานกับผู้ใช้

4) การพัฒนาและติดตั้งระบบ (System Implementation)

ในระยะนี้จะเป็นการสร้างระบบงานใหม่ซึ่งประกอบด้วย การเขียนโปรแกรม การทดสอบระบบ และการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ (Usability Testing) ของระบบ ซึ่งผลการพัฒนาระบบจะกล่าวในบทที่ 4

3.1.2 กระบวนการค้นหาความรู้จากฐานข้อมูล (Knowledge Discovery in Databases/KDD) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป 3.5



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการค้นหาความรู้จากฐานข้อมูล

โดยมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

1) การคัดเลือกข้อมูล (Data Selection / Sampling)

เป็นขั้นตอนของการคัดเลือกข้อมูลเฉพาะกลุ่มที่สนใจออกมาจากฐานข้อมูล หรือคลังข้อมูล เพื่อทำการพิจารณาข้อมูลในเบื้องต้น สำหรับงานวิจัยนี้ข้อมูลประกอบด้วยแอททริบิวต์และความหมาย ดังนี้

- DayofWeek คือ วันในสัปดาห์ (วันจันทร์ - วันอาทิตย์)
- Time คือ เวลาที่บันทึกข้อมูล (นาที)
- Speed คือ ความเร็วเฉลี่ยที่ผ่านช่วงเวลาตรวจวัด (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
- Volume คือ ปริมาณจราจร (คัน)
- Congestion คือ ระดับความติดขัดของสภาพจราจรที่เกิดจากการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน ได้แก่ สภาพจราจรคล่องตัว สภาพจราจรหนาแน่นและสภาพจราจรติดขัด

2) การกรองข้อมูล (Data Cleaning)

เป็นขั้นตอนของการกรองข้อมูล โดยข้อมูลที่คัดเลือกมาอาจจะมีบางส่วนที่ผิดพลาด ข้อมูลจะต้องได้รับการแก้ไข เปลี่ยนแปลง ก่อนที่จะถูกนำไปใช้เพื่อการค้นหาความรู้ในขั้นตอนต่อไป

3) การแปลงรูปข้อมูล (Data Transformation)

เป็นขั้นตอนของการแปลงข้อมูลที่เลือกมาให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ .ARFF สำหรับการนำไปวิเคราะห์ตามอัลกอริทึม multiLayerPerceptorn ของโปรแกรม WEKA

4) การทำ Mining ข้อมูล (Data Mining)

เป็นขั้นตอนของการนำชุดข้อมูลที่ผ่านกระบวนการคัดเลือกข้อมูล กรองข้อมูล และแปลงรูปข้อมูล มาเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้และทดสอบข้อมูล โดยเลือกใช้อัลกอริทึม multiLayerPerceptorn ของโปรแกรม WEKA ซึ่งเป็นอัลกอริทึมในการสร้างตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม และใช้วิธีการทดสอบความถูกต้องแบบข้าม (Cross-Validation) จำนวน 10 ชุดข้อมูล เพื่อใช้ในการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม

จากนั้นทำการศึกษาจุดทำงานที่เหมาะสมของตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม โดยการปรับพารามิเตอร์ที่มีผลกระทบต่อการเรียนรู้ของโครงข่าย ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

(1) ทำการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงของจำนวนโหนดในชั้นซ่อน โดยการเปลี่ยนแปลงจำนวนโหนดตั้งแต่ 1 โหนดไปจนกระทั้งจำนวนโหนดในชั้นซ่อนมีค่าประมาณ 2 เท่าของจำนวนโหนดในชั้นอินพุต โดยพิจารณาจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error/RMSE) ที่ต่ำที่สุด โดยมีค่าความแม่นตรง (Accuracy) ที่สูงที่สุด และค่าความแม่นยำ (Precision) ของการทำนายแต่ละกลุ่มข้อมูลที่มีค่าสูงที่สุด

(2) ทำการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ตั้งแต่ 0.1 - 0.9 โดยพิจารณาจากค่า RMSE ต่ำที่สุด ที่มีค่า Accuracy และค่า Precision สูงที่สุด

(3) ทำการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัมตั้งแต่ 0.1 - 0.9 โดยนำผลการเปลี่ยนแปลงจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ได้จากการศึกษาในข้อ (1) และอัตราการเรียนรู้จากการศึกษาในข้อ (2) มาประยุกต์ใช้ โดยพิจารณาจากค่า RMSE ต่ำที่สุด ที่มีค่า Accuracy และค่า Precision สูงที่สุด

5) การแปลความหมายและการประเมินผล (Interpretation / Evaluation)

เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบและแปลผลที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 ถ้าผลที่ได้ยังมีค่าความถูกต้องต่ำเกินไป ต้องกลับไปขั้นตอนที่ 4 เพื่อปรับพารามิเตอร์บางตัวของโปรแกรม WEKA หรือในบางครั้งอาจต้องกลับไปถึงขั้นตอนที่ 1 โดยไปสุ่มเลือกข้อมูลชุดใหม่มาใช้ในการทดลอง ถ้าหากข้อมูลชุดแรกที่ใช้ ไม่แสดงแพทเทิร์นใดออกมาให้เห็นได้ชัดเจน

6) การรวบรวมและสรุปความรู้ (Consolidating Discovered Knowledge)

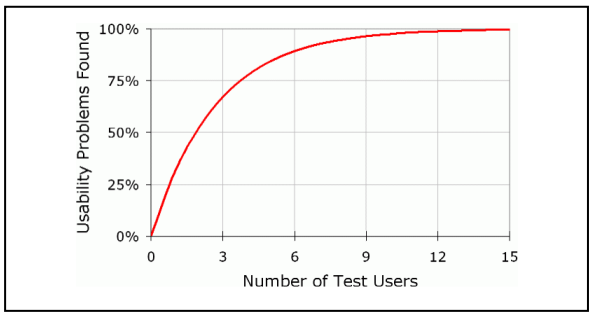
เป็นขั้นตอนของการรวบรวมและสรุปความรู้ที่ได้จากกระบวนการทำ KDD เพื่อนำเสนอข้อมูลที่ได้ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่าย

3.2 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้ใช้ถนนทั่วไป

3.2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ ผู้ใช้ถนนที่แสดงความคิดเห็นต่อการรายงานสภาพจราจรและประเมินระดับความติดขัดจากข้อมูลจราจรผ่านเว็บไซต์ http://traffic.nectec.or.th/dev-wtraffy/ ที่มีประสบการณ์ในการขับรถและมีประสบการณ์ในการใช้งานคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต

3.2.3 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาความสามารถในการใช้งานได้ จากการศึกษาของ Battleson, Booth และ Weintrop (2001, quoted in Whitehead, 2006, p.788) อธิบายไว้ว่ากลุ่มของผู้ใช้ที่ทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ (Usability Testing) ต้องมีอย่างน้อย 5 คน ในขณะที่ Dickstein และ Mills (2000, quoted in Whitehead, 2006, p.788) กล่าวว่า 8 - 12 คน ก็เพียงพอที่จะทราบถึงปัญหาการใช้งานในเว็บไซต์ ทั้งนี้เมื่อทดสอบการใช้งานถึงผู้ใช้คนที่ 5 สามารถที่จะทราบถึงปัญหาหรือความสำเร็จในการใช้งานเว็บไซต์ได้แล้วดังแสดงในรูปที่ 3.6 แต่สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้



รูปที่ 3.6 แนวคิดของ Dickstein และ Mills ในการกำหนดจำนวนผู้ใช้งานที่ใช้ในการทดสอบ

3.2.3 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการค้นหาตัวแบบ ผู้วิจัยใช้ช่วงเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างวันที่ 1/10/2551 - 30/12/2551 เป็นการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งจากช่วงเวลาดังกล่าว ทำให้ได้กลุ่มตัวอย่างที่ทำการประเมินสภาพจราจรผ่านเว็บไซต์รวมทั้งสิ้น 146 คน

3.3 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้กำหนดตัวแปรเพื่อใช้ศึกษาความสามารถในการใช้งานได้และกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ศึกษาการค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน ดังแสดงในรูปที่ 3.7 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ศึกษาความสามารถในการใช้งานได้

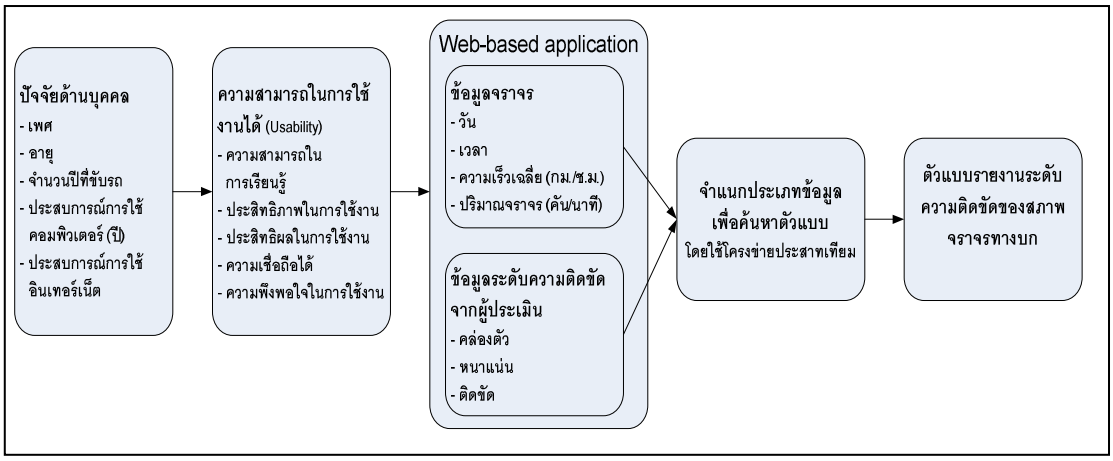
1) ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) คือ ปัจจัยด้านบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ประสบการณ์การขับรถรวมทั้งประสบการณ์การใช้งานคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต

2) ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ คุณภาพของ Usability ได้แก่ ด้านความสามารถในการเรียนรู้ ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน ด้านประสิทธิผลในการใช้งาน ด้านความเชื่อถือได้ในการใช้งาน และด้านความพึงพอใจในการใช้งาน

3.3.2 การกำหนดตัวแปรเพื่อใช้ในการค้นหาตัวแบบ

1) ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) คือ วันของสัปดาห์ (วันจันทร์ - วันอาทิตย์) เวลา (นาที) ความเร็วเฉลี่ยของรถ (ก.ม. /ช.ม.) และปริมาณการจราจร (คัน/นาที)

2) ตัวแปรตาม (Dependent Variables) คือ ระดับความติดขัดในการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนที่มีอยู่ 3 ระดับ ได้แก่ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด



รูปที่ 3.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการใช้งานได้และค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนที่เหมาะสม มีรายละเอียด ดังนี้

3.4.1 เครื่องมือที่ใช้ทดสอบความสามารถในการใช้งานได้

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แบบสอบถาม การสังเกต และการสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือสำหรับเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) แบบสอบถาม (Questionnaire) ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลปัจจัยด้านบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เพศ อายุ ข้อมูลการใช้ถนน ประสบการณ์การขับรถ ประสบการณ์การใช้งานคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต

ส่วนที่ 2 ข้อมูลการใช้งานของระบบ ซึ่งเป็นแบบวัดอัตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) มี 5 ระดับ คือ ดีมาก = 5, ดี = 4, ปานกลาง = 3, น้อย = 2, น้อยที่สุด = 1

ระดับการให้คะแนนเฉลี่ยในแต่ละระดับชั้น ผู้วิจัยใช้สูตรความกว้างของชั้น คือ อันตรภาคชั้น = ค่าพิสัย/จำนวนชั้น = (5-1)/5 = 0.8 จากนั้นนำมาหาระดับคะแนนเฉลี่ย โดยกำหนดความหมาย ดังนี้

4.21 - 5.00 หมายถึง ผู้ใช้ถนนมีระดับความเห็นด้วยดีมาก

3.41 - 4.20 หมายถึง ผู้ใช้ถนนมีระดับความเห็นด้วยดี

2.61 - 3.40 หมายถึง ผู้ใช้ถนนมีระดับความเห็นด้วยปานกลาง

1.81 - 2.60 หมายถึง ผู้ใช้ถนนมีระดับความเห็นด้วยน้อย

1.00 - 1.80 หมายถึง ผู้ใช้ถนนมีระดับความเห็นด้วยน้อยที่สุด

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เป็นแบบสอบถามใช้แบบปลายเปิด (Open-Ended Question) ให้ผู้ใช้งานแสดงความคิดเห็นในการใช้งานเพิ่มเติมหรือข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาระบบ

2) การสังเกต (Observation)

ผู้วิจัยทำการสังเกตขั้นตอนตลอดการใช้งาน รวมทั้งบันทึกพฤติกรรมการใช้งานของผู้ใช้งานเพิ่มเติม

3) การสัมภาษณ์ (Interview)

ผู้วิจัยทำการสัมภาษณ์ผู้ใช้งานหลังจากใช้งานเสร็จสิ้น เพื่อซักถามให้ผู้ใช้งานแสดงข้อเสนอแนะหรือคำถามเพิ่มเติมในแต่ละขั้นตอนการใช้งาน

3.4.2 เครื่องมือและเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

1) ด้านฮาร์ดแวร์

- เครื่องแม่ข่าย (Server) เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เชื่อมต่อกับเครือข่ายเพื่อใช้ในการประมวลผลของงานต่าง ๆ

- เครื่องลูกข่าย (Client) ใช้ในการติดต่อข้อมูลจากเครื่องแม่ข่ายเพื่อแสดงผลข้อมูล

2) ด้านซอฟแวร์

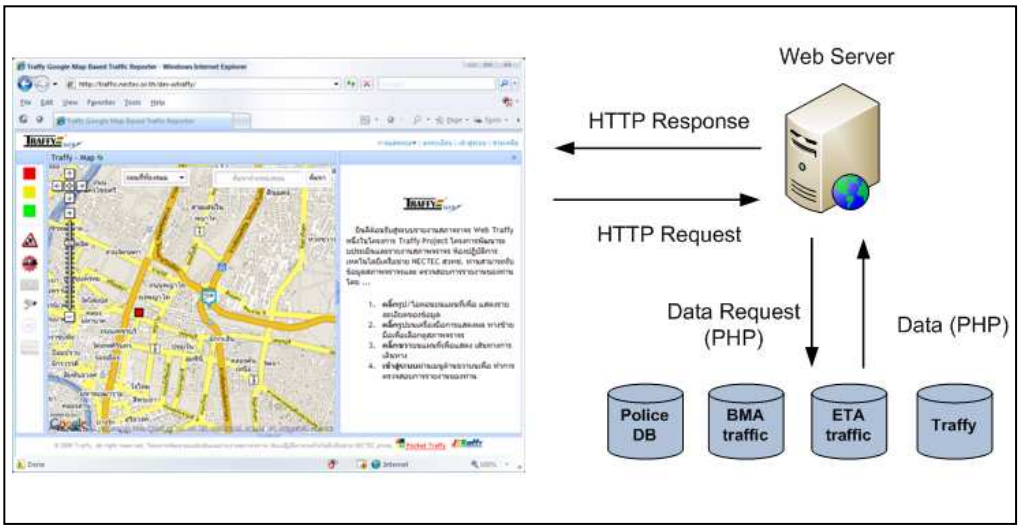
- ภาษา PHP ใช้ในการพัฒนาระบบซึ่งเป็นภาษาที่ทำงานบนเครื่องแม่ข่าย (Server-Side Script) เหมาะสำหรับใช้ในการพัฒนาโปรแกรมที่มีการทำงานแบบ Web-Based Application และเนื่องจากเป็นภาษาที่ทำงานได้หลาย Platform ประกอบกับประสิทธิภาพการนำไปใช้พัฒนาโปรแกรมที่ทำงานลักษณะ Web Base Application จึงทำให้ภาษา PHP เป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาระบบ

- เทคนิค AJAX (Asynchronous JavaScript And XML) จะช่วยลดการติดต่อระหว่าง Client กับ Server โดยในการโหลดหน้าเว็บนั่น บราวเซอร์จะโหลดข้อมูลจาก AJAX Engine แทนการร้องขอข้อมูลจาก Server โดยตรง ดังนั้นการพัฒนา Web Application ด้วย AJAX จะช่วยให้ Web Application สามารถตอบสนองข้อมูลแก่ผู้ใช้งานได้อย่างรวดเร็วสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้งานได้ทันทีและใช้เวลาน้อยที่สุด ความสามารถของ AJAX นั้นทำให้ Web Application แสดงข้อมูลบนหน้าเว็บได้อย่างรวดเร็วและมีความนุ่มนวล เนื่องจากแสดงผลเพียงบางส่วนบนหน้าจอ ซึ่งเป็นบริเวณที่ผู้ใช้งานต้องการข้อมูลจริง ๆ เท่านั้น จึงทำให้การพัฒนา Web Application ด้วย AJAX เป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับพัฒนาระบบ

- PostgresSQL เป็นฐานข้อมูลใช้ในการเก็บข้อมูลของระบบ

- Google Map API ใช้แสดงแผนที่ภาพถนนในกรุงเทพมหานคร เพื่อระบุตำแหน่งข้อมูลสภาพจราจร

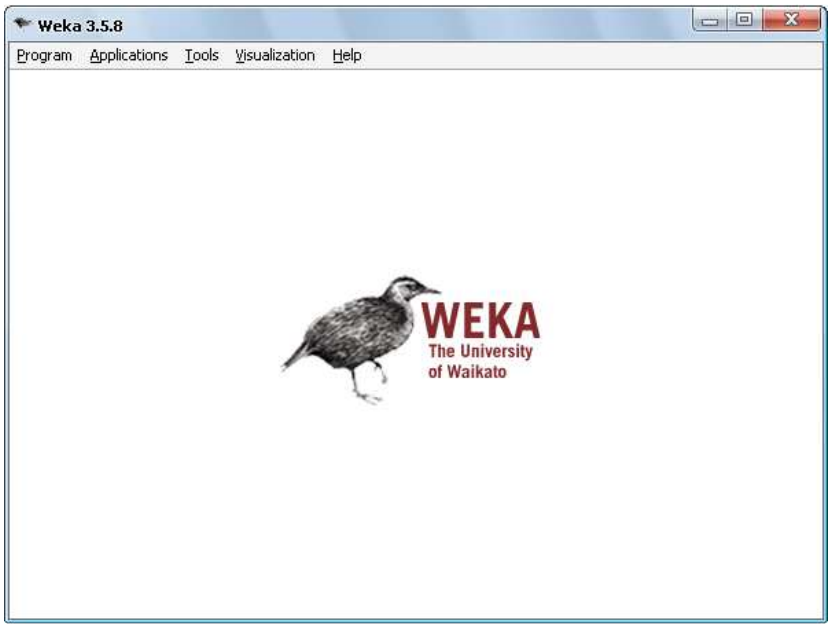
จากเครื่องมือและเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาระบบ สามารถนำมาออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบได้ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 สถาปัตยกรรมของระบบ

3.4.3 เครื่องมือในการจำแนกข้อมูลสภาพจราจร

โปรแกรม WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) ดังแสดงในรูปที่ 3.9 เป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นโดยมหาวิทยาลัย Waikato ประเทศนิวซีแลนด์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งจะทำให้สามารถวิเคราะห์แนวโน้ม หรือความเป็นไปได้ต่าง ๆ โดยผู้ใช้สามารถเลือกอัลกอริทึมที่จะใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ โดยที่ WEKA ได้รวบรวมอัลกอริทึมที่ใช้ในการทำเหมืองข้อมูลไว้หลายแขนงด้วยกัน เช่น Classification, Clustering, Association, Regression เป็นต้น ในแต่ละอัลกอริทึมถูกพัฒนาขึ้นจากภาษา Java ที่สามารถนำไปใช้งานได้ ในทุก ๆ Platform โดยสิ่งที่เป็นจุดเด่นของ WEKA ก็คืองานในสาขาของ Classification ที่ได้รวบรวมอัลกอริทึมไว้มากมาย เช่น Bayesian Algorithm (ตัวอย่าง NaïveBayes) Lazy (ตัวอย่าง IBk) Decision trees (ตัวอย่าง J48 และ ID3) Neural Network (ตัวอย่าง multiLayerPerceptorn) ฯลฯ โดยงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม WEKA เวอร์ชั่น 3.5.8 ในการเรียนรู้และทดสอบข้อมูลและใช้อัลกอลิทึม multiLayerPerceptorn เพื่อใช้สร้างตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม โดยมีรูปแบบและการใช้งาน ดังนี้



รูปที่ 3.9 หน้าจอหลักของโปรแกรม WEKA

1) รูปแบบและชนิดของข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรม WEKA

ชุดข้อมูลที่ใช้ในโปรแกรม WEKA จะต้องอยู่ในรูปแบบ ARFF (Attribute-Relation File Format) ซึ่ง ARFF ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ดังนี้

(1) Header หรือส่วนหัว คือส่วนที่แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับ ชื่อของชุดข้อมูล รายการของแอททริบิวต์ที่ใช้และชนิดของแอททริบิวต์ ซึ่งจะขึ้นต้นด้วย @ และตามด้วยคำหลักอื่น ๆ เช่น @relation เป็นต้น

(2) Data คือ ส่วนที่แสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.10 ซึ่งเป็นตัวอย่างของชุดข้อมูล Iris

ทั้งนี้รูปแบบ ARFF อาจสรุปได้ดังรูปที่ 3.11

```
% 1. Title: Iris Plants Database
%
% 2. Sources:
%      (a) Creator: R.A. Fisher
%      (b) Donor: Michael Marshall (MARSHALL%PLU@io.arc.nasa.gov)
%      (c) Date: July, 1988
%
@RELATION iris

@ATTRIBUTE  sepallength      REAL
@ATTRIBUTE  sepalwidth       REAL
@ATTRIBUTE  petallength      REAL
@ATTRIBUTE  petalwidth       REAL
@ATTRIBUTE  class            {Iris-setosa,Iris-versicolor,Iris-virginica}

@DATA
5.1,3.5,1.4,0.2,Iris-setosa
4.9,3.0,1.4,0.2,Iris-setosa
4.7,3.2,1.3,0.2,Iris-setosa
4.6,3.1,1.5,0.2,Iris-setosa
5.0,3.6,1.4,0.2,Iris-setosa
5.4,3.9,1.7,0.4,Iris-setosa
4.6,3.4,1.4,0.3,Iris-setosa
5.0,3.4,1.5,0.2,Iris-setosa
4.4,2.9,1.4,0.2,Iris-setosa
```

รูปที่ 3.10 แสดงตัวอย่างของข้อมูลที่อยู่ในรูป ARFF

```
<ARFF-dataset>        := <header-section><data-section>

<header-section>      := <relation-section><attribute-section>

<relation-section> := @relation  <relation-name> \n
<attribute-section> := <attribute-declare>  [<attribute-list>]
<attribute-list> := <attribute-declare>  [<attribute-list>]
<attribute-declare> := @attribute <attribute-name> <datatype>  \n

<datatype> := <numeric> | <nominal-specification> | string | date [<date-format>]
<numeric> := real | integer
<nominal-specification> := {<nominal-name-list>}
<nominal-name-list> := <nominal-name[, <nominal-name-list> ]

<data-section> := @data  \n  <data-instances>

<data-instances> := <data-instance>  \n
<data-instance> := <data-value>  [, <value-list>]
<value-list> := <data-value>  [,  <value-list>]
```

รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างสรุปรูปแบบ ARFF

2) การใช้งานเพื่อจำแนกข้อมูลในโปรแกรม WEKA

ในการใช้งานเพื่อจำแนกข้อมูล (Classifier) ในโปรแกรม WEKA มีรายละเอียดขั้นตอนดังนี้

(1) จากรูปที่ 3.9 คลิกที่ปุ่ม Applications เพื่อเปิดโปรแกรม Explorer

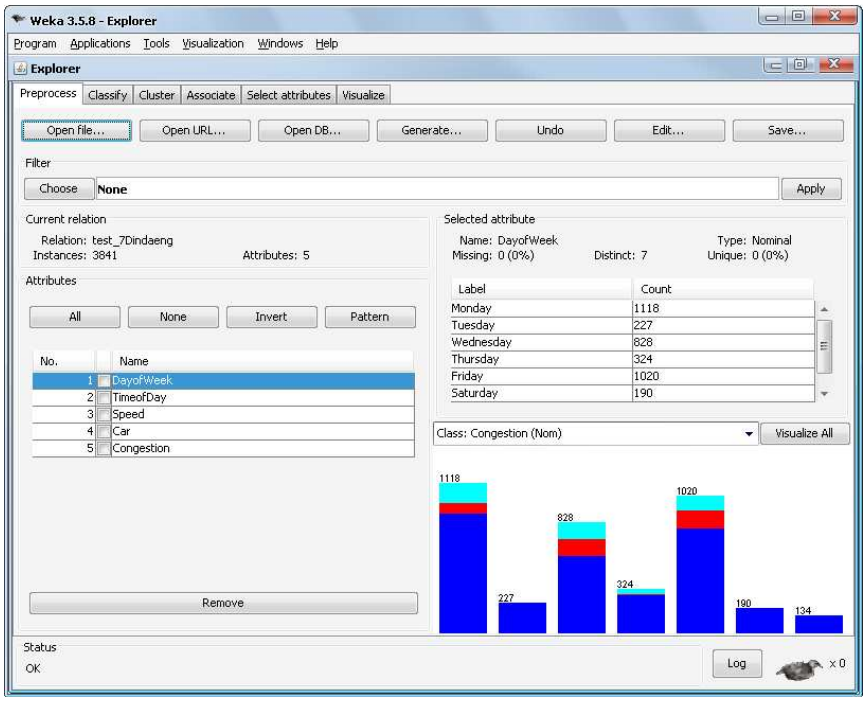
(2) คลิกที่ปุ่ม Open file…เพื่อเลือกชุดข้อมูลในรูปแบบ ARFF (.arff)

(3) เมื่อเลือกชุดข้อมูลแล้ว โปรแกรม WEKA จะแสดงรายละเอียดของข้อมูลนั้น เช่น ชื่อของชุดข้อมูล จำนวนตัวอย่างทั้งหมด จำนวนแอททริบิวต์และรายละเอียดอื่น ๆ ของข้อมูลโดยสังเขป ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.12

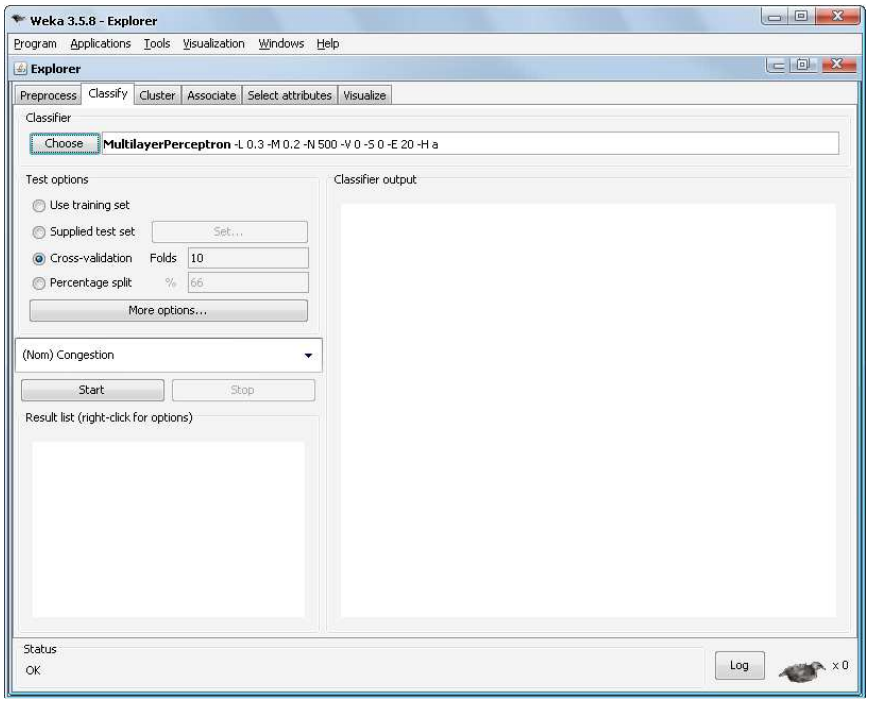
(4) จากนั้นคลิกที่แท็บ Classify และคลิกที่ปุ่ม Choose เพื่อเลือกอัลกอริทึมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล สำหรับงานวิจัยนี้ใช้อัลกอริทึม multiLayerPerceptron

(5) โดยค่าเริ่มต้นจะเลือกแอททริบิวต์ที่อยู่ในลำดับท้ายสุด เป็นกลุ่มของข้อมูล และกำหนดค่า Test options เป็น Cross-validation Folds:10 ดังแสดงในรูปที่ 3.13

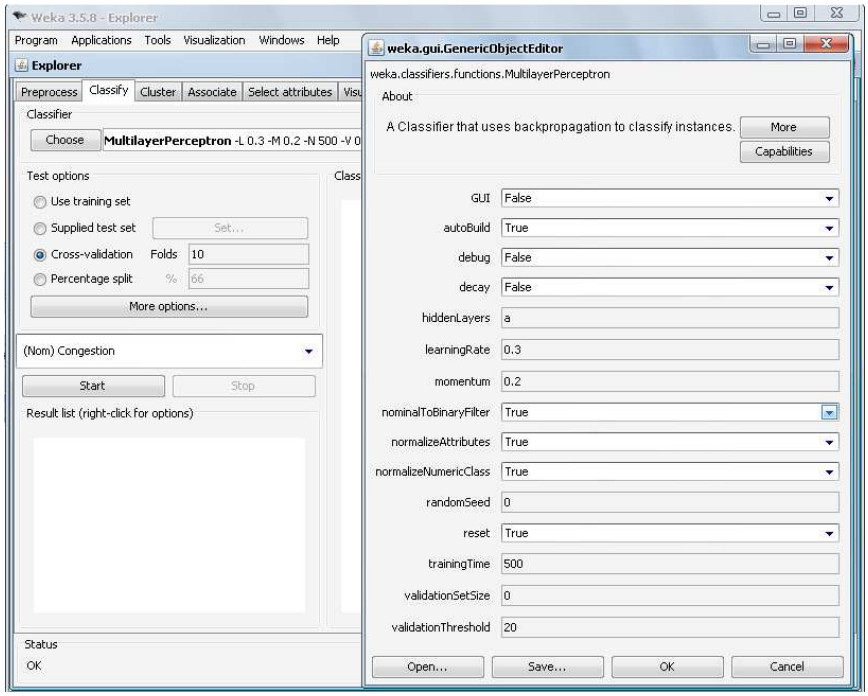
(6) การปรับค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ของอัลกอริทึม multiLayerPerceptron โดยการคลิกที่ชื่อของอัลกอริทึม จะปรากฏหน้าต่างสำหรับการปรับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวดังแสดงได้ในรูปที่ 3.14 โดยมีรายละเอียดของพารามิเตอร์แต่ละตัวดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.12 โปรแกรม WEKA Explorer แสดงรายละเอียดของข้อมูล



รูปที่ 3.13 โปรแกรม WEKA Explorer แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของแท็บ Classify



รูปที่ 3.14 แสดงหน้าต่างสำหรับปรับค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของอัลกอริทึม multiLayerPerceptron

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของอัลกอริทึม multiLayerPerceptron

ชื่อพารามิเตอร์	คำสั่ง	ค่าเริ่มต้น	คำอธิบาย
GUI	- G	False	ถ้ากำหนด GUI เป็น True จะแสดงรูปโครงข่ายประสาทเทียม
autoBuild	- A	True	เป็นการเชื่อมต่อโหนดในชั้นซ่อนภายในโครงข่าย
Debug		False	ถ้ากำหนดเป็น True ทำให้ Classifier แสดงข้อมูลเพิ่มเติมบน Console ของระบบ
Decay	- D	False	ถ้ากำหนดเป็น True จะทำให้ลดอัตราการเรียนรู้ลง
hiddenLayers	- H	a	เป็นการกำหนดจำนวนโหนดในชั้นซ่อน โดยกำหนดเป็นตัวเลขของจำนวนโหนดที่ต้องการ ถ้ากำหนดเป็น a โปรแกรม WEKA จะกำหนดจำนวนโหนดให้อัตโนมัติ จากสูตร (จำนวนแอททริบิวต์ + จำนวนกลุ่มข้อมูลเป้าหมาย) / 2)
learningRate	- L	0.3	เป็นการกำหนดค่าอัตราการเรียนรู้เพื่อการปรับปรุงน้ำหนัก
Momentum	- M	0.2	เป็นการกำหนดค่าโมเมนตัมเพื่อการปรับปรุงน้ำหนัก
nominalToBinaryFilter	- B	True	ถ้ากำหนดเป็น True จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของแอททริบิวต์ที่ข้อมูลเป็น nominal
normalizeAttributes	- I	True	ถ้ากำหนดเป็น True จะเป็นการทำให้แอททริบิวต์ที่ข้อมูลเป็น nominal อยู่ในรูปแบบมาตราฐานที่มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของโครงข่าย

ตารางที่ 3.1 พารามิเตอร์ต่าง ๆ ของอัลกอริทึม multiLayerPerceptron (ต่อ)

ชื่อพารามิเตอร์	คำสั่ง	ค่าเริ่มต้น	คำอธิบาย
normalizeNumericClass	- C	True	ถ้ากำหนดเป็น True จะเป็นการทำให้แอททริบิวต์ที่ข้อมูลเป็น numeric อยู่ในรูปแบบมาตราฐานที่มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของโครงข่าย
randomSeed	- S	0	เป็นการกำหนดจำนวน seed ในการสุ่มตัวเลข ใช้ในการตั้งค่าน้ำหนักในการเชื่อมต่อระหว่างโหนด
Reset	- R	True	เป็นการกำหนดให้สามารถ reset โครงข่ายเมื่ออัตราการเรียนรู้ลดต่ำลง ถ้าโครงข่ายแตกต่างจากเป้าหมายที่ต้องการ จากนั้นจะทำการเรียนรู้ใหม่อีกครั้ง
trainingTime	- N	500	เป็นการกำหนดจำนวนรอบของการเรียนรู้
validationSetSize	- V	0	เป็นการกำหนดขนาดของชุดข้อมูลตรวจสอบ ถ้ากำหนดเป็น 0 จะไม่มีชุดข้อมูลตรวจสอบ

3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลในการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้และทำการรวบรวมข้อมูลจราจรในการประเมินระดับความติดขัดจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน โดยมีรายละเอียดการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.5.1 การเก็บข้อมูลในการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้

ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลจากแบบสอบถาม ที่ได้จากการแสดงความเห็นของผู้ใช้งานจำนวน 30 ชุด มีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) ผู้ใช้งานทำการใช้งานโปรแกรม เพื่อแสดงความคิดเห็นต่อการรายงานสภาพจราจรและประเมินระดับความติดขัดจากข้อมูลจราจร

2) ผู้วิจัยทำการสังเกตและบันทึกข้อมูลวิธีการใช้งานตลอดการใช้งานตั้งแต่ต้นจนจบ

3) เมื่อผู้ใช้งานทำการใช้งานระบบเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยทำการแจกแบบสอบถามการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้งานประเมินผลการใช้งาน

4) เมื่อได้รับแบบสอบถามคืนในจำนวนที่ครบถ้วนสำหรับการวิจัย ผู้วิจัยทำการตรวจสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบถามและรวบรวมแบบสอบถามเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติต่อไป

3.5.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลจราจรเพื่อประเมินระดับความติดขัด

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจราจรจากกล้อง CCTV ที่ติดตั้ง ณ ทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ซึ่งในการทำงานของกล้อง CCTV นั้นสามารถแสดงสภาพของการจราจรผ่านทางจอภาพหรือบันทึกภาพเก็บไว้ได้ และมีอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณการจราจรและความเร็วของยานพาหนะบนทางด่วน ที่สามารถจัดเก็บข้อมูลจราจรได้ตามความต้องการของผู้ใช้งาน สำหรับงานวิจัยนี้ข้อมูลที่นำมาศึกษาถูกจัดเก็บในทุก ๆ 1 นาทีของทุกช่วงเวลาระหว่าง 6:00 น. - 18:00 น. ซึ่งมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) ชุดข้อมูลจราจรที่ใช้สำหรับการเรียนรู้ เพื่อสร้างตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม ผู้วิจัยใช้ข้อมูลในระหว่างวันที่ 1/10/2551 - 30/12/2551 เป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยให้ผู้ใช้ถนนทำการประเมินสภาพจราจรผ่านเว็บไซต์ ซึ่งได้รับจำนวนของผู้ใช้ถนนทั้งสิ้น 146 ราย และได้รับชุดข้อมูลการแสดงความคิดเห็นต่อสภาพจราจรทั้งสิ้น 3,456 รายการ

2) ชุดข้อมูลจราจรที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ วันของสัปดาห์ เวลา ความเร็วเฉลี่ยของรถ ปริมาณการจราจรและระดับความติดขัดของสภาพจราจรจากการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน

3) ชุดข้อมูลจราจรที่ใช้ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูล ในช่วงเวลาเดียวกัน ระหว่างการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนกับการประเมินจากกรุงเทพมหานคร และใช้ในการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันระหว่างการประเมินจากผู้ใช้ถนน และการประเมินจากกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยใช้ข้อมูลในระหว่างวันที่ 1/1/2552 - 31/1/2552 ซึ่งมีจำนวนชุดข้อมูลทั้งสิ้น 2,675 รายการ

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลใช้การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่จำแนกตามลักษณะข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้

ดำเนินการใน 2 ลักษณะ คือ

1) ข้อมูลเชิงคุณภาพ ใช้การวิเคราะห์เนื้อหาเพื่อนำมาตีความและสรุปผล

2) ข้อมูลเชิงปริมาณ วิเคราะห์ด้วยค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3.6.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อค้นหาตัวแบบที่เหมาะสม

ในกระบวนการคัดเลือกเพื่อหาตัวแบบของโครงข่ายประสาทเทียม จะทำการวิเคราะห์จากค่า RMSE ที่ต่ำที่สุด โดยมีค่า Accuracy และค่า Precision ที่มีค่าสูงที่สุด รายละเอียดวิธีวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อค้นหาตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม ผู้วิจัยนำชุดข้อมูลจราจรมาเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้และทดสอบ โดยพิจารณาข้อมูลจาก

1) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error/RMSE) ซึ่งคำนวณจาก

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{(p_1-a_1)^2+\ldots+(p_n-a_n)^2}{n}}$$

กำหนดให้ n คือ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการจำแนกข้อมูล

a_i คือ ค่าของข้อมูลจริงที่ใช้ในการจำแนกข้อมูล

p_i คือ ค่าของข้อมูลที่ได้จากการจำแนกข้อมูล

2) ค่าความแม่นตรง (Accuracy) และค่าความแม่นยำ (Precision) ของการจำแนกกลุ่มข้อมูล ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลแบบผลลัพธ์ 3 ค่า คือ คล่องตัว หนาแน่น และติดขัด ดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ผลลัพธ์การจำแนกข้อมูลแบบ Confusion Matrix

ผลการจำแนกระดับความติดขัด		**ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม**		
		คล่องตัว	หนาแน่น	ติดขัด
ความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน	คล่องตัว	a	b	c
	หนาแน่น	d	e	f
	ติดขัด	g	h	i

จากตารางที่ 3.2 กลุ่มข้อมูลแต่ละค่าสามารถอธิบายความหมายได้ ดังนี้

a คือ ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่า คล่องตัว ผลการจำแนกข้อมูลเป็น คล่องตัว

b คือ ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่า คล่องตัว ผลการจำแนกข้อมูลเป็น หนาแน่น

c คือ ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่า คล่องตัว ผลการจำแนกข้อมูลเป็น ติดขัด
d คือ ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่า หนาแน่น ผลการจำแนกข้อมูลเป็น คล่องตัว
e คือ ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่า หนาแน่น ผลการจำแนกข้อมูลเป็น หนาแน่น
f คือ ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่า หนาแน่น ผลการจำแนกข้อมูลเป็น ติดขัด
g คือ ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่า ติดขัด ผลการจำแนกข้อมูลเป็น คล่องตัว
h คือ ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่า ติดขัด ผลการจำแนกข้อมูลเป็น หนาแน่น
i คือ ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่า ติดขัด ผลการจำแนกข้อมูลเป็น ติดขัด

นำผลลัพธ์การจำแนกข้อมูลจากตารางที่ 3.2 มาคำนวณเพื่อหาค่าความแม่นตรง และค่าความแม่นยำของการจำแนกกลุ่มข้อมูล ดังนี้

(1) ค่าความแม่นตรง (Accuracy) ในการจำแนกข้อมูล คำนวณจาก

$$\text{Accuracy} = \frac{a + e + i}{a + b + c + d + e + f + g + h + i}$$

(2) ค่าความแม่นยำ (Precision) ของการจำแนกกลุ่มข้อมูล คำนวณจาก

$$\text{Precision} = \frac{\text{จำนวนข้อมูลที่จำแนกได้ถูกต้องของกลุ่มนั้น}}{\text{จำนวนข้อมูลที่ถูกจำแนกว่าเป็นกลุ่มนั้นทั้งหมด}}$$

ตัวอย่าง Precision ของกลุ่มคล่องตัว คือ

$$P_{\text{คล่องตัว}} = \frac{a}{a + d + g}$$

ตัวอย่าง Precision ของกลุ่มหนาแน่น คือ

$$P_{\text{หนาแน่น}} = \frac{e}{b + e + h}$$

ตัวอย่าง Precision ของกลุ่มติดขัด คือ

$$P_{\text{ติดขัด}} = \frac{i}{c + f + i}$$

3.6.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่างตัวแบบและการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน

ผู้วิจัยใช้ชุดข้อมูลสภาพจราจร ในระหว่างวันที่ 1/10/2551 - 30/12/2551 จากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ซึ่งได้รับจำนวนของผู้ใช้ถนนทั้งสิ้น 146 ราย และได้รับชุดข้อมูลการแสดงความคิดเห็นต่อสภาพจราจรทั้งสิ้น 3,456 รายการ มาเปรียบเทียบผลการจำแนกข้อมูลระหว่างตัวแบบและการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน ในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้การจำแนกข้อมูลของตัวแบบมีความแตกต่างจากการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน

3.6.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากผู้ใช้ถนนและการประเมินจากกรุงเทพมหานคร

ผู้วิจัยใช้ชุดข้อมูลสภาพจราจร ในระหว่างวันที่ 1/1/2552 - 31/1/2552 จากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ซึ่งมีจำนวนชุดข้อมูลทั้งสิ้น 2,675 รายการ มาเปรียบเทียบผลการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากผู้ใช้ถนนกับการประเมินจาก กทม. ในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อวิเคราะห์ผลการประเมินของผู้ใช้ถนนว่ามีความแตกต่างจากการประเมินของ กทม. หรือไม่

3.6.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนและการประเมินจากกรุงเทพมหานคร

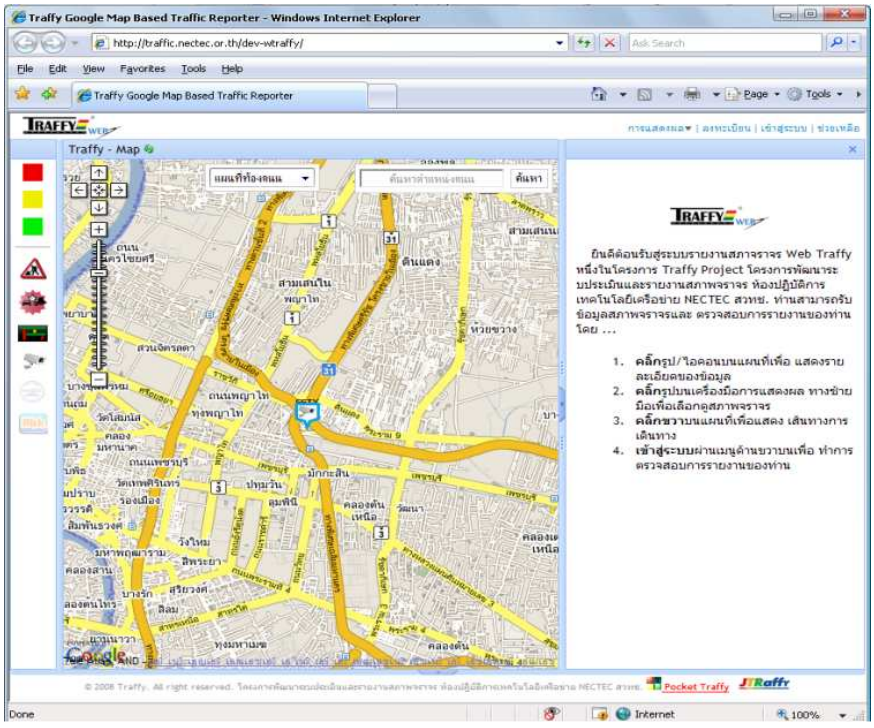
หลังจากได้ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม จากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิทแล้ว ผู้วิจัยใช้ชุดข้อมูลสภาพจราจร ในระหว่างวันที่ 1/1/2552 - 31/1/2552 จากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ซึ่งมีจำนวนชุดข้อมูลทั้งสิ้น 2,675 รายการ มาเปรียบเทียบผลการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนน กับการประเมินจาก กทม. ในช่วงเวลาเดียวกัน เพื่อวิเคราะห์ผลความแตกต่างโดยพิจารณาว่าการจำแนกข้อมูลแบบใดให้ค่าความแม่นตรงมากที่สุด

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการอภิปรายผล

ในบทนี้กล่าวถึง ผลการพัฒนาระบบ ผลการศึกษาความสามารถในการใช้งานได้ ผลการค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกที่เหมาะสม และการอภิปรายผล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาระบบ

จากการใช้แนวทางของวงจรการพัฒนาระบบ ในการพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดจากการจราจรทางบก ในส่วนของการพัฒนาระบบ ซึ่งเป็นระยะการสร้างระบบงานใหม่ โดยการเขียนโปรแกรมและทดสอบระบบ เพื่อนำโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน ผลที่ได้จากการพัฒนาโปรแกรม มีรายละเอียดดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงหน้าจอหลักของระบบ

จากรูปที่ 4.1 เมื่อผู้ใช้งานต้องการดูรายงานสภาพจราจรและแสดงความคิดเห็น มีขั้นตอนการใช้งาน ดังนี้

4.1.1 ผู้ใช้งานคลิกที่รูปไอคอนกล้อง CCTV ในแผนที่ ตามเส้นทางที่ต้องการ

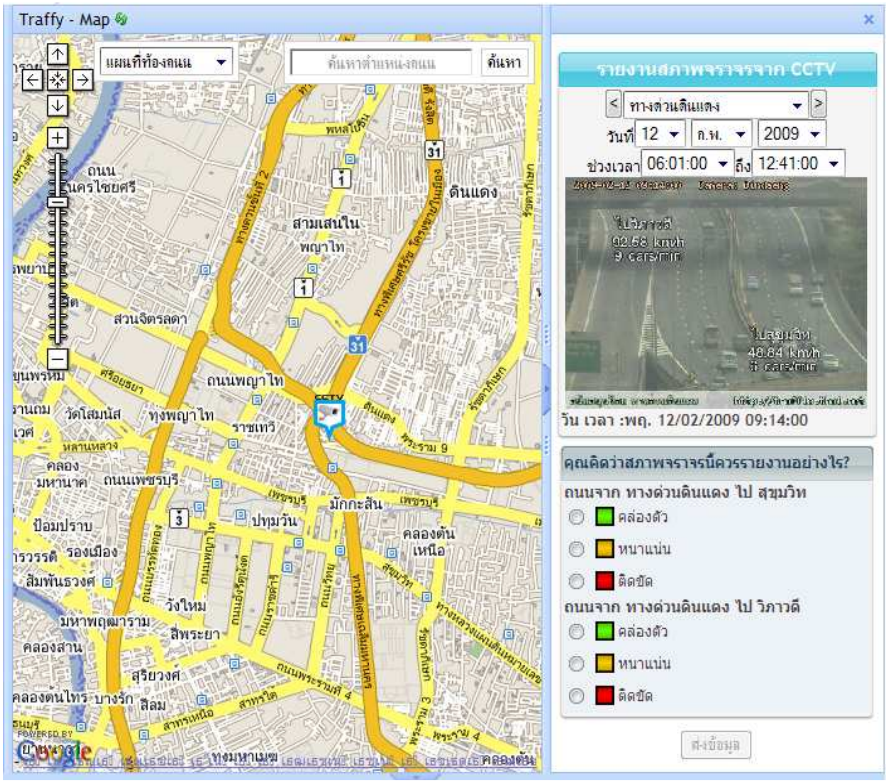
4.1.2 ระบบแสดงชุดข้อมูลสภาพจราจรและรูปสภาพจราจรของวัน เวลา ปัจจุบัน โดยระบบกำหนดช่วงเวลาเริ่มต้นตั้งแต่เวลา 6.00 น. ถึง เวลาปัจจุบัน แต่ไม่เกิน 18.00 น. พร้อมทั้งแสดงคำถามเพื่อให้ผู้ใช้งานร่วมแสดงความคิดเห็น ดังแสดงในรูปที่ 4.2

4.1.3 ผู้ใช้งานทำการพิจารณาชุดข้อมูลและรูปสภาพจราจรที่ถูกแสดงบนเว็บแอพพลิเคชั่น จากนั้นคลิกเลือกระดับความติดขัดที่ต้องการตามทัศนะของผู้ใช้งาน

4.1.4 ผู้ใช้งานคลิกที่ปุ่มส่งข้อมูล เพื่อบันทึกข้อมูลเข้าสู่ระบบ จากนั้นระบบทำการบันทึกข้อมูลและแสดงข้อความตอบรับผลการส่งข้อมูลสำเร็จว่า ระบบได้รับข้อมูลการแสดงความคิดเห็นของท่านเรียบร้อยแล้ว

4.1.5 ระบบทำการสุ่มข้อมูลสภาพจราจรในช่วงเวลาที่ระบุ โดยจะสุ่มข้อมูลที่ผู้ใช้งานยังไม่ได้แสดงความคิดเห็น เพื่อให้ผู้ใช้งานแสดงความคิดเห็นในช่วงเวลาอื่น ๆ ต่อไปได้ ทั้งนี้ผู้ใช้งานสามารถเลือกปรับเปลี่ยนวันและช่วงเวลาในการแสดงความคิดเห็นได้ ซึ่งระบบจะทำการสุ่มข้อมูลมาแสดงตามช่วงวันและเวลาที่ผู้ใช้งานเลือก

4.1.6 เมื่อผู้ใช้งานต้องการแสดงความคิดเห็นอีกครั้ง สามารถใช้งานได้ตามขั้นตอนที่ 4.1.3 ถึงขั้นตอนที่ 4.1.5



รูปที่ 4.2 แสดงหน้าจอรายงานสภาพจราจรจากกล้อง CCTV
และคำถามเพื่อให้ผู้ใช้งานร่วมแสดงความคิดเห็น

4.2 ผลการศึกษาความสามารถในการใช้งานได้

4.2.1 ข้อมูลผู้ใช้งาน

ผลการทดสอบการใช้งานระบบซึ่งใช้แบบสอบถามการใช้งาน โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามจำนวน 30 คน ข้อมูลผู้ใช้งานสรุปได้ ดังนี้

ผู้ใช้งานเป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 50 เพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 50 ผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในระหว่าง 21 - 25 ปี คิดเป็นร้อยละ 40 มีการศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 86.7 มีอาชีพเป็นนักเรียน/นักศึกษาคิดเป็นร้อยละ 70 มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ คิดเป็นร้อยละ 46.7 และมีใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ คิดเป็นร้อยละ 40 มีประสบการณ์การขับรถในช่วง 1 - 5 ปี คิดเป็นร้อยละ 46.7 และผู้ใช้งานส่วนใหญ่มีประสบการณ์การใช้งานคอมพิวเตอร์มาแล้ว 6 - 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 43.3 รายละเอียดต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลของผู้ใช้งานที่ทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้

รายละเอียด	**จำนวน**	**ร้อยละ**
เพศ		
ชาย	15	50
หญิง	15	50
อายุ		
น้อยกว่า 15 ปี	-	-
15 - 20 ปี	9	30
21 - 25 ปี	12	40
26 - 30 ปี	9	30
31 - 35 ปี	-	-
35 ปีขึ้นไป	-	-
ระดับการศึกษา		
มัธยมศึกษาตอนปลาย	-	-
อาชีวศึกษาชั้นสูง/อนุปริญญา	-	-
ปริญญาตรี	26	86.70
ปริญญาโท	4	13.30
ปริญญาเอก	-	-
อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	21	70.00
พนักงานบริษัท	8	26.70
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	1	3.30
เจ้าของธุรกิจ	-	-
อื่น ๆ	-	-
ใบอนุญาตขับขี่ที่ได้รับ		
ใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ชั่วคราว	4	13.30
ใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์	14	46.70
ใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ชั่วคราว	-	-
ใบอนุญาตขับขี่รถยนต์	12	40.00

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ (ต่อ)

รายละเอียด	**จำนวน**	**ร้อยละ**
ใบอนุญาตขับขี่รถสาธารณะ	-	-
ประสบการณ์ในการขับรถ		
น้อยกว่า 1 ปี	2	6.7
1 - 5 ปี	14	46.70
6 - 10 ปี	8	26.70
มากกว่า 10 ปี	6	20.00
ประสบการณ์การใช้คอมพิวเตอร์		
น้อยกว่า 1 ปี	-	-
1 - 5 ปี	7	23.30
6 - 10 ปี	13	43.30
11 - 15 ปี	5	16.70
มากกว่า 15 ปี	5	16.70

4.2.2 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้

1) ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability)

ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ ด้านความสามารถในการเรียนรู้ โดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 3.71, S.D. = 0.61) เมื่อพิจารณาแต่ละข้อคำถามการใช้งานระบบ พบว่า ผลการใช้งานอยู่ในระดับดีมาก คือ ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ($\bar{X}$ = 4.30) แสดงให้เห็นว่าการออกแบบให้สามารถใช้งานได้ง่าย ทำให้ผู้ใช้งานเรียนรู้วิธีการใช้งานได้ดี ผลการใช้งานอยู่ในระดับดี คือ ข้อมูลการรายงานสภาพจราจร ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจและแสดงความเห็นได้โดยง่าย ($\bar{X}$ = 3.76) ข้อมูลการประเมินสภาพจราจรจากกล้อง CCTV ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจและแสดงความเห็นได้โดยง่าย ($\bar{X}$ = 3.63) และมุมกล้องที่แสดงภาพการรายงาน ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจและเพียงพอต่อการแสดงความคิดเห็น ($\bar{X}$ = 3.16)

เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูล พบว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงกว่าประเด็นคำถามอื่น ๆ คือ มุมกล้องที่ใช้แสดงภาพการรายงานสภาพจราจร (S.D. = 0.74) แสดงว่าผู้ใช้งานมีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน โดยผู้ใช้งานบางส่วนสามารถเข้าใจมุมกล้องที่แสดงภาพการรายงานและผู้ใช้งานอีกบางส่วนยังต้องทำความเข้าใจมุมกล้องที่แสดงภาพการรายงาน ส่วนการกระจายตัวของข้อมูลในประเด็นคำถามอื่น ๆ มีการกระจายตัวของข้อมูลปานกลาง แสดงว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่แสดงความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ด้านความสามารถในการเรียนรู้

ข้อ	การใช้งานระบบ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1	ข้อมูลการรายงาน ท่านสามารถเข้าใจและแสดงความเห็นได้โดยง่าย	3.76	0.56	ดี
2	ข้อมูลสภาพจราจรจากกล้อง CCTV ท่านสามารถเข้าใจและแสดงความเห็นได้ง่าย	3.63	0.49	ดี
3	ท่านสามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานได้อย่างรวดเร็ว	4.30	0.65	ดีมาก
4	มุมกล้องที่แสดงภาพการรายงานสภาพจราจร ท่านสามารถเข้าใจและเพียงพอต่อการแสดงความคิดเห็น	3.16	0.74	ปานกลาง
	ค่าเฉลี่ย	**3.71**	**0.61**	**ดี**

2) ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency)

ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน โดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 3.46, S.D. = 0.59) เมื่อพิจารณาแต่ละข้อคำถามการใช้งานระบบ พบว่า ผลการใช้งานอยู่ในระดับดี คือ ผู้ใช้งานสามารถเลือกแสดงความคิดเห็นของการรายงานต่าง ๆ ได้โดยง่าย ($\bar{X}$ = 3.96) และผู้ใช้งานสามารถเลือกแสดงรายงานรูปแบบต่าง ๆ ได้โดยง่าย ($\bar{X}$ = 3.86) ผลการใช้งานอยู่ในระดับปานกลาง คือ ระบบสามารถตอบรับข้อมูลการแสดงความเห็นของผู้ใช้ได้อย่างรวดเร็ว ($\bar{X}$ = 3.16) และระบบสามารถแสดงผลข้อมูลการรายงานสภาพจราจรได้อย่างรวดเร็ว ($\bar{X}$ = 2.83) ผลอยู่ในระดับปานกลางแต่ค่าที่ได้น้อยที่สุด แสดงว่าผู้ใช้งานเห็นว่าความเร็วในการแสดงผลข้อมูลยังช้าอยู่ โดยเฉพาะหน้าจอการแสดงข้อมูลสภาพจราจรจากกล้อง CCTV ทั้งนี้เกิดจากการเชื่อมต่อฐานข้อมูลจากภายนอกซึ่งอาจจะทำให้การดึงข้อมูลมาแสดงผลเกิดความล่าช้า

เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูล พบว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงกว่าประเด็นคำถามอื่น ๆ คือ ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลการรายงานสภาพจราจรได้อย่างรวดเร็ว (S.D. = 0.69) แสดงว่าผู้ใช้งานมีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วในการใช้งานอินเตอร์เน็ตของผู้ใช้งานในการทดสอบการใช้งาน ส่วนการกระจายตัวของข้อมูลในประเด็นคำถามอื่น ๆ มีการกระจายตัวของข้อมูลปานกลาง แสดงว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่แสดงความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน

ข้อ	การใช้งานระบบ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1	ท่านสามารถเลือกแสดงรายงานรูปแบบต่าง ๆ ได้ง่าย	3.86	0.57	ดี
2	ท่านสามารถเลือกแสดงความคิดเห็นของการรายงานต่าง ๆ ได้โดยง่าย	3.96	0.55	ดี
3	ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลการรายงานสภาพจราจรได้อย่างรวดเร็ว	2.83	0.69	ปานกลาง
4	ระบบสามารถตอบรับข้อมูลการแสดงความเห็นของท่านได้อย่างรวดเร็ว	3.16	0.53	ปานกลาง
	ค่าเฉลี่ย	**3.46**	**0.59**	**ดี**

3) ด้านประสิทธิผลในการใช้งาน (Effectiveness)

ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ ด้านประสิทธิผลในการใช้งาน โดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.04, S.D. = 0.67) เมื่อพิจารณาแต่ละข้อคำถามการใช้งานระบบ พบว่า ผลการใช้งานอยู่ในระดับดีมาก คือ ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจสีที่ใช้แสดงระดับความติดขัดและแสดงความเห็นได้โดยง่าย ($\bar{X}$ = 4.33) ผลการใช้งานอยู่ในระดับดี คือ ขนาดของภาพมีความเหมาะสมและสามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจน ($\bar{X}$ = 4.06) ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม ชัดเจน ถูกต้อง สามารถทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจได้โดยง่าย ($\bar{X}$ = 3.96) และรูปแบบหน้าจอ การจัดแบ่งเว็บเพจมีความสอดคล้องกันทั้งเว็บเพจ ($\bar{X}$ = 3.83)

เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูล พบว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงกว่าประเด็นคำถามอื่น ๆ คือ ขนาดของภาพมีความเหมาะสมและสามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจน (S.D. = 0.73) แสดงว่าผู้ใช้งานมีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับมุมมองของการรับรู้ของแต่ละคน ส่วนการกระจายตัวของข้อมูลในประเด็นคำถามอื่น ๆ มีการกระจายตัวของข้อมูล ปานกลาง แสดงว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่แสดงความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ด้านประสิทธิผลในการใช้งาน

ข้อ	การใช้งานระบบ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1	สีที่ใช้แสดงระดับความติดขัด ท่านสามารถเข้าใจและแสดงความเห็นได้โดยง่าย	4.33	0.60	ดีมาก
2	รูปแบบหน้าจอ การจัดแบ่งเว็บเพจมีความสอดคล้องกันทั้งเว็บเพจซึ่งมีความง่ายในการใช้งาน	3.83	0.69	ดี
3	ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม ชัดเจน ถูกต้อง สามารถทำให้ท่านเข้าใจได้โดยง่าย	3.96	0.66	ดี
4	ขนาดของภาพมีความเหมาะสมและสามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจน	4.06	0.73	ดี
	ค่าเฉลี่ย	**4.04**	**0.67**	**ดี**

4) ด้านความเชื่อถือได้ในการใช้งาน (Reliability)

ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ ด้านความเชื่อถือได้ในการใช้งาน โดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 4.11, S.D. = 0.67) เมื่อพิจารณาแต่ละข้อคำถามการใช้งานระบบ พบว่า ผลการใช้งานอยู่ในระดับดีมาก คือ ผู้ใช้งานคิดว่าได้รับประโยชน์จากข้อมูลการรายงานสภาพจราจรรูปแบบต่าง ๆ ($\bar{X}$ = 4.30) ผลการใช้งานอยู่ในระดับดี คือ ภาพที่ใช้ประกอบการรายงานสภาพจราจรมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่แสดง ($\bar{X}$ = 4.13) ผู้ใช้งานมีความเชื่อถือในข้อมูลการรายงานสภาพจราจรรูปแบบต่าง ๆ ภายในเว็บเพจ ($\bar{X}$ = 4.03) และระบบสามารถแสดงผลการตอบรับข้อมูลตรงกับความคิดเห็นที่ผู้ใช้งานเลือกได้ถูกต้อง ($\bar{X}$ = 4.00)

เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูล พบว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงกว่าประเด็นคำถามอื่น ๆ คือ ความเชื่อถือในข้อมูลการรายงานสภาพจราจร (S.D. = 0.85) และการได้รับประโยชน์จากข้อมูลการรายงานสภาพจราจรรูปแบบต่างๆ (S.D. = 0.83) แสดงว่าผู้ใช้งานมีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน ส่วนการกระจายตัวของข้อมูลในประเด็นคำถามอื่น ๆ มีการกระจายตัวของข้อมูลปานกลาง แสดงว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่แสดงความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน รายละเอียดดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ด้านความเชื่อถือได้ในการใช้งาน

ข้อ	การใช้งานระบบ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1	ระบบสามารถแสดงผลการตอบรับข้อมูลตรงกับความคิดเห็นที่ท่านเลือกได้ถูกต้อง	4.00	0.52	ดี
2	ภาพที่ใช้ประกอบการรายงานสภาพจราจรมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่แสดง	4.13	0.50	ดี
3	ท่านมีความเชื่อถือในข้อมูลการรายงานสภาพจราจรรูปแบบต่าง ๆ ภายในเว็บเพจ	4.03	0.85	ดี
4	ท่านคิดว่าได้รับประโยชน์จากข้อมูลการรายงานสภาพจราจรรูปแบบต่าง ๆ	4.30	0.83	ดีมาก
	ค่าเฉลี่ย	**4.11**	**0.67**	**ดี**

5) ด้านความพึงพอใจในการใช้งาน (Satisfaction)

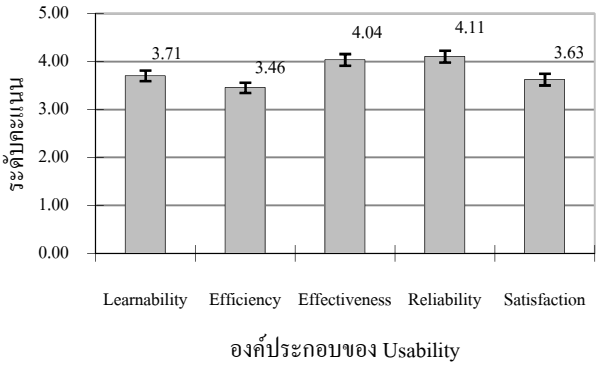
ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ ด้านความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 3.63, S.D. = 0.66) เมื่อพิจารณาแต่ละข้อคำถามการใช้งานระบบ พบว่า ผลการใช้งานอยู่ในระดับดี คือ ตัวอักษรอ่านง่าย มีความเหมาะสมและกลมกลืนในหน้าเว็บไซต์ ($\bar{X}$ = 3.86) ความพึงพอใจในรูปแบบหน้าเว็บไซต์ที่มีความสวยงาม ดูสะอาดตา ($\bar{X}$ = 3.80) และความพึงพอใจในภาพรวมการใช้งานของระบบ ($\bar{X}$ = 3.53) ผลอยู่ในระดับปานกลาง คือ รูปแบบของเว็บไซต์มีความน่าสนใจและดึงดูดให้ผู้ใช้งานใช้งานตั้งแต่ต้นจนจบ ($\bar{X}$ = 3.33)

เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของข้อมูล พบว่า ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานที่สูงกว่าประเด็นคำถามอื่น ๆ คือ รูปแบบของเว็บไซต์มีความน่าสนใจและดึงดูดให้ท่านใช้งานตั้งแต่ต้นจนจบ (S.D. = 0.76) และตัวอักษรอ่านง่าย มีความเหมาะสมและกลมกลืนในหน้าเว็บไซต์ (S.D. = 0.73) แสดงว่าผู้ใช้งานมีความคิดเห็นที่แตกต่างกัน ส่วนการกระจายตัวของข้อมูลในประเด็นคำถามอื่น ๆ มีการกระจายตัวของข้อมูลปานกลาง แสดงว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่แสดงความเห็นไปในทิศทางเดียวกัน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ด้านความพึงพอใจในการใช้งาน

ข้อ	การใช้งานระบบ	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
1	ตัวอักษรอ่านง่าย มีความเหมาะสมและกลมกลืนในหน้าเว็บไซต์	3.86	0.73	ดี
2	รูปแบบของเว็บไซต์มีความน่าสนใจและดึงดูดให้ท่านใช้งานตั้งแต่ต้นจนจบ	3.33	0.76	ปานกลาง
3	ท่านมีความพึงพอใจต่อหน้าเว็บไซต์ที่มีความสวยงามดูสะอาดตา	3.80	0.55	ดี
4	ท่านมีความพึงพอใจในภาพรวมการใช้งานของระบบ	3.53	0.62	ดี
	ค่าเฉลี่ย	**3.63**	**0.66**	**ดี**

ในการประเมินผล Usability โดยแยกตามองค์ประกอบต่าง ๆ สรุปผลการประเมินแสดงดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟสรุปผลการศึกษาความสามารถในการใช้งานได้

หลังจากทราบผลการประเมินแต่ละด้านตามแนวคิด Usability แล้ว ผู้วิจัยนำผลจากการประเมินในแต่ละด้านมาผ่านวิธีทางสถิติ เพื่อหาค่าเฉลี่ยอีกครั้ง พบว่าได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 สามารถสรุปผลการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ ได้ว่า ระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกมีความสามารถในการใช้งานได้อยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาแต่ละองค์ประกอบของ Usability สิ่งที่เป็นจุดแข็งในการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ คือ ด้านความเชื่อถือได้ในการใช้งานและด้านประสิทธิผลในการใช้งาน แสดงให้เห็นว่า ผู้ใช้งานมีความเชื่อถือในข้อมูลสภาพจราจรที่ได้รับ และผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้บรรลุผลสำเร็จของงานตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ สิ่งที่เป็นจุดอ่อนของการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ คือ ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน ถึงแม้ว่าผู้ใช้งานจะสามารถใช้งานได้บรรลุผลสำเร็จของงานตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ แต่ทางด้านความเร็วในการแสดงผล ผู้ใช้งานเห็นว่า ความเร็วในการแสดงผลของระบบยังช้าอยู่ โดยเฉพาะการแสดงข้อมูลสภาพจราจรจากกล้อง CCTV ทั้งนี้ส่วนหนึ่งเกิดจากการเชื่อมต่อฐานข้อมูลจากภายนอกซึ่งอาจจะทำให้การดึงข้อมูลมาแสดงผลเกิดความล่าช้า

4.2.3 ผลการสังเกตวิธีการใช้งาน

ผลจากการสังเกตวิธีการใช้งานในช่วงเริ่มต้น ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้ในระดับหนึ่งแต่เมื่อเข้าใจวิธีการใช้งานก็สามารถที่จะเรียนรู้แล้วใช้งานต่อไปได้ สิ่งที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจวิธีการใช้งานและใช้งานต่อไปได้ ส่วนหนึ่งเกิดจากการออกแบบระบบให้สามารถใช้งานได้โดยง่าย ทำให้ผู้ใช้งานเกิดการเรียนรู้วิธีการใช้งานตั้งแต่ต้นจนจบขั้นตอนการใช้งาน แต่ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเรียนรู้วิธีการใช้งาน คือ ความเร็วในการแสดงผลข้อมูล ถ้าระบบแสดงผลการ

รายงานช้าจะทำให้ผู้ใช้งานไม่สนใจที่จะรอดูข้อมูล สังเกตได้จากผู้ใช้งาน คลิกไอคอนกล้อง CCTV หรือคลิกปรับปรุงหน้าจอ เพื่อให้ระบบโหลดข้อมูลมาแสดงผลอีกครั้ง ซึ่งความล่าช้าของการแสดงผลข้อมูลอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ระดับความพึงพอใจในการใช้งานลดลง

4.2.4 ผลการสัมภาษณ์การใช้งาน

ผลจากการสัมภาษณ์ผู้ใช้งาน ผู้ใช้งานได้แสดงความเห็นว่า

1) ความเร็วในการแสดงผลข้อมูล โดยเฉพาะการรายงานสภาพจราจรจากกล้อง CCTV ควรพัฒนาการแสดงผลให้รวดเร็วกว่าเดิมเพราะผู้ใช้งานจะไม่สนใจที่จะใช้งานต่อไปถ้าการแสดงผลช้า

2) มุมกล้องในการรายงานสภาพจราจรมีส่วนสำคัญต่อความเข้าใจสภาพจราจร เพื่อประเมินผลการรายงานระดับความติดขัด อีกทั้งการที่จะให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจสภาพจราจรได้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการขับรถของแต่ละคนที่ทำการประเมินสภาพจราจรซึ่งข้อมูลที่ได้รับอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้

4.2.5 ผลการสัมภาษณ์การใช้งานในส่วนข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ผู้ใช้งานมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เพื่อให้ผู้พัฒนานำไปปรับปรุง ดังนี้

1) การรายงานสภาพจราจรจากกล้อง CCTV ถ้าสามารถเลือกการแสดงผลเป็นภาพเคลื่อนไหวได้ จะทำให้ระบบมีความน่าสนใจมากยิ่งขึ้น

2) ควรแสดงข้อมูลด้านความเร็วในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตที่เหมาะสม ที่ทำให้การแสดงผลของข้อมูลมีประสิทธิภาพ

3) ควรจัดทำระบบสะสมคะแนนเพื่อให้รางวัลแก่ผู้มีส่วนร่วม ในการแสดงความคิดเห็นซึ่งเป็นการสร้างแรงจูงใจในการใช้งาน

4) ควรจัดทำระบบจัดอันดับผู้ใช้งาน (Rating System) เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้ามาโหวตให้คะแนนกับผู้แสดงความคิดเห็นที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการคัดเลือกข้อมูลการแสดงความคิดเห็นจากผู้ที่มีความน่าเชื่อถือไปวิเคราะห์ผลต่อไป

4.3 ผลการค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกที่เหมาะสม

ในการศึกษานี้ผู้วิจัยเก็บข้อมูลระหว่างวันที่ 1/10/2551 - 30/12/2551 จากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท โดยได้รับความคิดเห็นจากผู้ใช้ถนนที่ทำการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจรทางบกผ่านเว็บไซต์จำนวน 146 ราย ซึ่งได้รับชุดข้อมูลการแสดงความคิดเห็นต่อสภาพจราจรทั้งสิ้น 3,456 รายการ โดยมีรายละเอียดข้อมูลของผู้แสดงความคิดเห็นดังนี้

4.3.1 ข้อมูลของผู้ใช้ถนน

ข้อมูลของผู้ใช้ถนนที่ทำการประเมินสภาพจราจรผ่านเว็บไซต์เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 30.82 เพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 69.18 ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 15 - 20 ปี คิดเป็นร้อยละ 65.75 อายุระหว่าง 21 - 25 ปีและอายุระหว่าง 25 - 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 23.29 และ 10.96 ตามลำดับ มีการศึกษาระดับปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 89.04 ปริญญาโทคิดเป็นร้อยละ 10.96 มีอาชีพเป็นนักเรียน/นักศึกษาคิดเป็นร้อยละ 97.26 มีอาชีพเป็นพนักงานบริษัทคิดเป็นร้อยละ 1.37 และมีอาชีพเป็นข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจคิดเป็นร้อยละ 1.37 มีใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์คิดเป็นร้อยละ 49.32 ใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ชั่วคราว ใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ และใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ชั่วคราวคิดเป็นร้อยละ 27.40, 15.75 และ 4.11 ตามลำดับ มีประสบการณ์การขับรถระหว่าง 1 - 5 ปี คิดเป็น ร้อยละ 45.20 ระหว่าง 6 - 10 ปี และมากกว่า 10 ปี คิดเป็นร้อยละ 26.71 และ 8.90 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีประสบการณ์ทางด้านการใช้คอมพิวเตอร์ระหว่าง 6 - 10 ปีคิดเป็นร้อยละ 50 มีประสบการณ์ทางด้านการใช้คอมพิวเตอร์ระหว่าง 11 - 15 ปีและระหว่าง 1 - 5 ปีคิดเป็นร้อยละ 27.40 และ 22.60 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลของผู้ใช้ถนนที่ประเมินระดับความติดขัดผ่านเว็บไซต์

รายละเอียด	**จำนวน**	**ร้อยละ**
เพศ		
ชาย	45	30.82
หญิง	101	69.18
อายุ		
น้อยกว่า 15 ปี	-	-
15 - 20 ปี	96	65.75
21 – 25 ปี	34	23.29
25 – 30 ปี	16	10.96
31 - 35 ปี	-	-
36 - 40 ปี	-	-
41 – 45 ปี	-	-
46 – 50 ปี	-	-
50 ปีขึ้นไป	-	-

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลของผู้ใช้ถนนที่ประเมินระดับความติดขัดผ่านเว็บไซต์ (ต่อ)

ระดับการศึกษา		
มัธยมศึกษาตอนปลาย	-	-
อาชีวศึกษาชั้นสูง/อนุปริญญา	-	-
ปริญญาตรี	130	89.04
ปริญญาโท	16	10.96
ปริญญาเอก	-	-
อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	142	97.26
พนักงานบริษัท	2	1.37
ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	2	1.37
เจ้าของธุรกิจ	-	-
อื่น ๆ	-	-
ใบอนุญาตขับขี่ที่ได้รับ		
ใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ชั่วคราว	40	27.40
ใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์	73	49.32
ใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ชั่วคราว	6	4.11
ใบอนุญาตขับขี่รถยนต์	23	15.75
ใบอนุญาตขับขี่รถสาธารณะ	-	-
จำนวนปีที่ขับรถมาแล้ว		
1 - 5 ปี	66	45.20
6 - 10 ปี	39	26.71
มากกว่า 10 ปี	13	8.90
ประสบการณ์การใช้คอมพิวเตอร์		
1 - 5 ปี	33	22.60
6 - 10 ปี	73	50
11 - 15 ปี	40	27.40
มากกว่า 15 ปี	-	-

จากข้อมูลของผู้ใช้ถนนที่ทำการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจรทางบกผ่านเว็บไซต์ จำนวน 146 ราย ทำให้ได้รับชุดข้อมูลทั้งสิ้น 3,456 รายการ ซึ่งจะเป็นชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับการเรียนรู้ของโครงข่าย สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการเพิ่มประสิทธิภาพของตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม โดยศึกษาผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อน ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้ ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัม มีรายละเอียดดังนี้

4.3.2 ผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนโหนดในชั้นซ่อน โดยการเปลี่ยนจำนวนโหนดตั้งแต่ 1 - 20 โหนด ดังแสดงในตารางที่ 4.8 พบว่า จำนวนโหนดในชั้นซ่อนมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม โดยเมื่อจำนวนโหนดในชั้นซ่อนอยู่ระหว่าง 1 - 4 โหนด ค่า RMSE จะมีแนวโน้มลดลงเรื่อย ๆ และเมื่อจำนวนโหนดในชั้นซ่อนอยู่ระหว่าง 5 - 20 โหนด พบว่า ค่า RMSE อยู่ในเกณฑ์ดี

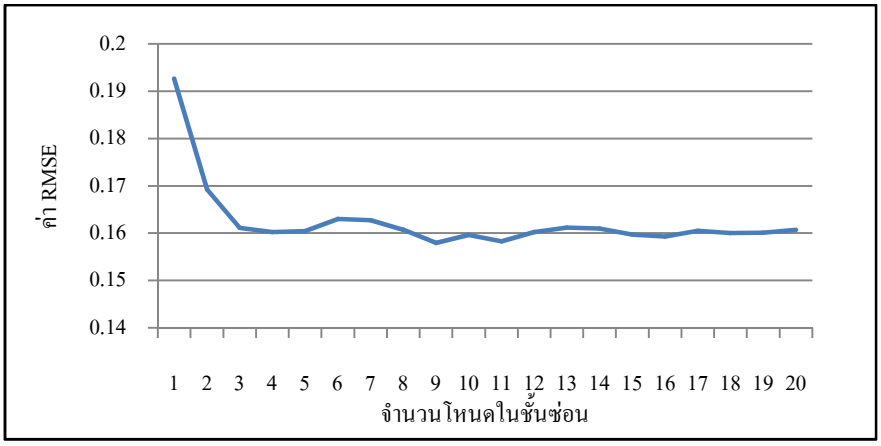
ตารางที่ 4.8 แสดงผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อน

Hidden Node	Model	Time (s)	Accuracy %	Precision %			RMSE
				Flow	Heavy	Jam	
1	10 - 1 - 3	16.59	92.50	98.60	77.50	66.10	0.1926
2	10 - 2 - 3	22.94	94.41	98.90	71.40	81.90	0.1692
3	10 - 3 - 3	28.42	94.93	99.00	74.40	82.70	0.1611
4	10 - 4 - 3	75.63	94.76	99.20	73.10	81.50	0.1602
5	10 - 5 - 3	47.47	94.53	99.20	71.70	80.90	0.1604
6	10 - 6 - 3	92.24	94.79	99.50	74.10	79.50	0.1630
7	10 - 7 - 3	109.83	94.58	99.40	71.00	81.10	0.1627
8	10 - 8 - 3	56.39	94.90	99.50	72.80	81.90	0.1607
9	10 - 9 - 3	54.03	94.73	99.40	71.40	82.00	0.1579
10	10 - 10 - 3	66.84	94.93	99.60	73.80	80.50	0.1596
11	10 - 11 - 3	42.95	94.99	99.60	72.40	82.30	0.1583
12	10 - 12 - 3	53.03	94.13	99.60	71.80	81.40	0.1602
13	10 - 13 - 3	151.09	94.93	99.60	73.10	81.40	0.1612
14	10 - 14 - 3	183.52	94.82	99.60	71.80	81.10	0.1610

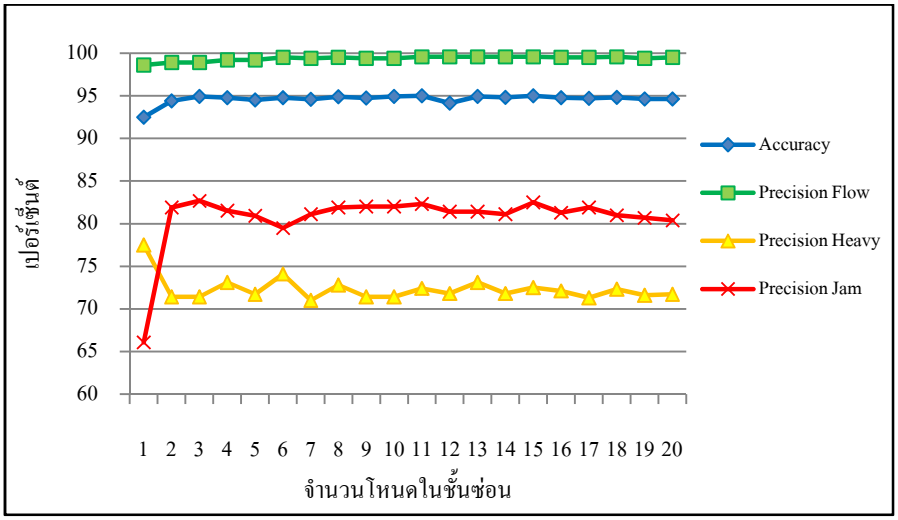
ตารางที่ 4.8 แสดงผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อน (ต่อ)

Hidden Node	Model	Time (s)	Accuracy %	Precision %			RMSE
				Flow	Heavy	Jam	
15	10 - 15 - 3	115.17	94.99	99.60	72.50	82.50	0.1597
16	10 - 16 - 3	173.17	94.79	99.50	72.10	81.30	0.1593
17	10 - 17 - 3	112.56	94.79	99.50	71.30	81.90	0.1605
18	10 - 18 - 3	200.39	94.82	99.60	72.30	81.00	0.1600
19	10 - 19 - 3	122.44	94.61	99.40	71.60	80.70	0.1601
20	10 - 20 - 3	100.14	94.64	99.50	71.70	80.40	0.1607

สำหรับจำนวนโหนดที่เหมาะสม คือ จำนวนโหนดเท่ากับ 11 โหนด ซึ่งทำให้ค่า RMSE ดีที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.4 ที่ทำให้ค่า Accuracy และค่า Precision ของการทำนายแต่ละกลุ่มข้อมูล (คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด) มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่า RMSE ของจำนวนโหนดในชั้นซ่อน



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่า Accuracy และ Precision ของจำนวนโหนดในชั้นซ่อน

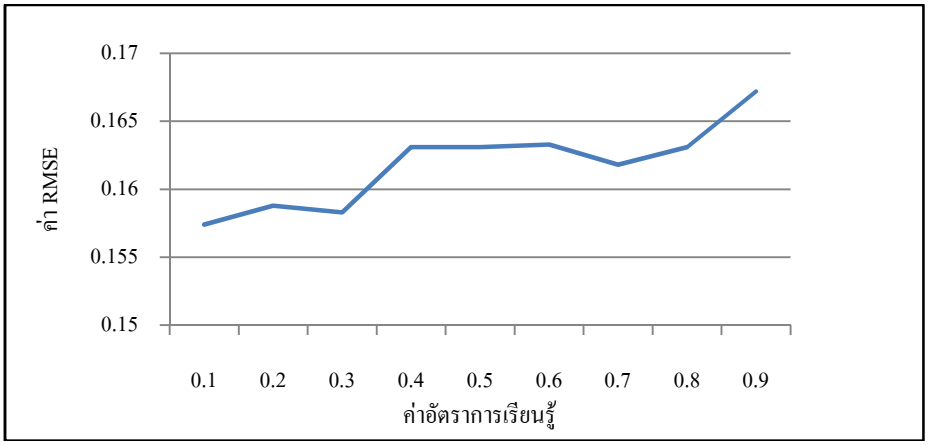
4.3.3 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้

เนื่องจากอัตราการเรียนรู้มีผลกระทบต่อความเร็วในการเรียนรู้ ของตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม ในการหาชุดน้ำหนัก (Weights) และค่าเบี่ยงเบน (Bias) ที่เหมาะสม ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 - 1 จึงได้ทำการเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการเรียนรู้ในช่วง 0.1 - 0.9 ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.9

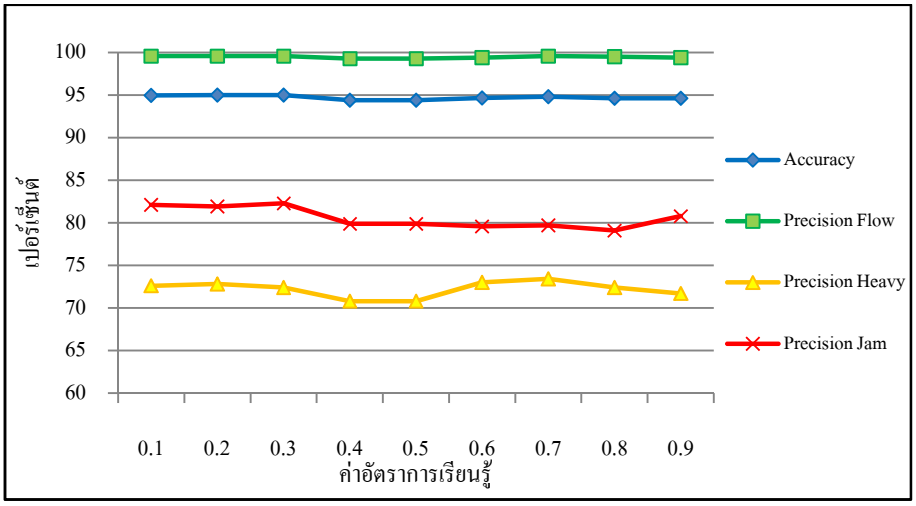
ตารางที่ 4.9 แสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้

Model	**Learning Rate**	**Time (s)**	**Accuracy %**	**Precision %**			**RMSE**
				Flow	**Heavy**	**Jam**	
10 - 11 - 3	0.1	62.48	94.96	99.60	72.60	82.10	0.1574
	0.2	86.69	94.99	99.60	72.80	81.90	0.1588
	0.3	42.27	94.99	99.60	72.40	82.30	0.1583
	0.4	36.73	94.41	99.30	70.80	79.90	0.1631
	0.5	30.52	94.41	99.30	70.80	79.90	0.1631
	0.6	25.02	94.67	99.40	73.00	79.60	0.1633
	0.7	37.34	94.82	99.60	73.40	79.70	0.1618
	0.8	87.59	94.64	99.50	72.40	79.10	0.1631
	0.9	39.73	94.64	99.40	71.70	80.80	0.1672

จากผลการศึกษาพบว่า อัตราการเรียนรู้ที่เหมาะสม คือ 0.3 โดยจะให้ค่า RMSE ที่ดีที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ที่ทำให้ค่า Accuracy และค่า Precision ของการทำนายแต่ละกลุ่มข้อมูล (คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด) มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงค่า Accuracy และ Precision จากการเปลี่ยนแปลงอัตราการเรียนรู้

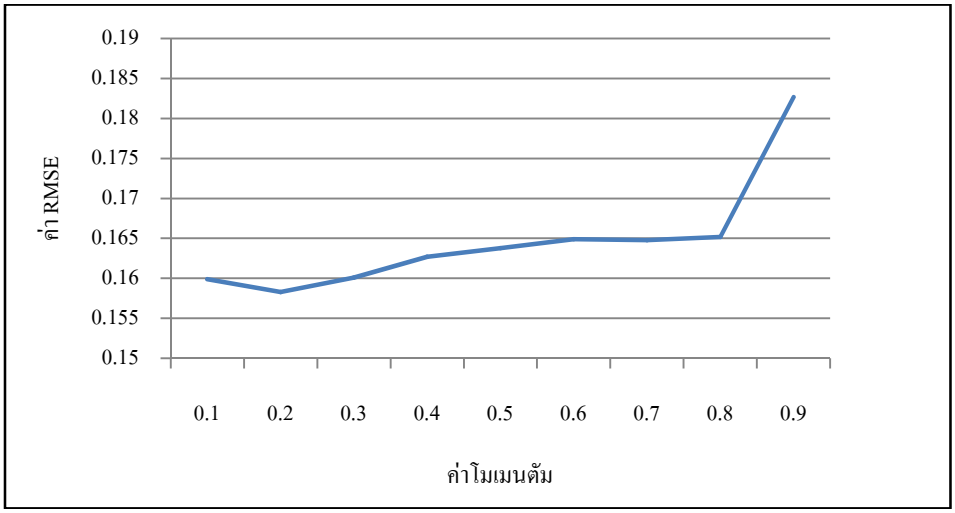
4.3.4 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัม

การกำหนดค่าโมเมนตัมในตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม ใช้เพื่อการปรับปรุงค่าถ่วงน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนที่ใช้ในการคำนวณในรอบการเรียนรู้ต่อไป การเพิ่มค่าโมเมนตัมจะช่วยให้กระบวนการการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมลดการสั่น (Oscillation) และลดระยะเวลาที่ใช้ในการคำนวณเพื่อให้ตัวแบบเข้าสู่ค่าชุดของน้ำหนัก และค่าเบี่ยงเบนที่เหมาะสมได้อย่างรวดเร็วขึ้น โดยทำการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัมตั้งแต่ 0.1 - 0.9 จากนั้นผู้วิจัยนำผลจำนวนโหนดในชั้นซ่อนที่ได้จากการศึกษาในข้อ 4.3.2 และค่าอัตราการเรียนรู้จากการศึกษาในข้อ 4.3.3 มาใช้เพื่อหาค่าโมเมนตัมที่เหมาะสม ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.10

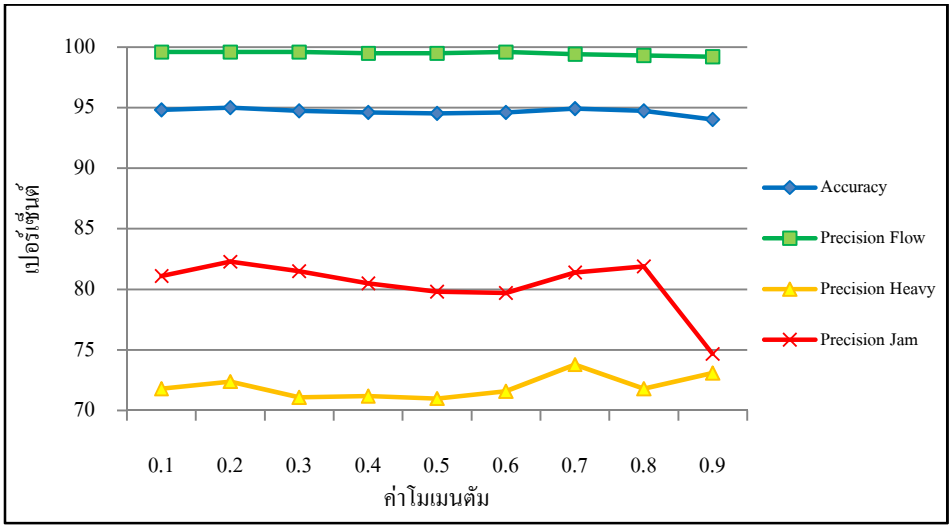
ตารางที่ 4.10 แสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัม

Model	**Momentum**	**Time (s)**	**Accuracy %**	**Precision %**			**RMSE**
				Flow	**Heavy**	**Jam**	
10 - 11 - 3	0.1	45.17	94.82	99.60	71.80	81.10	0.1599
	0.2	42.95	94.99	99.60	72.40	82.30	0.1583
	0.3	61.70	94.73	99.60	71.10	81.50	0.1601
	0.4	124.45	94.61	99.50	71.20	80.50	0.1627
	0.5	92.66	94.53	99.50	71.00	79.80	0.1638
	0.6	35.36	94.61	99.60	71.60	79.70	0.1649
	0.7	44.92	94.93	99.40	73.80	81.40	0.1648
	0.8	52.00	94.73	99.30	71.80	81.90	0.1652
	0.9	34.84	94.01	99.20	73.10	74.70	0.1827

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าโมเมนตัมที่เหมาะสมเท่ากับ 0.2 ซึ่งจะให้ค่า RMSE ที่ดีที่สุด (ค่าน้อยที่สุด) ดังแสดงในรูปที่ 4.8 เมื่อพิจารณาค่า Accuracy และค่า Precision ของการทำนายแต่ละกลุ่มข้อมูล (คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด) จะได้ค่าที่ดีที่สุดเช่นกัน (ค่ามากที่สุด) ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.8 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัม

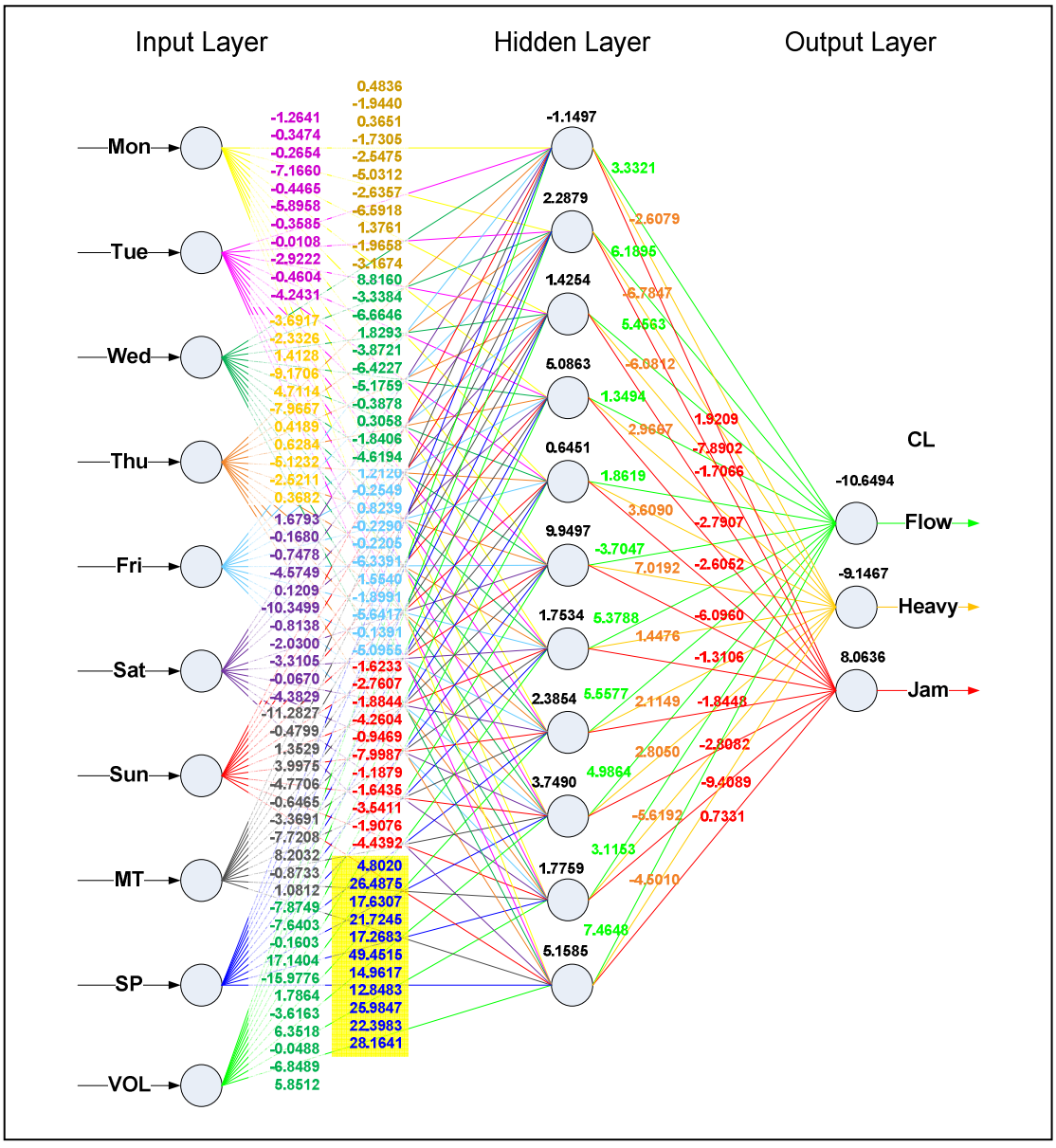


รูปที่ 4.9 กราฟแสดงค่า Accuracy และ Precision จากการเปลี่ยนแปลงค่าโมเมนตัม

4.3.5 ผลการศึกษาข้อมูลค่าน้ำหนักของตัวแบบ

หลังจากการเรียนรู้ข้อมูลของโครงข่ายประสาทเทียมแล้ว จะได้ค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนของชั้นแต่ละชั้น การพิจารณาค่าน้ำหนักแต่ละแอททริบิวต์จะทำให้ทราบว่าแอททริบิวต์อินพุตตัวใดมีความสำคัญต่อแอททริบิวต์ทางด้านเอาท์พุตมากที่สุดและน้อยที่สุด ซึ่งสามารถนำไปปรับลดแอททริบิวต์บางตัวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมได้อย่างเหมาะสม

จากผลการศึกษา พบว่า โหนดของแอททริบิวต์อินพุตที่เป็น ความเร็วเฉลี่ย (SP) มีค่าเป็นบวกและมีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโหนดของแอททริบิวต์อินพุตอื่น ๆ ทำให้ทราบว่าแอททริบิวต์ความเร็วเฉลี่ย มีความสำคัญต่อแอททริบิวต์ทางด้านเอาท์พุตมากกว่าแอททริบิวต์อินพุตอื่น ๆ รองลงมา คือ แอททริบิวต์ปริมาณจราจร (VOL) เวลา (MT) และวันของสัปดาห์ (Mon - Sun) ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แสดงค่าน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียม

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาค่าน้ำหนักของแอททริบิวต์ที่ให้ค่าน้ำหนักน้อยที่สุด ซึ่งอาจจะไม่มีความสำคัญต่อแอททริบิวต์ทางด้านเอาท์พุตเมื่อเปรียบเทียบกับแอททริบิวต์อื่น ๆ ดังนั้นจึงทำการพิจารณาตัดแอททริบิวต์ที่ให้ค่าน้ำหนักน้อยที่สุดออกจากการเรียนรู้ และทำการทดลองใหม่ ผลการศึกษามีดังนี้

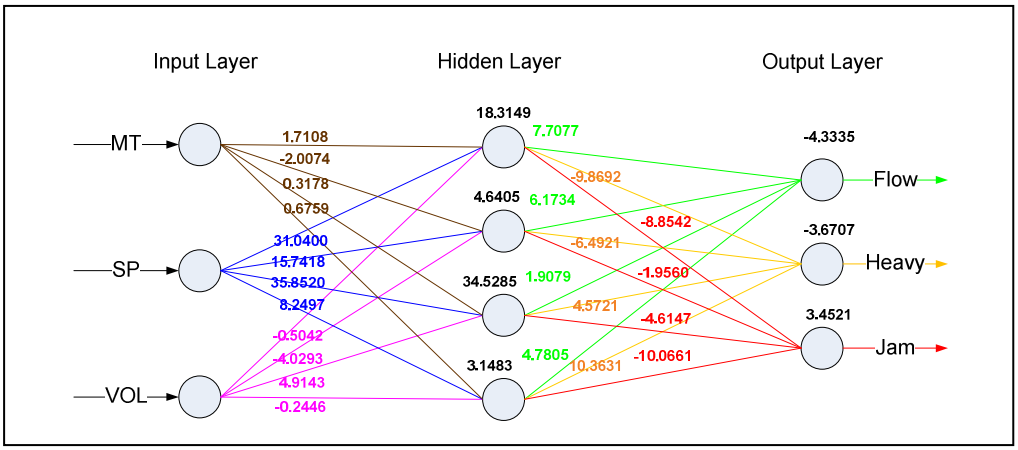
1) ผลการศึกษาตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ออกแบบไว้จำนวน 3 ชั้น คือ ชั้นอินพุต ประกอบด้วย เวลา ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.) ปริมาณการจราจร (คัน/นาที) ชั้นซ่อน กำหนดจำนวนโหนดไว้ตั้งแต่ 1 - 6 โหนด ชั้นเอาต์พุต กำหนดไว้ 3 โหนด คือ คล่องตัว หนาแน่น และติดขัด ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อนโดยใช้แอททริบิวต์อินพุต เวลา ความเร็วเฉลี่ย และปริมาณการจราจร

Hidden Node	Model	Time (s)	Accuracy %	Precision %			RMSE
				Flow	Heavy	Jam	
1	3 - 1 - 3	3.81	93.08	98.30	73.10	71.80	0.1879
2	3 - 2 - 3	5.16	94.21	99.00	68.40	82.60	0.1700
3	3 - 3 - 3	6.59	94.56	99.20	70.60	82.60	0.1664
4	3 - 4 - 3	7.91	94.41	99.20	69.40	82.80	0.1660
5	3 - 5 - 3	9.94	94.41	99.20	69.60	82.30	0.1667
6	3 - 6 - 3	10.84	94.35	99.10	70.00	82.00	0.1680

จากผลการศึกษาข้างต้น โครงข่ายประสาทเทียมหลังจากการปรับลดแอททริบิวต์วันของสัปดาห์ออกจากการเรียนรู้ พบว่า โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมที่สุด คือ โครงสร้างแบบ 3 - 4 - 3 ที่ประกอบด้วย ชั้นอินพุต จำนวน 3 โหนด ชั้นซ่อน จำนวน 4 โหนด และชั้นเอาต์พุต จำนวน 3 โหนด โดยมีค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.3 และค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.2 ซึ่งจะทำให้ได้ผลการเรียนรู้และทดสอบดีที่สุด ทำให้ได้ค่าความแม่นตรงของตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมเท่ากับ 94.41% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.1660

หลังจากการเรียนรู้ข้อมูลของโครงข่ายประสาทเทียมแล้ว จะได้ค่าน้ำหนักและค่าเบี่ยงเบนของชั้นแต่ละชั้น พบว่า โหนดของแอททริบิวต์อินพุตที่เป็น ความเร็วเฉลี่ย มีค่าเป็นบวกและมีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโหนดของแอททริบิวต์อินพุตอื่นๆ ทำให้ทราบว่า แอททริบิวต์ความเร็วเฉลี่ย (SP) ยังมีความสำคัญต่อแอททริบิวต์ทางด้านเอาท์พุตมากกว่าแอททริบิวต์อินพุตอื่นๆ รองลงมา คือ แอททริบิวต์เวลา (MT) และปริมาณจราจร (VOL) ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงค่าน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียมมีแอททริบิวต์อินพุต เวลา ความเร็วเฉลี่ย และปริมาณการจราจร

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาค่าน้ำหนักของแอททริบิวต์ที่ให้ค่าน้ำหนักน้อยที่สุด ซึ่งอาจจะไม่มีความสำคัญต่อแอททริบิวต์ทางด้านเอาท์พุตเมื่อเปรียบเทียบกับแอททริบิวต์อื่น ๆ นั้นคือ แอททริบิวต์ปริมาณจราจร ดังนั้น จึงทำการพิจารณาตัดแอททริบิวต์ปริมาณจราจร ออกจากการเรียนรู้และทำการทดลองใหม่

2) ผลการศึกษาตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ออกแบบไว้จำนวน 3 ชั้น คือ ชั้นอินพุต ประกอบด้วย เวลา ความเร็ว (กม./ชม.) ชั้นซ่อน กำหนดจำนวนโหนดไว้ตั้งแต่ 1 - 4 โหนด ชั้นเอาต์พุต กำหนดไว้ 3 โหนด คือ คล่องตัว หนาแน่น และติดขัด ดังแสดงในตารางที่ 4.12

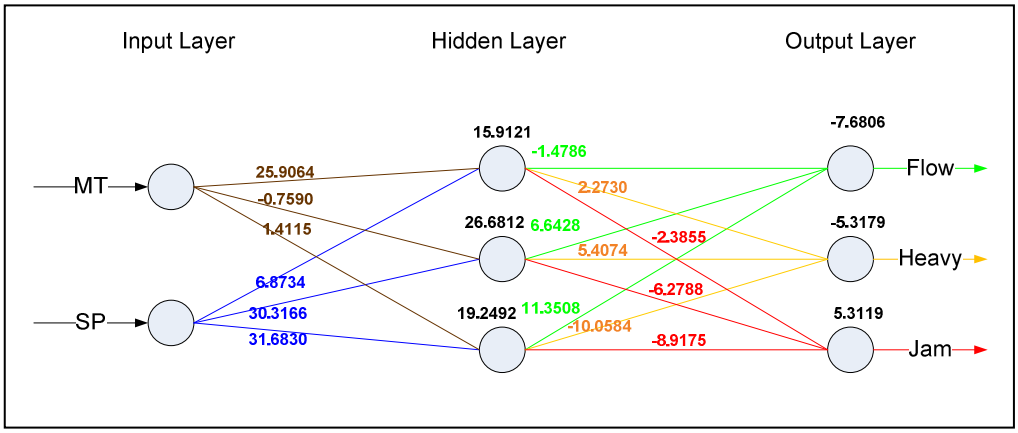
ตารางที่ 4.12 แสดงผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อนโดยใช้แอททริบิวต์อินพุต เวลา และความเร็วเฉลี่ย

Hidden Node	**Model**	**Time (s)**	**Accuracy %**	**Precision %**			**RMSE**
				Flow	**Heavy**	**Jam**	
1	2 - 1 - 3	3.45	92.91	98.30	72.80	70.60	0.1878
2	2 - 2 - 3	4.69	94.12	99.30	68.70	79.60	0.1722
3	2 - 3 - 3	5.49	94.38	99.20	70.50	80.70	0.1676
4	2 - 4 - 3	7.28	94.24	99.10	69.70	80.50	0.1667

จากผลการศึกษาข้างต้น โครงข่ายประสาทเทียมหลังจากการปรับลดแอททริบิวต์ปริมาณจราจรออกจากการเรียนรู้ พบว่า โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม

ที่สุด คือ โครงสร้างแบบ 2 - 3 - 3 ที่ประกอบด้วย ชั้นอินพุต จำนวน 2 โหนด ชั้นซ่อน จำนวน 3 โหนด และชั้นเอาต์พุต จำนวน 3 โหนด โดยมีค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.3 และค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.2 ซึ่งจะทำให้ได้ผลการเรียนรู้และทดสอบดีที่สุด ทำให้ได้ค่าความแม่นตรงของตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมเท่ากับ 94.38% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.1676

หลังจากการเรียนรู้ข้อมูลของโครงข่ายประสาทเทียมแล้ว จะได้ค่าน้ำหนักและค่าเบียงเบนของชั้นแต่ละชั้น พบว่า โหนดของแอททริบิวต์อินพุตที่เป็น ความเร็วเฉลี่ย มีค่าเป็นบวกและมีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับโหนดของแอททริบิวต์อินพุตอื่นๆ ทำให้ทราบว่า แอททริบิวต์ความเร็วเฉลี่ย (SP) ยังมีความสำคัญต่อแอททริบิวต์ทางด้านเอาท์พุตมากกว่าแอททริบิวต์อินพุตอื่นๆ แอททริบิวต์อินพุตที่มีค่าน้ำหนักน้อยที่สุด คือ แอททริบิวต์เวลา (MT) ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงค่าน้ำหนักของโครงข่ายประสาทเทียมที่มีแอททริบิวต์อินพุต เวลาและความเร็วเฉลี่ย

เมื่อพิจารณาผลการศึกษาค่าน้ำหนักของแอททริบิวต์ ที่ให้ค่าน้ำหนักน้อยที่สุดซึ่งอาจจะไม่มีความสำคัญต่อแอททริบิวต์ทางด้านเอาท์พุตเมื่อเปรียบเทียบกับแอททริบิวต์อื่น ๆ นั้น คือ แอททริบิวต์เวลา ดังนั้น จึงทำการพิจารณาตัดแอททริบิวต์เวลา ออกจากการเรียนรู้และทำการทดลองใหม่

3) ผลการศึกษาตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ได้ออกแบบไว้จำนวน 3 ชั้น คือ ชั้นอินพุต ประกอบด้วย ความเร็ว (กม./ชม.) ชั้นซ่อน กำหนดจำนวนโหนดไว้ตั้งแต่ 1 - 5 โหนด ชั้นเอาต์พุต กำหนดไว้ 3 โหนด คือ คล่องตัว หนาแน่น และติดขัด ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงผลกระทบของจำนวนโหนดในชั้นซ่อนโดยใช้แอททริบิวต์อินพุต ความเร็วเฉลี่ย

Hidden Node	Model	Time (s)	Accuracy %	Precision %			RMSE
				Flow	Heavy	Jam	
1	1- 1 - 3	3.34	92.50	98.30	71.00	68.60	0.1895
2	1- 2 - 3	4.41	93.40	99.20	63.90	79.10	0.1740
3	1- 3 - 3	5.72	93.51	99.30	64.50	79.00	0.1741
4	1- 4 - 3	6.58	93.57	99.30	64.70	79.20	0.1740
5	1- 5 - 3	7.61	93.54	99.30	64.60	79.00	0.1739

จากผลการศึกษาข้างต้น โครงข่ายประสาทเทียมหลังจากการปรับลดแอททริบิวต์เวลาออกจากการเรียนรู้ พบว่า โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมที่สุด คือ โครงสร้างแบบ 1 - 4 - 3 ที่ประกอบด้วย ชั้นอินพุต จำนวน 1 โหนด ชั้นซ่อน จำนวน 4 โหนด และชั้นเอาต์พุต จำนวน 3 โหนด โดยมีค่าอัตราการเรียนรู้เท่ากับ 0.3 และค่าโมเมนตัมเท่ากับ 0.2 ซึ่งจะทำให้ได้ผลการเรียนรู้และทดสอบดีที่สุด ทำให้ได้ค่าความแม่นตรงของตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมเท่ากับ 93.57% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.1740

4) ผลการเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม หลังจากปรับลดแอททริบิวต์

หลังจากปรับลดแอททริบิวต์ที่อาจจะไม่มีความสำคัญ ต่อแอททริบิวต์ทางด้านเอาต์พุตออกจากการเรียนรู้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ของโครงข่าย แล้วนำมาเปรียบเทียบค่าความแม่นตรงแต่ละแบบ พบว่า โครงสร้างแบบ 10 - 11 - 3 ให้ค่าความแม่นตรงสูงที่สุด และให้ค่า RMSE ต่ำที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 4.14 ถึงแม้ว่า ผลการศึกษาค่าน้ำหนักของแอททริบิวต์ที่ให้ค่าน้ำหนักน้อยที่สุด คือ แอททริบิวต์ปริมาณจราจร เวลา และวันของสัปดาห์ตามลำดับ แต่ก็เป็นแอททริบิวต์ที่มีความสำคัญต่อการเพิ่มความแม่นตรงของตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบหลังจากการปรับลดแอททริบิวต์

No.	Model	Time (s)	Accuracy (%)	Precision (%)			RMSE
				Flow	Heavy	Jam	
1	10 - 11 - 3	42.95	94.99	99.60	72.40	82.30	0.1583
2	3 - 4 - 3	7.91	94.41	99.20	69.40	82.80	0.1660
3	2 - 3 - 3	5.49	94.38	99.20	70.50	80.70	0.1676
4	1 - 4 - 3	6.58	93.57	99.30	64.70	79.20	0.1740

ดังนั้นจากผลการศึกษา พบว่า โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมที่สุด คือ โครงสร้างแบบ 10 - 11 - 3 ที่ประกอบด้วย ชั้นอินพุต จำนวน 10 โหนด คือ ความเร็ว (กม./ชม.) ปริมาณจราจร(คัน/นาที) วันของสัปดาห์ (จันทร์-อาทิตย์) เวลา ชั้นซ่อน จำนวน 11โหนด และชั้นเอาต์พุต จำนวน 3 โหนด คือ คล่องตัว หนาแน่น ติดขัด โดยมีค่าอัตราการเรียนรู้และค่าโมเมนตัมที่เหมาะสมเท่ากับ 0.3 และ 0.2 ตามลำดับ ซึ่งจะทำให้ได้ค่าความแม่นตรงของตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมเท่ากับ 94.99% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.1583 ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าความแม่นตรงของตัวแบบ 10 - 11 - 3

ค่าความแม่นตรง (%)	ผลการจำแนกของตัวแบบ 10-11-3 (%)			RMSE
	คล่องตัว	หนาแน่น	ติดขัด	
94.99	99.60	72.40	82.30	0.1583

4.3.6 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่างตัวแบบ 10 - 11 - 3 และการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน

การค้นหาตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม เพื่อนำมาใช้ในการจำแนกระดับความติดขัดของสภาพจราจร จากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ผลการจำแนกข้อมูลแต่ละกลุ่มข้อมูล (คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด) ระหว่างการจำแนกข้อมูลระหว่างตัวแบบ 10 - 11 - 3 และการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน พบว่า ผลการจำแนกข้อมูลได้ค่าความแม่นตรงคิดเป็น 94.99% และผลการจำแนกข้อมูลมีความแตกต่างกันคิดเป็น 5.01% ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 แสดงจำนวนและร้อยละของผลการจำแนกข้อมูลแต่ละกลุ่มข้อมูล

ผลการจำแนกข้อมูล		**ตัวแบบ 10 - 11 - 3**		
		คล่องตัว	หนาแน่น	ติดขัด
ความเห็นของผู้ใช้ถนน	คล่องตัว	**2720 (78.70)**	31 (0.90)	8 (0.23)
	หนาแน่น	9 (0.26)	**247 (7.15)**	60 (1.74)
	ติดขัด	7 (0.20)	58 (1.68)	**316 (9.14)**

จากตารางที่ 4.16 แสดงผลการจำแนกข้อมูลแต่ละกลุ่มข้อมูล ในแนวนอนหมายถึง ผลการจำแนกข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน ซึ่งมี 3 แถว คือ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด ในขณะที่แนวตั้ง หมายถึง ผลการจำแนกข้อมูลจากตัวแบบ 10 - 11 - 3 ซึ่งมี 3 คอลัมน์ คือ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด ผลการจำแนกข้อมูลที่ดีนั้นกลุ่มข้อมูลจะต้องอยู่ในทั้งแนวนอนและแนวตั้งเดียวกัน เช่น ผลการจำแนกกลุ่มข้อมูลคล่องตัวที่ดี คือ ผลการจำแนกข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนในแนวนอนเป็นคล่องตัว และผลการจำแนกข้อมูลจากตัวแบบในแนวตั้งจะต้องเป็นคล่องตัวด้วย ผลการจำแนกกลุ่มข้อมูลหนาแน่นที่ดี คือ ผลการจำแนกข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนในแนวนอนเป็นหนาแน่น และผลการจำแนกข้อมูลจากตัวแบบในแนวตั้งจะต้องเป็นหนาแน่นด้วย และผลการจำแนกกลุ่มข้อมูลติดขัดที่ดี คือ ผลการจำแนกข้อมูลจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนในแนวนอนเป็นติดขัด และผลการจำแนกข้อมูลจากตัวแบบในแนวตั้งจะต้องเป็นติดขัดด้วยเช่นกัน

ทั้งนี้ผู้วิจัยพิจารณาข้อมูลแต่ละกลุ่มข้อมูล (คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด) จากตารางที่ 4.16 ที่ตัวแบบจำแนกข้อมูลต่างจากความเห็นของผู้ใช้ถนน ร่วมกับพิจารณารูปภาพของสภาพจราจร โดยใช้เส้นทางไปสุขุมวิทเพื่อหาสาเหตุที่ทำให้ตัวแบบจำแนกต่างจากความเห็นของผู้ใช้ถนน ดังแสดงในรูปที่ 4.13

รูปที่ 4.13 แสดงเส้นทางตัวอย่างที่ใช้ในการพิจารณาสภาพจราจร

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

1) ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นจากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ว่า สภาพจราจร คล่องตัว แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร หนาแน่น จำนวน 31 รายการ คิดเป็น 0.90% พบว่า ช่วงความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 17.50 - 26.71 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 5 - 20 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.14

รูปที่ 4.14 ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจร คล่องตัว
แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร หนาแน่น

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า ตัวแบบจำแนกข้อมูลตามความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนส่วนใหญ่ ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรหนาแน่น มีเพียงผู้ใช้ถนนส่วนน้อยเท่านั้น ที่แสดงความเห็นว่ารูปนี้ คือสภาพจราจรคล่องตัว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระดับความติดขัด คือ สภาพจราจรหนาแน่นและสภาพจราจรคล่องตัว ที่มีความใกล้เคียงกัน จึงมีผลต่อการตัดสินใจเลือกแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน

2) ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นจากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ว่า สภาพจราจร คล่องตัว แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร ติดขัด จำนวน 8 รายการ คิดเป็น 0.23%

พบว่า ช่วงความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.09 - 16.28 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 6 - 10 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.15

รูปที่ 4.15 ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจร คล่องตัว
แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร ติดขัด

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า ตัวแบบจำแนกข้อมูลตามความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนส่วนใหญ่ ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรติดขัด มีเพียงผู้ใช้ถนนส่วนน้อยเท่านั้น ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปนี้คือสภาพจราจรคล่องตัว ซึ่งขัดกับรูปภาพที่แสดงสภาพจราจร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้ใช้ถนนให้ความคิดเห็นที่ผิดจากความเป็นจริงหรืออาจเป็นเพราะผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นสลับเส้นทาง

3) ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นจากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ว่าสภาพจราจร หนาแน่น แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร คล่องตัว จำนวน 9 รายการ คิดเป็น 0.26% พบว่า ช่วงความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 27.74 - 37.27 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 10 - 20 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.16

รูปที่ 4.16 ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจร หนาแน่น
แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร คล่องตัว

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า ตัวแบบจำแนกข้อมูลตามความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนส่วนใหญ่ ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรคล่องตัว มีเพียงผู้ใช้ถนนส่วนน้อยเท่านั้น ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรหนาแน่น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระดับความติดขัด คือ สภาพจราจรคล่องตัวและสภาพจราจรหนาแน่น ที่มีความใกล้เคียงกันจึงมีผลต่อการตัดสินใจเลือกแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน

4) ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นจากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ว่า สภาพจราจรหนาแน่น แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร ติดขัด จำนวน 60 รายการ คิดเป็น 1.74% พบว่า ช่วงความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.15 - 18.49 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 2 - 16 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.17

รูปที่ 4.17 ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจร หนาแน่น
แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร ติดขัด

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า ตัวแบบจำแนกข้อมูลตามความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนส่วนใหญ่ ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรติดขัด มีเพียงผู้ใช้ถนนส่วนน้อยเท่านั้น ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรหนาแน่น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระดับความติดขัด คือ สภาพจราจรติดขัดและสภาพจราจรหนาแน่น ที่มีความใกล้เคียงกันจึงมีผลต่อการตัดสินใจเลือกแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน

5) ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นจากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ว่า สภาพจราจรติดขัด แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร คล่องตัว จำนวน 7 รายการ คิดเป็น 0.20% พบว่า ช่วงความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 28.08 - 37.80 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 7 - 17 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.18

รูปที่ 4.18 ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจร ติดขัด
แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร คล่องตัว

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปข้างต้น พบว่า ตัวแบบจำแนกข้อมูลตามความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนส่วนใหญ่ ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรคล่องตัว มีเพียงผู้ใช้ถนนส่วนน้อยเท่านั้น ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรติดขัด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แต่มีบางรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรให้เห็นปริมาณรถที่แตกต่างกัน ซึ่งเกิดจากผลการคำนวณความเร็วเฉลี่ยที่ผิดพลาดของการรายงานผลของระบบ CCTV

6) ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นจากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ว่า สภาพจราจร ติดขัด แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร หนาแน่น จำนวน 58 รายการ คิดเป็น 1.68% ช่วงความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 10.81 - 27.00 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 5 - 31 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.19

รูปที่ 4.19 ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจร ติดขัด
แต่ตัวแบบจำแนกเป็นสภาพจราจร หนาแน่น

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า ตัวแบบจำแนกข้อมูลตามความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนส่วนใหญ่ ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรหนาแน่น มีเพียงผู้ใช้ถนนส่วนน้อยเท่านั้น ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรติดขัด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระดับความติดขัด คือ สภาพจราจรหนาแน่นและสภาพจราจรติดขัด ที่มีความใกล้เคียงกันจึงมีผลต่อการตัดสินใจเลือกแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน

ดังนั้นจากการพิจารณาผลการจำแนกข้อมูลที่แตกต่างกันจำนวน 5.01% สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้การจำแนกข้อมูลมีความแตกต่างกันได้ 3 ประเด็น คือ

ประเด็นที่ 1 เกิดจากช่วงระดับสภาพจราจรที่มีความใกล้เคียงกัน ได้แก่ สภาพจราจรคล่องตัวกับสภาพจราจรหนาแน่น และสภาพจราจรหนาแน่นกับสภาพจราจรติดขัด ดังแสดงในรูปที่ 4.14, 4.16, 4.17 และ 4.19 (ดูหน้า 71, 72, 73, 74 ตามลำดับ) ทำให้ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน คิดเป็น 4.58%

ประเด็นที่ 2 เกิดจากการที่ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นที่ผิดจากความเป็นจริง หรือเกิดจากผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นสลับเส้นทาง ทั้งนี้เนื่องจากรูปภาพดังกล่าวสามารถแสดงสภาพจราจรได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรติดขัดแต่ผู้ใช้ถนนแสดงความเห็นว่าสภาพจราจรคล่องตัว คิดเป็น 0.23% ดังแสดงในรูปที่ 4.15 (ดูหน้า 72)

ประเด็นที่ 3 เกิดจากความผิดพลาดของการรายงานผลของ CCTV ที่แสดงผลความเร็วเฉลี่ยที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แต่รูปภาพแสดงผลของสภาพจราจรที่แตกต่างกัน ทำให้ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน คิดเป็น 0.20% ดังแสดงในรูปที่ 4.18 (ดูหน้า 74)

4.3.7 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากผู้ใช้ถนนและการประเมินจากกรุงเทพมหานคร

ผู้วิจัยใช้ชุดข้อมูลสภาพจราจร ในระหว่างวันที่ 1/1/2552 - 31/1/2552 ซึ่งมีจำนวนชุดข้อมูลทั้งสิ้น 2,675 รายการ มาเปรียบเทียบผลการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากผู้ใช้ถนนกับการประเมินจาก กทม. ที่อยู่ในช่วงเวลาเดียวกัน ผลการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากผู้ใช้ถนนและการประเมินจาก กทม. พบว่า ผลการจำแนกข้อมูลได้ค่าความแม่นตรงคิดเป็น 85.16% และผลการจำแนกข้อมูลมีความแตกต่างกันคิดเป็น 14.84% ดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 แสดงจำนวนและร้อยละของผลการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากผู้ใช้ถนนและการประเมินจาก กทม.

ผลการจำแนกข้อมูล		**การประเมินจากผู้ใช้ถนน**		
		คล่องตัว	**หนาแน่น**	**ติดขัด**
การประเมินจาก กทม.	**คล่องตัว**	**2249 (84.08)**	0 (0.00)	0 (0.00)
	หนาแน่น	65 (2.43)	**0.00 (0.00)**	0.00 (0.00)
	ติดขัด	321 (12.00)	11 (0.41)	**29 (1.08)**

เมื่อพิจารณาผลการจำแนกข้อมูลแต่ละกลุ่มข้อมูล (คล่องตัว, หนาแน่นและติดขัด) พบว่า ผลการจำแนกข้อมูลที่ตรงกันมากที่สุด คือ สภาพจราจรคล่องตัว คิดเป็น 84.08% รองลงมา คือ สภาพจราจรติดขัด คิดเป็น 1.08% และผลการจำแนกที่ไม่ตรงกัน คือ สภาพจราจรหนาแน่น

เมื่อพิจารณาการจำแนกข้อมูลแต่ละกลุ่มข้อมูลสภาพจราจร (คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด) จากตารางที่ 4.17 ที่ทำให้การจำแนกข้อมูลแตกต่างกัน ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการจำแนกข้อมูลจาก กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น แต่ผลการจำแนกข้อมูลจากผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว จำนวน 65 รายการ คิดเป็น 2.43% พบว่า ความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 86.26 - 120.97 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 5 - 45 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.20

รูปที่ 4.20 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น
แต่ผู้ใช้ถนนประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า ข้อมูลของสภาพจราจรมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 86.26 - 120.97 กม./ชม. เมื่อผู้ใช้ถนนพิจารณาข้อมูลและรูปภาพลักษณะดังกล่าวจึงแสดงความคิดเห็นว่าเป็นสภาพจราจรคล่องตัว ซึ่งแตกต่างจากการประเมินของ กทม. ที่ประเมินว่าสภาพจราจรหนาแน่น ทั้งนี้การประเมินว่าเป็นสภาพจราจรหนาแน่นนั้น จะขัดแย้งกับรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรซึ่งควรประเมินว่าเป็นสภาพจราจรคล่องตัว

2) ผลการจำแนกข้อมูลจาก กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด แต่ผลการจำแนกข้อมูลจากผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว จำนวน 321 รายการ คิดเป็น 12.00% พบว่าความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 70.19 - 129.41 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 10 - 35 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.21

รูปที่ 4.21 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด
แต่ผู้ใช้ถนนประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า รูปภาพที่แสดงสภาพจราจรมีความเร็วอยู่ในช่วงระหว่าง 70.19 - 129.97 กม./ชม. เมื่อผู้ใช้ถนนพิจารณารูปภาพลักษณะดังกล่าว จึงแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจรคล่องตัว ซึ่งแตกต่างจากการประเมินของ กทม. ที่ประเมินว่าสภาพจราจรติดขัด ทั้งนี้การประเมินว่าเป็นสภาพจราจรติดขัดนั้น จะขัดแย้งกับรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรซึ่งควรประเมินว่าเป็นสภาพจราจรคล่องตัว

3) ผลการจำแนกข้อมูลจาก กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด แต่ผลการจำแนกข้อมูลจากผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น จำนวน 11 รายการ คิดเป็น 0.41% พบว่าความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 13.11 - 30.52 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 9 - 20 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.22

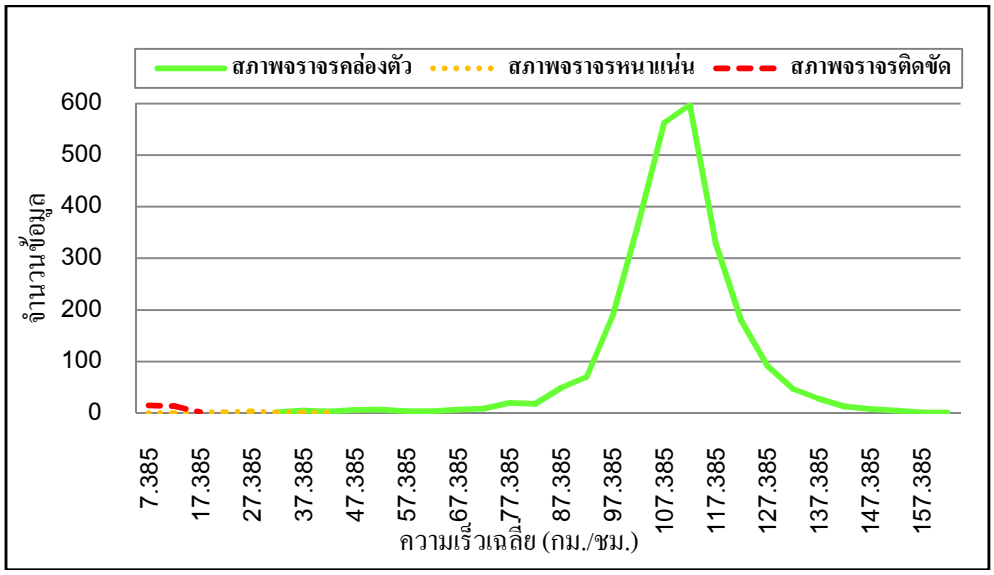
รูปที่ 4.22 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด
แต่ผู้ใช้ถนนประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจรหนาแน่น ซึ่งแตกต่างจากการประเมินของ กทม. ที่ประเมินว่า สภาพจราจรติดขัด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระดับความติดขัด คือ สภาพจราจรหนาแน่นและสภาพจราจรติดขัด ที่มีความใกล้เคียงกัน ทำให้ส่งผลต่อการตัดสินใจในการประเมินสภาพจราจรของ กทม. และผู้ใช้ถนน

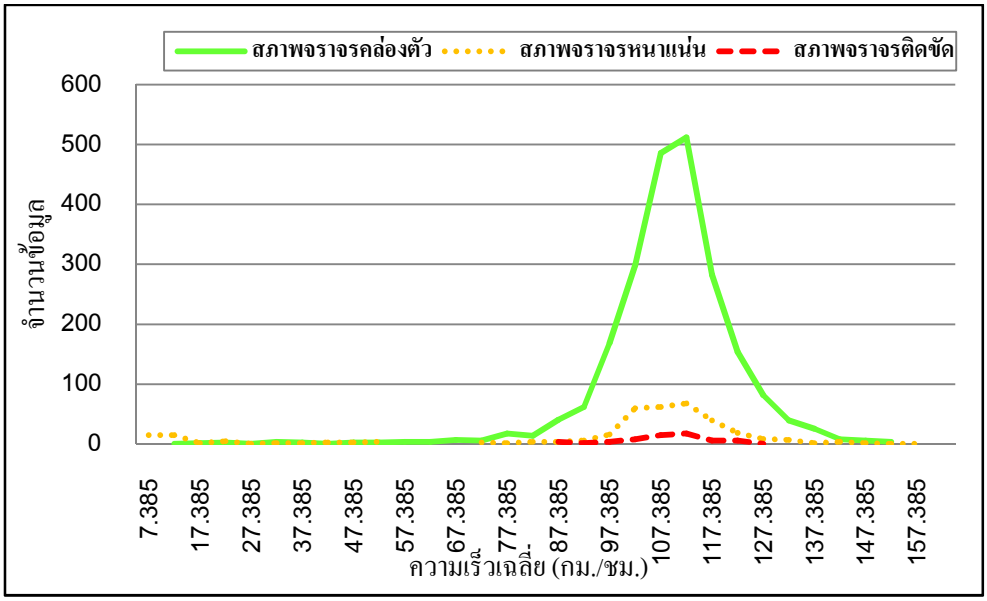
ดังนั้นจากการพิจารณาผลการจำแนกข้อมูลที่แตกต่างกันจำนวน 14.84% สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้การจำแนกข้อมูลมีความแตกต่างกันได้ 2 ประเด็น คือ

ประเด็นที่ 1 เกิดจากรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 70 - 130 กม./ชม. ซึ่งควรประเมินสภาพจราจรเป็นคล่องตัว ดังแสดงในรูปที่ 4.23 (ดูหน้า 79) แต่การประเมินของ กทม. พบว่า ประเมินสภาพจราจรเป็นหนาแน่นและติดขัด ดังแสดงในรูปที่ 4.24 (ดูหน้า 80) จึงทำให้การจำแนกข้อมูลจากผู้ใช้ถนนมีความแตกต่างจากการประเมินของ กทม. คิดเป็น 14.43%

ประเด็นที่ 2 เกิดจากช่วงระดับสภาพจราจรที่มีความใกล้เคียงกัน ได้แก่ สภาพจราจรคล่องตัวกับสภาพจราจรหนาแน่น และสภาพจราจรหนาแน่นกับสภาพจราจรติดขัด ดังแสดงในรูปที่ 4.22 (ดูหน้า 78) จึงทำให้ส่งผลต่อการประเมินสภาพจราจรของผู้ใช้ถนนมีความแตกต่างจากการประเมินของ กทม. คิดเป็น 0.41%



รูปที่ 4.23 กราฟผลการประเมินจากผู้ใช้ถนน



รูปที่ 4.24 กราฟผลการประเมินจาก กทม.

4.3.8 ผลการเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนและการประเมินจากกรุงเทพมหานคร

หลังจากได้ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม จากกล้องทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิทแล้ว จากนั้นผู้วิจัยนำชุดข้อมูลสภาพจราจรและระดับความติดขัด ในระหว่างวันที่ 1/1/2552 - 31/1/2552 ซึ่งมีจำนวนชุดข้อมูลทั้งสิ้น 2,675 รายการ มาเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนและการประเมินจาก กทม.ในช่วงเวลาเดียวกัน

ผลการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนน และการประเมินจาก กทม. พบว่า จำแนกข้อมูลได้ตรงกันคิดเป็น 84.71% และจำแนกข้อมูลต่างกันคิดเป็น 15.29% ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 แสดงจำนวนและร้อยละของผลการจำแนกข้อมูลระหว่างการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนและการประเมินจาก กทม.

ผลการจำแนกข้อมูล		**ตัวแบบ 10 - 11 - 3 ของผู้ใช้ถนน**		
		คล่องตัว	**หนาแน่น**	**ติดขัด**
การประเมินจาก กทม.	**คล่องตัว**	**2238 (83.66)**	8 (0.30)	3 (0.11)
	หนาแน่น	65 (2.43)	**0.00 (0.00)**	0.00 (0.00)
	ติดขัด	322 (12.04)	11 (0.41)	**28 (1.05)**

เมื่อพิจารณาผลการจำแนกข้อมูลแต่ละกลุ่มข้อมูล (คล่องตัว, หนาแน่นและติดขัด) พบว่า ผลการจำแนกข้อมูลได้ตรงกันมากที่สุด คือ สภาพจราจรคล่องตัว คิดเป็น 83.66% รองลงมา คือ สภาพจราจรติดขัด คิดเป็น 1.05% และผลการจำแนกไม่ตรงกัน คือ สภาพจราจรหนาแน่น

เมื่อพิจารณาการจำแนกข้อมูลแต่ละกลุ่มข้อมูลสภาพจราจร (คล่องตัว หนาแน่น และติดขัด) จากตารางที่ 4.18 ที่ทำให้การจำแนกข้อมูลแตกต่างกัน ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลมีรายละเอียดดังนี้

1) ผลการจำแนกข้อมูลจาก กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว แต่ผลการจำแนกข้อมูลจากตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น จำนวน 8 รายการ คิดเป็น 0.30% พบว่า ช่วงความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 23.3 - 33.51 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 5 - 28 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.25

รูปที่ 4.25 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว แต่ตัวแบบของผู้ใช้ถนนประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า กทม. ได้พิจารณารูปภาพลักษณะดังกล่าวจึงประเมินว่าสภาพจราจรคล่องตัว ซึ่งแตกต่างจากการประเมินของผู้ใช้ถนนที่ประเมินว่าสภาพจราจรหนาแน่น ทั้งนี้การประเมินว่าเป็นสภาพจราจรหนาแน่นนั้น จะขัดแย้งกับรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรได้อย่างชัดเจนว่าควรประเมินเป็นสภาพจราจรคล่องตัว

2) ผลการจำแนกข้อมูลจาก กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว แต่ผลการจำแนกข้อมูลจากตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด จำนวน 3 รายการ คิดเป็น 0.11% พบว่า ช่วงความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 6.04 - 14.27 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 6 - 11 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.26

รูปที่ 4.26 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว แต่ตัวแบบของผู้ใช้ถนนประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปข้างต้น พบว่า ตัวแบบของผู้ใช้ถนนจำแนกข้อมูลตามความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนส่วนใหญ่ ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรติดขัด ซึ่งแตกต่างจากการประเมินของ กทม. ที่ประเมินว่าสภาพจราจรคล่องตัว ทั้งนี้อาจเป็นเพราะรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรมีความเร็วเฉลี่ยเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แต่มีบางรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรให้เห็นปริมาณรถที่แตกต่างกัน

3) ผลการจำแนกข้อมูลจาก กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น แต่ผลการจำแนกข้อมูลจากตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว จำนวน 65 รายการ คิดเป็น 2.43% พบว่า ช่วงความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 86.26 - 120.97 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 5 - 45 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.27

รูปที่ 4.27 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น แต่ตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า ข้อมูลของสภาพจราจรมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 86.26 - 120.97 กม./ชม. โดยช่วงความเร็วเฉลี่ยนี้จะทำให้ตัวแบบของผู้ใช้ถนนประเมินว่าสภาพจราจรคล่องตัว ซึ่งแตกต่างจากการประเมินของ กทม. ที่ประเมินว่าสภาพจราจรหนาแน่น ทั้งนี้การประเมินว่าเป็นสภาพจราจรหนาแน่นนั้น จะขัดแย้งกับรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรซึ่งควรประเมินว่าเป็นสภาพจราจรคล่องตัว

4) ผลการจำแนกข้อมูลจาก กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด แต่ผลการจำแนกข้อมูลจากตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว จำนวน 322 รายการ คิดเป็น 12.04% พบว่า ช่วงความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 70.19 - 129.41 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 10 - 35 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.28

รูปที่ 4.28 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด แต่ตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร คล่องตัว

เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า ข้อมูลของสภาพจราจรมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 70.19 - 129.97 กม./ชม. โดยช่วงความเร็วเฉลี่ยนี้จะทำให้ตัวแบบของผู้ใช้ถนนประเมินว่าสภาพจราจรคล่องตัว ซึ่งแตกต่างจากการประเมินของ กทม. ที่ประเมินว่าสภาพจราจรติดขัด ทั้งนี้การประเมินว่าเป็นสภาพจราจรติดขัดนั้น จะขัดแย้งกับรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรซึ่งควรประเมินว่าเป็นสภาพจราจรคล่องตัว

5) ผลการจำแนกข้อมูลจาก กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด แต่ผลการจำแนกข้อมูลจากตัวแบบของผู้ใช้ถนน ประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น จำนวน 11 รายการ คิดเป็น 0.41% พบว่า ช่วงความเร็วเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 13.11 - 30.52 กม./ชม. ปริมาณรถอยู่ระหว่าง 9 - 20 คัน/นาที ดังแสดงในรูปที่ 4.29

รูปที่ 4.29 การประเมินของ กทม. ประเมินว่าสภาพจราจร ติดขัด แต่ตัวแบบของผู้ใช้ถนนประเมินว่าสภาพจราจร หนาแน่น

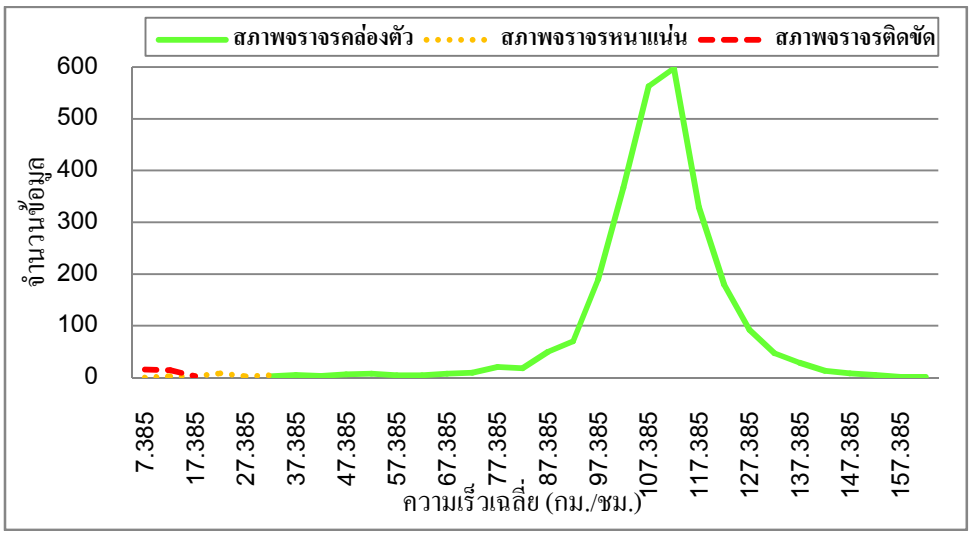
เมื่อพิจารณาจากข้อมูลและรูปภาพข้างต้น พบว่า ตัวแบบจำแนกข้อมูลตามความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนส่วนใหญ่ ที่แสดงความคิดเห็นว่ารูปภาพนี้คือสภาพจราจรหนาแน่น ซึ่งแตกต่างจากการประเมินของ กทม. ที่ประเมินว่า สภาพจราจรติดขัด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะระดับความติดขัด คือ สภาพจราจรหนาแน่นและสภาพจราจรติดขัด ที่มีความใกล้เคียงกันจึงมีผลต่อการตัดสินใจเลือกแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน

ดังนั้นจากการพิจารณาผลการจำแนกข้อมูลที่แตกต่างกันจำนวน 15.29% สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้การจำแนกข้อมูลมีความแตกต่างกันได้ 3 ประเด็น คือ

ประเด็นที่ 1 เกิดจากความผิดพลาดของการรายงานผลของ CCTV ที่แสดงผลความเร็วเฉลี่ยที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แต่มีบางรูปภาพที่แสดงปริมาณจราจรที่แตกต่างกัน คิดเป็น 0.11%

ประเด็นที่ 2 เกิดจากรูปภาพที่แสดงมีความเร็วอยู่ในช่วง 80 - 120 กม./ชม. ซึ่งควรแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจร คล่องตัว ดังแสดงในรูปที่ 4.30 แต่การประเมินของ กทม. พบว่า สภาพจราจรหนาแน่นและติดขัด ดังแสดงในรูปที่ 4.24 (ดูหน้า 80) จึงทำให้การจำแนกข้อมูลจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนมีความแตกต่างจากการประเมินของ กทม. คิดเป็น 14.47%

ประเด็นที่ 3 เกิดจากช่วงระดับสภาพจราจรที่มีความใกล้เคียงกัน ได้แก่ สภาพจราจรคล่องตัวกับสภาพจราจรหนาแน่น และสภาพจราจรหนาแน่นกับสภาพจราจรติดขัด จึงทำให้ส่งผลต่อการประเมินสภาพจราจรของตัวแบบของผู้ใช้ถนนมีความแตกต่างจากการประเมินของ กทม. คิดเป็น 0.71%



รูปที่ 4.30 กราฟผลจากการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนน

เมื่อพิจารณาความแม่นตรงของการจำแนกข้อมูล ระหว่างการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนและการประเมินของ กทม. พบว่า การประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนมีความแตกต่างจากการประเมินของ กทม. คิดเป็น 14.47% ดังนั้นจึงทำให้ความแม่นตรงของการจำแนกข้อมูลจากตัวแบบของผู้ใช้ถนน โดยรวมคิดเป็น 99.18%

4.4 การอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก โดยใช้ข้อมูลจราจรจากระบบกล้อง CCTV ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบการควบคุมและสั่งการจราจรที่ใช้ในการจัดการจราจร เพื่อรายงานสภาพจราจรให้ผู้ใช้ถนนสามารถหลีกเลี่ยงเส้นทางที่มีความติดขัดหรือหนาแน่น ในการพัฒนาระบบนั้นได้สร้างแบบสอบถามผ่านเว็บไซต์ ด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และอินเทอร์เน็ต ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นช่องทางสื่อสารในการแสดงออกซึ่งความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน โดยการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจรผ่านทางเว็บไซต์ ซึ่งนอกจากผู้ใช้ถนนจะได้รับประโยชน์จากการรายงานสภาพจราจรที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับการรับรู้ของผู้ใช้ถนนแล้วนั้น ข้อมูลที่ได้รับจากแบบสอบถามยังถูกนำไปประมวลผลเพื่อวางแผนการลดความติดขัดของการจราจรบนท้องถนน ช่วยให้ผู้ใช้ถนนสามารถวางแผนการเดินทาง ตัดสินใจเลือกเส้นทางในการเดินทาง ตลอดจนเปลี่ยนแปลงเวลาเดินทางได้ เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก ดังกล่าวนั้น จะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด ก็ต่อเมื่อมีการกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเสริมสร้างการมีส่วนร่วมของผู้ใช้ถนนหรือประชาชนตามแนวคิดการมีส่วนร่วมของ Cohen และ Uphoff (1980, p.219-222, อ้างถึงใน ถวิลวดี บุรีกุล, 2548, หน้า 6) ที่กล่าวว่าการทำให้ประชาชนมีส่วนร่วมในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การตัดสินใจ การดำเนินการ การรับผลประโยชน์และการประเมินผล ซึ่งเป้าหมายของกระบวนการมีส่วนร่วมของประชาชนที่สอดคล้องงานวิจัยนี้ คือ การให้ผู้ใช้ถนนหรือประชาชนได้มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นต่อสภาพจราจร เพื่อนำไปประมวลผล และรายงานสภาพจราจรที่ถูกต้องและสอดคล้องกับการรับรู้ของผู้ใช้ถนนมากยิ่งขึ้น

วิธีการกระตุ้นให้เกิดกระบวนการสร้างเสริมการมีส่วนร่วมตามแนวคิดข้างต้น คือ การพัฒนาระบบสำรวจความคิดเห็นดังกล่าว โดยคำนึงถึงความสามารถในการใช้งานได้ (Usability) กล่าวคือ การออกแบบเว็บไซต์โดยคำนึงถึงความง่ายในการใช้งานของผู้ใช้ถนนซึ่งเข้ามาแสดงความคิดเห็น อันส่งผลทำให้ผู้แสดงความคิดเห็นสามารถเรียนรู้วิธีใช้งานได้โดยง่าย ตลอดจนเกิดความพึงพอใจในการใช้ โดยผลจากการศึกษาความง่ายในการใช้งานของระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก พบว่า ภาพรวมผลอยู่ในระดับดี และเมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบของ Usability พบว่า ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจ และเรียนรู้วิธีการใช้งานได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งผู้ใช้งานยังมีความเห็นว่า สามารถได้รับประโยชน์จากข้อมูลการรายงานสภาพจราจร โดยท้ายที่สุดนั้น ผู้แสดงความคิดเห็นจะรู้สึกว่าตนเองได้มีส่วนร่วมและสามารถได้รับประโยชน์อย่างแท้จริง ซึ่งจะส่งผลต่อเนื่องถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนผู้ใช้งานที่จะเข้ามาร่วมแสดงความคิดเห็นในระบบดังกล่าวต่อไป

สำหรับงานวิจัยนี้ ได้ทำการศึกษาวิธีประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจรโดยใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์จับสัญญาณจราจรแบบถาวร นั้นก็คือ ข้อมูลจราจรที่ได้รับจากกล้องอัจฉริยะร่วมกับระบบสำรวจความคิดเห็นผ่านเว็บไซต์ที่ถูกพัฒนาขึ้น เพื่อทำการรวบรวมข้อมูลจราจรดังกล่าว ซึ่งวิธีการศึกษาตามที่กล่าวมาข้างต้นนั้นมีความแตกต่างจากวิธีการศึกษาของ Pattara-atikom และ Peachavanish (2007) ที่ใช้ข้อมูลจากอุปกรณ์จับสัญญาณโดยใช้โทรศัพท์มือถือซึ่งเป็นวิธีการที่สามารถนำมาใช้ในการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจรได้เช่นกัน ถึงแม้ว่าวิธีการศึกษาและข้อมูลจราจรที่ใช้จะมีความแตกต่างกันก็ตาม แต่ผลลัพธ์ที่ได้คือ ค่าความแม่นตรงของตัวแบบในการจำแนกระดับความติดขัดอยู่ในระดับที่น่าพอใจ ซึ่งวิธีการศึกษาของทั้งสองงานวิจัยนี้สามารถนำมาใช้เป็นทางเลือกหนึ่งในการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจรตามลักษณะการได้มาซึ่งข้อมูลจราจรที่เหมาะสมกับการใช้งานในแต่ละพื้นที่ได้ต่อไป

นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังใช้ข้อมูลจากการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน เพื่อประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจร ซึ่งทำให้การรายงานสภาพจราจรนั้นมีความสอดคล้องกับการใช้งานของผู้ใช้ถนนหรือผู้แสดงความคิดเห็นมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังมีการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการประมวลผลเพื่อจำแนกระดับความติดขัดของสภาพจราจรตามข้อมูลที่ได้จากการแสดงความคิดเห็น ซึ่งจากการทดลอง พบว่า ความเร็วเฉลี่ย เป็นแอททริบิวต์ทางด้านอินพุต ที่มีความสำคัญต่อแอททริบิวต์ทางด้านเอาท์พุตมากกว่าแอททริบิวต์อินพุตอื่น ๆ ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งแอททริบิวต์นี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ เกษม ชูจารุกุล (2548, หน้า 118) ที่ทำการสำรวจตัวชี้วัดระดับความติดขัดของสภาพจราจรในประเทศไทย พบว่า ความเร็วเฉลี่ย เป็นตัวชี้วัดที่เหมาะสม สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้สำหรับทางพิเศษ ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ช่วยให้การประเมินสภาพจราจรมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

บทที่ 5
บทสรุป

ในบทนี้กล่าวถึง สรุปผลการวิจัย ข้อจำกัดของการวิจัย การประยุกต์ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป โดยมีรายละเอียด ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก จากนั้นศึกษาความสามารถในการใช้งานได้ (Usability) ของระบบดังกล่าว และค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม

ในการศึกษาความสามารถในการใช้งานได้ (Usability) ของงานวิจัยนี้ได้ศึกษาองค์ประกอบต่าง ๆ ของ Usability ได้แก่ ด้านความสามารถในการเรียนรู้ (Learnability) เพื่อทดสอบความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้สามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานได้โดยง่าย ด้านประสิทธิภาพในการใช้งาน (Efficiency) เพื่อทดสอบความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานด้วยความเข้าใจถูกต้องและรวดเร็ว ด้านประสิทธิผลในการใช้งาน (Effectiveness) เพื่อทดสอบความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้บรรลุผลสำเร็จของงานตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ ด้านความเชื่อถือได้ในการใช้งาน (Reliability) เพื่อทดสอบความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความเชื่อถือต่อความถูกต้องของข้อมูลและระบบ และด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน (Satisfaction) เพื่อทดสอบความสามารถของระบบที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความรู้สึกที่เป็นการยอมรับ ความรู้สึกชอบ ความรู้สึกที่ยินดีกับการใช้งาน รูปแบบการใช้งานและส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน

สำหรับการศึกษาวิธีการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจร จากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน โดยนำระบบที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจราจรและข้อมูลการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนที่เป็นระดับความติดขัดของสภาพจราจรนั้น ๆ ซึ่งผู้ใช้ถนนทำการพิจารณาชุดข้อมูลจราจรที่ได้รับจากอุปกรณ์จับสัญญาณแบบถาวรที่ถูกติดตั้ง ณ ทางด่วนดินแดง เส้นทางไปสุขุมวิท ข้อมูลจราจรประกอบด้วย ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.) ปริมาณจราจร (คัน/นาที) วันของสัปดาห์ เวลา รูปภาพสภาพจราจร เพื่อแสดงความคิดเห็นหนึ่งในระดับความติดขัดซึ่งมีอยู่ 3 ระดับ คือ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด โครงข่ายประสาทเทียมจะถูกเรียนรู้และถูกทดสอบโดยใช้ข้อมูลที่รวบรวมจากการรับรู้ของผู้ใช้ถนน งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม WEKA เป็นเครื่องมือในการ

เรียนรู้และทดสอบข้อมูล ในขั้นตอนการทดลองนั้นได้ทำการปรับค่าตัวแปร ได้แก่ จำนวนโหนดในชั้นซ่อน อัตราการเรียนรู้ และโมเมนตัม ซึ่งการปรับค่าตัวแปรดังกล่าวสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของโครงข่ายประสาทเทียมในการจำแนกข้อมูลให้ดีขึ้นได้ เพื่อค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนที่เหมาะสมที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้จากการเรียนรู้ คือ ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้จำแนกข้อมูลจราจรออกเป็นระดับความติดขัด หลังจากนั้นเมื่อมีข้อมูลจราจรใหม่เข้ามา สามารถนำข้อมูลใหม่นี้มาผ่านตัวแบบ ซึ่งตัวแบบสามารถจำแนกข้อมูลจราจรเป็นระดับความติดขัดได้ เพื่อใช้รายงานสภาพจราจรให้มีความแม่นตรงตามการรับรู้สภาพจราจรของผู้ใช้ถนนต่อไป

สำหรับงานวิจัยนี้สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.1.1 ในการพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน ผู้วิจัยทำการพัฒนาระบบดังกล่าวผ่านทางเว็บไซต์ โดยใช้ภาษา PHP ในการสร้างโปรแกรม ใช้เทคนิค AJAX เพื่อให้การแสดงผลข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ใช้ PostgressSQL เป็นฐานข้อมูล และใช้ Google Map API ในการแสดงแผนที่เส้นทางใน กทม. เพื่อระบุตำแหน่งข้อมูลสภาพจราจร ซึ่งจากการพัฒนาทำให้ได้ระบบในการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก เพื่อใช้ในการรวบรวมข้อมูลการแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนและนำข้อมูลที่ได้รับไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อค้นหาตัวแบบในการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนที่เหมาะสม

5.1.2 ในการศึกษาและทำการทดสอบความสามารถในการใช้งานได้ (Usability) ของระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก ได้ทำการทดสอบ Usability กับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยใช้แบบสอบถามการใช้งานของระบบดังกล่าว ผลจากการทดสอบสรุปได้ว่าองค์ประกอบของ Usability ที่เป็นจุดแข็ง คือ ความเชื่อถือได้ในการใช้งานและประสิทธิผลในการใช้งาน ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ของ Usability ได้แก่ ความสามารถในการเรียนรู้ ประสิทธิภาพในการใช้งานและความพึงพอใจในการใช้งาน ผลอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาถึงรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบ พบว่า จุดแข็งคือ ผู้ใช้งานสามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานได้อย่างรวดเร็ว ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจสีที่ใช้ในการแสดงระดับความติดขัด และผู้ใช้เห็นว่าได้รับประโยชน์จากข้อมูลการรายงานสภาพจราจร จุดอ่อนคือ ผู้ใช้งานบางส่วนไม่เข้าใจมุมกล้องที่แสดงภาพการรายงานสภาพจราจรมากนัก ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกแสดงความคิดเห็น ทำให้ข้อมูลการแสดงความเห็นมีความคลาดเคลื่อนได้ ผู้ใช้งานเห็นว่าความเร็วในการแสดงผลข้อมูลยังช้าอยู่ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพโดยรวมของระบบ และผู้ใช้งานเห็นว่ารูปแบบของเว็บไซต์ยังไม่มีความดึงดูดมากพอที่ทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานตั้งแต่ต้นจนจบได้

5.1.3 ในการศึกษาวิธีการประเมินระดับความติดขัดของการจราจร จากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนเพื่อค้นหาตัวแบบการรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนที่เหมาะสม ผู้วิจัยใช้ชุดข้อมูลจราจรสำหรับการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม ในระหว่างวันที่ 1/10/2551 - 30/12/2551 จากกล้องทางด่วนดินแดงเส้นทางไปสุขุมวิท โดยได้รับความคิดเห็นจากกลุ่มตัวอย่างที่ทำการประเมินระดับความติดขัดของสภาพจราจรผ่านเว็บไซต์จำนวน 146 ราย ทำให้ได้รับชุดข้อมูลการแสดงความคิดเห็นทั้งสิ้น 3,456 รายการ และใช้ชุดข้อมูลจราจรสำหรับการทดสอบ ในระหว่างวันที่ 1/1/2552 - 31/1/2552 จากกล้องทางด่วนดินแดงเส้นทางไปสุขุมวิท ซึ่งมีชุดข้อมูลจราจรทั้งสิ้น 2,675 รายการ โดยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) โครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมที่สุด คือ 10 - 11 - 3 ซึ่งประกอบด้วย ชั้นอินพุต คือ ความเร็ว (กม./ชม.) ปริมาณจราจร (คัน/นาที) วันของสัปดาห์ (วันจันทร์ - วันอาทิตย์) และเวลา (นาที) จำนวน 10 โหนด ชั้นซ่อน จำนวน 11 โหนด ชั้นเอาต์พุต จำนวน 3 โหนด คือ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด โดยมีค่าอัตราการเรียนรู้และค่าโมเมนตัมที่เหมาะสมเท่ากับ 0.3 และ 0.2 ตามลำดับ ซึ่งทำให้ได้ค่าความแม่นตรงของตัวแบบเท่ากับ 94.99% และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 0.1583

2) ผลการศึกษาค่าน้ำหนักของแต่ละแอททริบิวต์ พบว่า แอททริบิวต์ความเร็วเฉลี่ยมีความสำคัญต่อแอททริบิวต์ทางด้านเอาท์พุตมากกว่าแอททริบิวต์อินพุตอื่น ๆ รองลงมา คือ แอททริบิวต์ปริมาณจราจร เวลา และวันของสัปดาห์ตามลำดับ

3) ผลการเปรียบเทียบระหว่างตัวแบบ 10 - 11 - 3 และความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน พบว่า ผลการจำแนกข้อมูลได้ค่าความแม่นตรงคิดเป็น 94.99% และผลการจำแนกข้อมูลมีความแตกต่างกันคิดเป็น 5.01% ทั้งนี้สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้การจำแนกข้อมูลมีความแตกต่างกันได้ 3 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่ 1 เกิดจากช่วงระดับสภาพจราจรที่มีความใกล้เคียงกัน ได้แก่ สภาพจราจรคล่องตัวกับสภาพจราจรหนาแน่น และสภาพจราจรหนาแน่นกับสภาพจราจรติดขัดทำให้ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกแสดงความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน

ประเด็นที่ 2 เกิดจากการที่ผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นที่ผิดจากความเป็นจริง หรือเกิดจากผู้ใช้ถนนแสดงความคิดเห็นสลับเส้นทาง

ประเด็นที่ 3 เกิดจากความผิดพลาดของการรายงานผลของ CCTV ที่แสดงผลความเร็วเฉลี่ยที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แต่รูปภาพแสดงผลของสภาพจราจรที่แตกต่างกัน

4) ผลการเปรียบเทียบระหว่างการประเมินจากผู้ใช้ถนนและการประเมินจาก กทม. พบว่า ผลการจำแนกข้อมูลได้ค่าความแม่นตรงคิดเป็น 85.16% และผลการจำแนกข้อมูลมีความ

แตกต่างกันคิดเป็น 14.84% ทั้งนี้สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้การจำแนกข้อมูลมีความแตกต่างกันได้ 2 ประเด็น คือ

ประเด็นที่ 1 เกิดจากรูปภาพที่แสดงสภาพจราจรมีความเร็วเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 70 - 130 กม./ชม. ซึ่งควรประเมินสภาพจราจรเป็นคล่องตัว แต่ กทม. ประเมินสภาพจราจรเป็นหนาแน่นและติดขัด จึงทำให้การจำแนกข้อมูลจากผู้ใช้ถนนมีความแตกต่างจากการประเมินของ กทม. คิดเป็น 14.43%

ประเด็นที่ 2 เกิดจากช่วงระดับสภาพจราจรที่มีความใกล้เคียงกัน ได้แก่ สภาพจราจรคล่องตัวกับสภาพจราจรหนาแน่น และสภาพจราจรหนาแน่นกับสภาพจราจรติดขัด จึงทำให้ส่งผลต่อการประเมินสภาพจราจรของผู้ใช้ถนนมีความแตกต่างจากการประเมินของ กทม. คิดเป็น 0.41%

5) ผลการเปรียบเทียบระหว่างการประเมินจากตัวแบบของผู้ใช้ถนน และการประเมินจาก กทม. พบว่า ผลการจำแนกข้อมูลได้ค่าความแม่นตรงคิดเป็น 84.71% และผลการจำแนกข้อมูลมีความแตกต่างกันคิดเป็น 15.29% ทั้งนี้สามารถสรุปสาเหตุที่ทำให้การจำแนกข้อมูลมีความแตกต่างกันได้ 3 ประเด็น คือ

ประเด็นที่ 1 เกิดจากความผิดพลาดของการรายงานผลของ CCTV ที่แสดงผลความเร็วเฉลี่ยที่เท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แต่มีบางรูปภาพที่แสดงปริมาณรถที่แตกต่างกัน จึงทำให้การจำแนกข้อมูลจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนมีความแตกต่างจากการประเมินของ กทม. คิดเป็น 0.11%

ประเด็นที่ 2 เกิดจากรูปภาพที่แสดงมีความเร็วอยู่ในช่วง 80 - 120 กม./ชม. ซึ่งควรแสดงความคิดเห็นว่าสภาพจราจรคล่องตัว แต่การประเมินของ กทม. พบว่า สภาพจราจรหนาแน่นและติดขัด จึงทำให้การจำแนกข้อมูลจากตัวแบบของผู้ใช้ถนนมีความแตกต่างจากการประเมินของ กทม. คิดเป็น 14.47%

ประเด็นที่ 3 เกิดจากช่วงระดับสภาพจราจรที่มีความใกล้เคียงกัน ได้แก่ สภาพจราจรคล่องตัวกับสภาพจราจรหนาแน่น และสภาพจราจรหนาแน่นกับสภาพจราจรติดขัด จึงทำให้ส่งผลต่อการประเมินสภาพจราจรของตัวแบบของผู้ใช้ถนนมีความแตกต่างจากการประเมินของ กทม. คิดเป็น 0.71%

5.2 ข้อจำกัดของการวิจัย

ในการพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของสภาพจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม มีข้อจำกัดในการวิจัย ดังนี้

5.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพจราจร ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นจริง จากกล้อง CCTV ที่ถูกติดตั้ง ณ ทางด่วนดินแดง ทำให้ข้อมูลระดับความติดขัดของสภาพจราจรที่ได้รับส่วนใหญ่เป็นสภาพจราจรคล่องตัว ข้อมูลระดับความติดขัดของสภาพจราจรที่ได้รับส่วนน้อยเป็นสภาพจราจรหนาแน่นและติดขัด จึงทำให้ตัวแบบสามารถจำแนกระดับความติดขัดของสภาพจราจรที่เป็นคล่องตัวได้ดีกว่าสภาพจราจรหนาแน่นและติดขัด

5.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพจราจรมาใช้ในการเรียนรู้ เพื่อสร้างตัวแบบในการจำแนกระดับความติดขัดของสภาพจราจร จากกล้อง CCTV ที่ถูกติดตั้ง ณ ทางด่วนดินแดง ซึ่งเส้นทางที่ศึกษานี้เป็นทางที่ไม่มีทางแยกและเป็นเส้นทางที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร ดังนั้นตัวแบบที่ได้ในการศึกษาในครั้งนี้จึงสามารถนำไปใช้ได้กับเส้นทางที่มีลักษณะดังกล่าวเท่านั้น

5.2.3 ข้อมูลของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอาชีพเป็นนักศึกษาซึ่งข้อมูลที่ได้รับจากการประเมินระดับความติดขัด อาจจะมีความแตกต่างจากผู้ใช้ถนนโดยทั่วไปที่ประกอบอาชีพอื่นและมีประสบการณ์ในการขับขี่รวมทั้งประสบการณ์ในการใช้รถใช้ถนนที่มากกว่า

5.3 การประยุกต์ผลการวิจัย

ในการพัฒนาระบบรายงานระดับความติดขัดของสภาพจราจรทางบกจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนน โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม สามารถนำผลการวิจัยไปประยุกต์ได้ ดังนี้

5.3.1 จากผลของการศึกษาค่าน้ำหนักของแอททริบิวต์อินพุตที่เป็น ความเร็วเฉลี่ย มีความสำคัญต่อแอททริบิวต์ทางด้านเอาท์พุตมากกว่าแอททริบิวต์อินพุตอื่น ๆ ซึ่งสามารถนำแอททริบิวต์อินพุตที่เป็น ความเร็วเฉลี่ย เป็นแอททริบิวต์หลัก ในการประยุกต์ใช้เป็นตัวชี้วัดความติดขัดของสภาพจราจรบนทางพิเศษ ทางด่วนหรือเส้นทางที่ไม่มีทางแยกได้

5.3.2 สามารถนำตัวแบบในการรายงานระดับความติดขัดของสภาพจราจรทางบก ที่ได้จากงานวิจัยครั้งนี้ ไปประยุกต์ใช้กับข้อมูลจราจรจากกล้อง CCTV ที่ติดตั้ง ณ จุดอื่น ๆ ที่เหมาะสม ได้แก่ ทางพิเศษ ทางด่วน ทางที่ไม่มีทางแยกและทางที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจร เป็นต้น โดยมีแอททริบิวต์อินพุตที่ป้อนเข้าสู่ตัวแบบ คือ ความเร็วเฉลี่ย (กม./ชม.) ปริมาณจราจร (คัน/นาที) วันของสัปดาห์ (วันจันทร์ - วันอาทิตย์) และเวลา (นาที) ซึ่งตัวแบบนี้สามารถจำแนกระดับความติดขัดออกเป็น 3 ระดับ คือ คล่องตัว หนาแน่นและติดขัด สำหรับแนวทางในการประยุกต์ใช้งานจริงสามารถทำได้ ดังนี้

1) นำตัวแบบที่ได้จากโปรแกรม WEKA บันทึกเป็นไฟล์ .model เพื่อนำไปใช้ในการจำแนกระดับความติดขัด

2) เขียนโปรแกรมภาษาจาวาเพื่อเรียกใช้งานไฟล์ .model ที่ได้จากข้อ 1 จากนั้นอ่านไฟล์ .arff ที่ใช้ในการเรียนรู้เพื่อให้โปรแกรมเข้าใจรูปแบบของไฟล์ที่ต้องการจำแนกข้อมูล

3) นำข้อมูลสภาพจราจรที่ต้องการจำแนกมาผ่านตัวแบบ โดยเขียนโปรแกรมภาษาจาวา เพื่อให้ตัวแบบจำแนกข้อมูลที่ได้รับ เป็นระดับความติดขัดของสภาพจราจรที่มีอยู่ 3 ระดับ คือคล่องตัว หนาแน่นและติดขัด

4) นำผลการจำแนกระดับความติดขัดและข้อมูลสภาพจราจรที่ได้รับ มาใช้ในการรายงานผลสภาพจราจรหรืออาจเก็บไว้ในฐานข้อมูลก่อน เพื่อใช้ในการรายงานผลสภาพจราจรต่อไป

5) เมื่อมีข้อมูลสภาพจราจรที่ต้องการนำมาจำแนกอีก ก็ทำตามข้อที่ 3 และ 4 ได้ต่อไป

5.3.3 ความแม่นตรงของตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมขึ้นอยู่กับชุดข้อมูล ที่นำมาเข้ากระบวนการเรียนรู้ของโครงข่าย ดังนั้น จึงควรเก็บรวบรวมข้อมูลให้มากขึ้นและนำชุดข้อมูลใหม่ที่ได้มาเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้ เพื่อปรับปรุงตัวแบบให้ผลลัพธ์ที่ได้มีความแม่นตรงและทันสมัยอยู่เสมอ

5.3.4 สิ่งที่มีผลกระทบต่อความแม่นตรงของตัวแบบ คือ ข้อมูลที่นำไปใช้ในการเรียนรู้ภายในกระบวนการของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งถ้าหากข้อมูลที่นำมาเรียนรู้นั้นส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ผิดไปจากความเป็นจริง จะส่งผลทำให้ตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียมนั้นเรียนรู้จากข้อมูลที่ผิดหรือไม่เหมาะสม ดังนั้น จึงควรคัดเลือกข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งอาจนำระบบการจัดลำดับ (Rating System) เข้ามาใช้เพื่อช่วยจัดลำดับความน่าเชื่อถือของผู้เข้ามาแสดงความคิดเห็น ซึ่งเป็นการนำข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือมาใช้ในกระบวนการเรียนรู้ และทดสอบข้อมูลของโครงข่ายประสาทเทียม โดยจะส่งผลให้ตัวแบบมีความแม่นตรงมากยิ่งขึ้นนั่นเอง

5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

5.4.1 ควรศึกษาแอททริบิวต์ที่อาจจะมีผลกระทบต่อการประเมินระดับความติดขัด เช่น มุมกล้องที่ใช้ในการรายงานสภาพจราจร ซึ่งมุมกล้องที่แตกต่างกันอาจจะส่งผลต่อการรับรู้ของผู้ใช้ถนนในการประเมินระดับความติดขัดได้

5.4.2 เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเบื้องต้นที่ให้ผู้ใช้ถนนประเมินสภาพจราจร จากภาพนิ่งที่ได้จากกล้อง CCTV ซึ่งการใช้ภาพนิ่งอาจส่งผลต่อการรับรู้สภาพจราจรของผู้ใช้ถนน ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาโดยให้ผู้ใช้ถนนประเมินสภาพจราจรจากภาพวิดีโอ แล้วเปรียบเทียบผลการประเมินสภาพจราจรจากภาพนิ่งและภาพวิดีโอว่ามีผลต่อการรับรู้สภาพจราจรของผู้ใช้ถนนหรือไม่ อย่างไร

5.4.3 ควรศึกษาข้อมูลสภาพจราจรและรวบรวมข้อมูลจราจรจากอุปกรณ์จับสัญญาณแบบถาวร ณ จุดอื่น ๆ เพิ่มเติม พร้อมทั้งศึกษาลักษณะของเส้นทางที่แตกต่างกันของแต่ละจุดที่ติดตั้งอุปกรณ์จับสัญญาณแบบถาวร โดยเฉพาะเส้นทางที่มีหรือไม่มีทางแยก มีหรือไม่มีสัญญาณไฟจราจรซึ่งลักษณะของเส้นทางดังกล่าวอาจส่งผลต่อความแม่นตรงในการจำแนกข้อมูลจราจร ทั้งนี้เพื่อให้ได้ตัวแบบที่สามารถจำแนกระดับความติดขัดได้ทุก ๆ เส้นทางในถนนของกรุงเทพมหานคร

5.4.4 ควรศึกษาเทคนิคในการจำแนกข้อมูลแบบต่าง ๆ จากนั้นเปรียบเทียบแต่ละวิธีว่าเทคนิคในการจำแนกข้อมูลแบบใด สามารถจำแนกข้อมูลจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด เช่น การใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ ซึ่งเป็นระบบที่มีกระบวนการเรียนรู้ในตัวเอง และโครงสร้างของระบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ ที่สามารถตีความหมายและให้เหตุผลได้ เนื่องจากโครงข่ายประสาทเทียมมีจุดเด่นด้านการเรียนรู้จากข้อมูลที่นำมาสอน โดยโครงข่ายประสาทเทียมมีการปรับแต่งความรู้ที่ซ่อนอยู่ภายในเครือข่าย อย่างไรก็ตาม โครงข่ายประสาทเทียมก็มีจุดด้อยในด้านการตีความหาเหตุผล โครงข่ายประสาทเทียมไม่สามารถให้เหตุผลได้ว่าเพราะเหตุใดจึงมีข้อสรุปออกมาดังที่ปรากฏที่เอาต์พุตของโครงข่าย จากข้อดีของตรรกศาสตร์คลุมเครือ ในด้านการให้เหตุผลเชิงตรรกะที่มนุษย์สามารถเข้าใจได้ง่าย และข้อดีโครงข่ายประสาทเทียมด้านการเรียนรู้จากข้อมูล เมื่อนำสองศาสตร์นี้มารวมกันจะกลายเป็นโครงข่ายประสาทเทียมแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ ที่อาจจะจำแนกข้อมูลจราจรได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

รายการอ้างอิง

เกษม ชูจารุกุล. (2548). เกณฑ์ในการวัดการจราจรติดขัดในประเทศไทยในมุมมองของผู้ปฏิบัติ. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 10.** พฤษภาคม 2548. 111-118.

เครตัน, เจ. แอล. (2535). **การมีส่วนร่วมของประชาชนในการตัดสินใจของชุมชน.** แปลโดย วันชัย วัฒนศัพท์. กรุงเทพฯ: สถาบันพระปกเกล้า.

โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน. (2544). **โครงข่ายประสาทเทียม**. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฉบับกาญจนาภิเษก, เล่มที่ 25.

จีเนียสทราฟิคซีสเต็ม. (2552). **การรายงานสภาพจราจรของป้ายจราจรอัจฉริยะ.** [ออนไลน์]. ได้จาก http://www.forth-its.com/report.php

ณรงค์กร จารุศักดิ์วงศ์, กิตติพัฒน์ ตั้งอิทธินันท์ และ เกษม ชูจารุกุล. (2551). ความไม่สอดคล้องระหว่างการรับรู้สภาพการจราจรของผู้ขับขี่กับสีแสดงสภาพการจราจรบนป้ายจราจรอัจฉริยะในกรุงเทพมหานคร. **การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 13**. พฤษภาคม 2551. 196-202.

ถวิลวดี บุรีกุล. (2548). **การมีส่วนร่วม แนวคิด ทฤษฎีและกระบวนการ.** กรุงเทพฯ:สถาบันพระปกเกล้า.

บุญเสริม กิจศิริกุล. (2546). **ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent)**. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงษ์สันต์ คงตรีแก้ว. (2542). อ้างถึงใน รัตนาวดี ภู่ขำ. (2549). การพัฒนาประสิทธิภาพการจัดการจราจรด้วยกล้องโทรทัศน์วงจรปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัตนาวดี ภู่ขำ. (2549). การพัฒนาประสิทธิภาพการจัดการจราจรด้วยกล้องโทรทัศน์วงจรปิด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Abdi, H. (1994). Neural Networks Primer. **Journal of Biological Systems.** 2(3):247-283.

Battleson, B., Booth, A., & Weintrop, J. (2001) Usability Testing of an academic library Web site: A case study. Journal of Academic Librarianship. 188-198. Quoted in Whitehead, C. C. (2006). Evaluating web page and web site usability. In Proceedings of the 44th Annual Southeast Regional Conference. 788-789.

Bertini, R. L. (2005). **Congestion and Its Extent.** Access to Destinations: Rethinking the Transportation Future of our Region. [On-line]. Avarilable: http://www.its.pdx.edu/pdf/bertini_congestion_May_2005.pdf

Cohen, M. J. and Uphoff, T. N. (1982). Participation's Place in Rural Development: Seeking Clarity Through Specificity. **World Development**. 8(3): 219-222. อ้างถึงใน ถวิลวดี บุรีกุล. (2548). **การมีส่วนร่วม แนวคิด ทฤษฎีและกระบวนการ.** กรุงเทพฯ:สถาบันพระปกเกล้า.

Demuth, H. and Beal, M. (2001). **Neural Network Toolbox User's Guide** (7th ed.). Natick: The Math Works.

Dickstein, R. and Mills, V. (2000) Usability testing at the University of Arizona Library : How to let the users in on the design. Information Technology and Libraries. 141-151. Quoted in Whitehead, C. C. (2006). Evaluating web page and web site usability. In Proceedings of the 44th Annual Southeast Regional Conference. 788-789.

Folmer, E. and Bosch, J. (2004). Architecting for Usability: A Survey. **Journal of Systems and Software.** 70(1-2):61-78.

Han, J. and Kamber, M. (2006). **Data mining: Concepts and techniques** (2nd ed.). Morgan Kaufmann.

ISO 9126-1 (2000). **Software Engineering-Product Quality-Part 1: Quality Model.** Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization. Quoted in Folmer, E. and Bosch, J. (2004). Architecting for Usability: A Survey. **Journal of Systems and Software.** 70(1-2):61-78.

ISO 9241-11. (1994). **Ergonomic Requirement for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs)-Part 11: Guidance on Usability**. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

Jain, A. K., Mao, J. and Mohiuddin, K. (1996). Artificial Neural Network: A Tutorial. **IEEE Computer Special Issue on Neural Computation.** 29(3):31-44.

Kartalopoulos, S., V. (1996). **Understanding Neural Networks and Fuzzy Logic: Basic Concepts and Applications**. Wiley-IEEE Press.

Lu J. and Cao, L. (2003). Congestion Evaluation from Traffic Flow Information based on Fuzzy Logic. **Proceeding of IEEE Intelligent Transportation Systems.** 1: 50-33.

Muller, H. J. and Miska, M. (2005). Monitoring Traffic under Congestion. **84th Transportation Research Board.** Washington D.C., USA.

National Cooperative Highway Research Program 3-68. (2004). Guide of Effective Freeway Performance Measurement. Quoted in Choocharukul, K. (2005). Congestion Measures in Thailand: State of the Practice. **Proceedings of the 10th National Convention on Civil Engineering.** May 2005, pp. 111-118.

Nielsen, J., (1993). **Usability Engineering.** Academic press, San Diego,CA. Quoted in Folmer, E. and Bosch, J. (2004). Architecting for Usability: A Survey. **Journal of Systems and Software.** 70(1-2):61-78.

Pattara-atikom, W., and Peachavanish, R. (2007). Estimating Road Traffic Congestion from Cell Dwell Time using Neural Network. **The 7th International Conference on ITS Telecommunications (ITST 2007).** Sophia Antipolis, France, June 2007.

Pongpaibool, P., Tangamchit, P., and Noodwong, K. (2007). Evaluation of Road Traffic Congestion Using Fuzzy Techniques. **Proceeding of IEEE TENCON 2007**. Taipei, Taiwan, October 2007.

Porikli, F. and Li, X. (2004). Traffic Congestion Estimation using HMM models without Vehicle Tracking. **Proceeding of IEEE Intelligent Vehicles Symposium.** June 2004, pp. 188-193.

Shackel, B. (1991). Usability-context Framework Design and Evaluation. Quoted in Shackel, B., and Richardson, S. (eds.). **Human Factors for Informatics Usability** (pp. 21-38). Cambridge University Press Cambridge.

Topp, N. W. and Pawloski, B. (2002). Online Data Collection. **Journal of Science Education and Technology.** 11(2):173-178.

U.K. Department of Transport. (2001). **Perceptions and Attitudes to Congestion.** [On-line]. Avarilable: http://www.dft.gov.uk/pgr/statistics/datatablespublications/trsnstatsatt/earlierreports/perceptionsofandattitudestoc5124?page=8#a1007. Quoted in Choocharukul, K. (2005). Congestion Measures in Thailand: State of the Practice. **Proceedings of the10th National Convention on Civil Engineering.** May 2005, 111-118.

Witten, I. H. and Frank, E. (2005). **Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques.** 2nd ed. Morgan Kaufmann.

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามการใช้งานระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก

แบบสอบถามเรื่อง

การใช้งานระบบรายงานระดับความติดขัดของการจราจรทางบก

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาการใช้งานระบบสำรวจความเห็นเกี่ยวกับการรายงานและประเมิน สภาพจราจรผ่านเว็บไซต์ เพื่อนำผลที่ได้ไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาระบบ ให้ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้อย่างแท้จริง ดังนั้น ขอความกรุณาให้ท่านได้โปรดตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อ โดยเลือกคำตอบที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด
2. แบบสอบถามมี 3 ตอน ดังนี้

   ตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

   ตอนที่ 2 ข้อมูลการใช้งานระบบ

   ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

แบบสอบถามตอนที่ 1 ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หน้าคำตอบที่ท่านต้องการ

1. เพศ

   ☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

   ☐ น้อยกว่า 15 ปี ☐ 15 - 20 ปี

   ☐ 21 - 25 ปี ☐ 26 - 30 ปี

   ☐ 31 - 35 ปี ☐ 36 - 40 ปี

   ☐ 41 - 45 ปี ☐ 46 - 50 ปี

   ☐ 50 ปีขึ้นไป

3. ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด

   ☐ ประถมศึกษา ☐ มัธยมศึกษา

   ☐ อาชีวศึกษาชั้นสูง / อนุปริญญา ☐ ปริญญาตรี

   ☐ ปริญญาโท ☐ ปริญญาเอก

4. อาชีพ

☐ นักเรียน / นักศึกษา ☐ พนักงานบริษัท

☐ ข้าราชการ / รัฐวิสาหกิจ ☐ เจ้าของธุรกิจ / ธุรกิจส่วนตัว

☐ รับจ้างทั่วไป ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

5. ใบอนุญาตขับขี่ที่ได้รับอนุญาต

☐ ไม่มีใบอนุญาตขับขี่ ☐ ใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ชั่วคราว

☐ ใบอนุญาตขับขี่รถจักรยานยนต์ ☐ ใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ชั่วคราว

☐ ใบอนุญาตขับขี่รถยนต์ ☐ ใบอนุญาตขับขี่รถสาธารณะ

6. ประสบการณ์ในการขับรถ

☐ น้อยกว่า 1 ปี

☐ 1 - 5 ปี

☐ 6 - 10 ปี

☐ มากกว่า 10 ปี

7. ประสบการณ์การใช้งานคอมพิวเตอร์

☐ น้อยกว่า 1 ปี ☐ 1 - 5 ปี

☐ 6 - 10 ปี ☐ 11 - 15 ปี

☐ มากกว่า 15 ปี

แบบสอบถามตอนที่ 2 ข้อมูลของการใช้งานระบบ

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ หน้าคำตอบที่ท่านต้องการ

ประเด็นคำถามการใช้งาน	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ท่านสามารถเลือกแสดงรายงานรูปแบบต่าง ๆ ได้โดยง่าย					
2. ท่านสามารถเลือกแสดงความคิดเห็นของการรายงานต่าง ๆ ได้โดยง่าย					
3. ข้อมูลการรายงาน ท่านสามารถเข้าใจและแสดงความเห็นได้โดยง่าย					
4. ข้อมูลการประเมินสภาพจราจรจากกล้อง CCTV ท่านสามารถเข้าใจและแสดงความคิดเห็นได้โดยง่าย					
5. ท่านสามารถเรียนรู้วิธีการใช้งานได้อย่างรวดเร็ว					

ประเด็นคำถามการใช้งาน (ต่อ)	ดีมาก	ดี	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
6. ระบบสามารถแสดงผลการตอบรับข้อมูลตรงกับความคิดเห็นที่ท่านเลือกได้ถูกต้อง					
7. ระบบสามารถแสดงผลข้อมูลการรายงานสภาพจราจรได้อย่างรวดเร็ว					
8. ระบบสามารถตอบรับข้อมูลการแสดงความเห็นของท่านได้อย่างรวดเร็ว					
9. สีที่ใช้แสดงระดับความติดขัด ท่านสามารถเข้าใจและแสดงความเห็นได้โดยง่าย					
10. รูปแบบหน้าจอ การจัดแบ่งเว็บเพจมีความสอดคล้องกันทั้งเว็บเพจซึ่งมีความง่ายในการใช้งาน					
11. ภาษาที่ใช้มีความเหมาะสม ชัดเจน ถูกต้อง สามารถทำให้ท่านเข้าใจได้โดยง่าย					
12. ตัวอักษรอ่านง่าย มีความเหมาะสมและกลมกลืนในหน้าเว็บไซต์					
13. ภาพที่ใช้ประกอบการรายงานสภาพจราจรมีความสอดคล้องกับข้อมูลที่แสดง					
14. ขนาดของภาพมีความเหมาะสมและสามารถแสดงผลได้อย่างชัดเจน					
15. มุมกล้องที่แสดงภาพการรายงาน ท่านสามารถเข้าใจและเพียงพอต่อการแสดงความคิดเห็น					
16. ท่านมีความเชื่อถือในข้อมูลการรายงานสภาพจราจรรูปแบบต่างๆ ภายในเว็บเพจ					
17. ท่านคิดว่าได้รับประโยชน์จากข้อมูลการรายงานสภาพจราจรรูปแบบต่าง ๆ					
18. รูปแบบของเว็บไซต์มีความน่าสนใจและดึงดูดให้ท่านใช้งานตั้งแต่ต้นจนจบได้					
19. ท่านมีความพึงพอใจต่อหน้าเว็บไซต์ที่มีความสวยงาม ดูสะอาดตา					
20. ท่านมีความพึงพอใจในภาพรวมการใช้งานของระบบ					

แบบสอบถามตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

คำชี้แจง โปรดเขียนระบุข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของท่าน เพื่อจะได้นำข้อมูลไปออกแบบและพัฒนาระบบให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ต่อไป

1. ท่านต้องการให้เพิ่มข้อมูลการรายงานอะไรบ้าง ?

……

……

……

2. เหตุผลที่ท่านต้องการใช้งานระบบนี้คืออะไร ?

……

……

……

3. ท่านคิดว่าจะใช้งานในช่วงเวลาใด ก่อนการเดินทางนานเท่าใด ?

……

……

……

4. ท่านมีวิธีการอย่างไร ในการสร้างแรงจูงใจให้เข้ามาใช้งาน ?

……

……

……

5. ท่านคิดว่าได้รับประโยชน์จากการใช้งาน ระบบรายงานและประเมินสภาพจราจรอย่างไรบ้าง ?

……

……

……

ขอขอบพระคุณอย่างสูงที่ท่านกรุณาตอบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยครั้งนี้

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้และทดสอบ

ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้และทดสอบ

ในการค้นหาตัวแบบเพื่อจำแนกระดับความติดขัดที่เหมาะสมที่สุด ใช้ตัวอย่างข้อมูลในการเรียนรู้และทดสอบ ซึ่งประกอบด้วย แอททริบิวต์ที่เป็นอินพุต คือ แอททริบิวต์วันของสัปดาห์ (DW) มีชุดข้อมูลเป็นวันจันทร์ - วันอาทิตย์ แอททริบิวต์เวลา (MT) มีหน่วยเป็นนาที แอททริบิวต์ความเร็วเฉลี่ย (SP) มีหน่วยเป็นกิโลเมตร/ชั่วโมง แอททริบิวต์ปริมาณจราจร (VOL) มีหน่วยเป็นคัน/นาที แอททริบิวต์ที่เป็นเอาท์พุต คือ แอททริบิวต์ระดับความติดขัด (CL) ที่มีอยู่ 3 ระดับ คือ 1 หมายถึงสภาพจราจรคล่องตัว 2 หมายถึงสภาพจราจรหนาแน่นและ 3 หมายถึงสภาพจราจรติดขัด ดังแสดงในตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ในการเรียนรู้และทดสอบ

DW	MT	SP	VOL	CL
Mon	471	12.78	5	3
Mon	472	12.88	2	3
Mon	473	11.94	4	3
Mon	474	15.37	4	3
Mon	475	17.18	3	3
Mon	476	48.38	5	1
Mon	477	14.55	4	3
Mon	478	25.13	3	2
Mon	479	16.23	2	3
Mon	480	7.65	1	3
Mon	481	26.71	4	1
Mon	481	26.71	4	2
Mon	482	11.36	2	2
Mon	483	16.77	2	2
Mon	484	9.36	2	3
Mon	485	9.13	4	3
Mon	486	27.74	4	1

จากตารางที่ ข.1 นำมาสร้างไฟล์ .ARFF เพื่อจัดรูปแบบให้สามารถใช้งานในโปรแกรม WEKA ได้ ดังแสดงในรูปตัวอย่างที่ ข.1

```
@relation Dindaeng

@attribute DW {Monday,Tuesday,Wednesday,Thursday,Friday,Saturday,Sunday}
@attribute MT numeric
@attribute SP numeric
@attribute VOL numeric
@attribute CL {1,2,3}

@data
Mon,471,12.78,5,3
Mon,472,12.88,2,3
Mon,473,11.94,4,3
Mon,474,15.37,4,3
Mon,475,17.18,3,3
Mon,476,48.38,5,1
Mon,477,14.55,4,3
Mon,478,25.13,3,2
Mon,479,16.23,2,3
Mon,480,7.65,1,3
Mon,481,26.71,4,1
Mon,481,26.71,4,2
Mon,482,11.36,2,2
Mon,483,16.77,2,2
Mon,484,9.36,2,3
```

รูปที่ ข.1 ตัวอย่างข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบไฟล์ .ARFF

ภาคผนวก ค

บทความวิจัยที่ได้รับการตอบรับเพื่อตีพิมพ์ในวารสารและเพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการ

บทความวิจัยที่ได้รับการตอบรับเพื่อตีพิมพ์ในวารสาร

ปิติภูมิ โพสาวัง, สถิตย์โชค โพธิ์สอาด, วีรพงษ์ พลนิกรกิจ และวสันต์ ภัทรอธิคม. (2552). การใช้งานได้ของแบบสำรวจบนเว็บสำหรับความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนต่อการรายงานการจราจร. **วารสารเทคโนโลยีสุรนารี**.

บทความวิจัยที่ได้รับการตอบรับเพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการ

Posawang, P., Phosaard, S., Pattara-Atikom, W. and Polnigongit, P. (2008) A Mutimedia-Based and Time-Sensitive Interactive Web Survay for Road User Opinion on Traffic Condition. In **Proceedings of the ECTI-CON2008.** May 2008.

ปิติภูมิ โพสาวัง, สถิตย์โชค โพธิ์สอาด, วีรพงษ์ พลนิกรกิจ และวสันต์ ภัทรอธิคม. (2552). การประเมินระดับความติดขัดของการจราจรจากความคิดเห็นของผู้ใช้ถนนโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม. ใน **การประชุมวิชาการทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และวิศวกรรมซอฟแวร์ ครั้งที่ 6.** พฤษภาคม 2552.

Posawang, P., Phosaard, S., Pattara-Atikom, W. and Polnigongit, P. (2009). Perception-based Road Traffic Congestion Classification using Neural Networks. In **The 2009 International Conference of Computer Science and Engineering (ICCSE'09).** London. July 2009.

ประวัติผู้เขียน

นายปิติภูมิ โพสาวัง เกิดเมื่อวันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2522 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ จากมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ. 2544 ภายหลังสำเร็จการศึกษาได้เข้าทำงานในบริษัท ตงฮั้วไรซ์ จำกัด ตำแหน่งโปรแกรมเมอร์ ทำหน้าที่พัฒนาโปรแกรมฐานข้อมูลให้กับบริษัท ต่อมาในปี พ.ศ. 2548 ได้เข้าทำงานในบริษัท หลักทรัพย์ไทยพาณิชย์ จำกัด สาขานครราชสีมา ตำแหน่งเจ้าหน้าที่คอมพิวเตอร์ ทำหน้าที่ดูแลระบบงานคอมพิวเตอร์รวมทั้งข้อมูลสารสนเทศของสาขานครราชสีมา และศึกษาต่อระดับปริญญาโทในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในปีการศึกษา 2550 โดยในระหว่างการศึกษาได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจาก หน่วยปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีเครือข่าย ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ