การประมาณค่าเวลาการเดินทางจากข้อมูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม

โดย

ไพโรจน์ พาสพิษณุ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ. 2550

Travel Time Estimation from Cellular Phone Information Using Neural Network

By

Pairote Paspitsanu

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ. 2550

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นายไพโรจน์ พาสพิษณุ

เรื่อง

การประมาณค่าเวลาการเดินทางจากข้อมูลโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อวันที่ 5 พฤษภาคม 2551

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(รองศาสตราจารย์ ดร. ดวงแก้ว สวามิภักดิ์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____
(อาจารย์ ดร. รัชต พีชวณิชย์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____
(ดร. วสันต์ ภัทรอธิคม)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(อาจารย์ ดร. รัชฎา คงคะจันทร์)

คณบดี _____
(รองศาสตราจารย์ สมชาย วิริยะยุทธกร)

บทคัดย่อ

ข้อมูลสภาพการจราจรที่ถูกต้อง ในเวลาที่เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้เส้นทางสามารถเลือกใช้เส้นทางที่เหมาะสม สภาพการจราจรไม่ติดขัด และผู้ใช้เส้นทางเกิดความพึงพอใจ งานวิจัยนี้นำเสนอกระบวนการประมาณค่าเวลาการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาในเขตกรุงเทพมหานคร และนนทบุรี โดยใช้ข้อมูลเวลาประจำเสาสัญญาณ (Cell Dwell Time: CDT) จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น และข่ายงานประสาทเทียม ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นว่า CDT สามารถใช้ในการประมาณค่าเวลาการเดินทางได้ และเมื่อสภาพการจราจรติดขัด เทคนิคข่ายงานประสาทเทียมสามารถประมาณค่าเวลาในการเดินทางได้ดีกว่าการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอย่างชัดเจน โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์ (% Absolute Error) อยู่ระหว่าง 2%-9% และ สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอยู่ระหว่าง 3%-34% เมื่อสภาพการจราจรคล่องตัว การประมาณค่าเวลาในการเดินทางจากเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ทำได้ใกล้เคียงกัน

Abstract

Timely and accurate traffic information helps drivers choose appropriate and less congested traffic routes and improve satisfaction. This research proposes a method for estimating travel time over many of Bangkok's and Nonthaburi's river bridges using cell dwell time (CDT) information from mobile phones. Linear regression and backpropagation neural network were two techniques used. The results show that CDT is a promising measure for estimating travel times and that neural network shows superior estimation over linear regression when traffic is congested with percent absolute error between 2%-9% for neural network and 3%-34% for linear regression. When traffic is not congested, the results of estimation from linear regression were comparable to those from neural network.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งในโครงการรายงานและประเมินสภาพการจราจร โดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Computer Technology Center: NECTEC) สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) งานวิจัยนี้สำเร็จลงได้ด้วยการสนับสนุนจากหลายบุคคล และหน่วยงาน 2 ท่านแรกที่ต้องขอแสดงความขอบคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ คือ อาจารย์ ดร.รัชต พีชวณิชย์ และดร. วสันต์ ภัทรอธิคม ที่ได้สละเวลาอันมีค่ายิ่ง เพื่อให้คำแนะนำ ความรู้ และแนวทางต่างๆ ที่มีคุณค่า ตลอดจนตรวจทานความถูกต้องในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ คุณอนุรักษ์ ภูลสวัสดิ์ ที่พัฒนาโปรแกรม CellularProbes สำหรับเก็บข้อมูลจากเครือข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ พร้อมไปกับการเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์นำร่องสัญญาณดาวเทียม (GPS) ขอขอบพระคุณ คุณภาวนุช ฟุ้งลัดดา ผู้อำนวยการสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานภาค 9 พิษณุโลก ผู้บังคับบัญชาของข้าพเจ้า ที่เห็นความสำคัญของการศึกษาและการพัฒนาของบุคลากรเป็นอย่างมาก โดยท่านเล็งเห็นถึงการพัฒนาศักยภาพของคน เพื่อไปเสริมสร้างความแข็งแกร่งให้กับประเทศชาติ จึงให้ความอนุเคราะห์อนุญาตให้ข้าพเจ้าลาเพื่อไปปฏิบัติงานวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณเพื่อนร่วมเดินทางระหว่างการเก็บข้อมูลภาคสนาม (พนักงานขับรถยนต์โดยสารสาธารณะ “แท็กซี่”) ที่คอยให้คำแนะนำเส้นทางตลอดจนความมีอัธยาศัยดี จนทำให้การเดินทางเพื่อเก็บข้อมูลภาคสนามในแต่ละครั้งมีคุณค่าและความน่าสนใจเพิ่มขึ้น และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่อำนวยความสะดวกต่างๆ ตลอดเวลาในการทำวิจัย

สุดท้ายนี้ ด้วยความรักและกรุณาจาก บิดา มารดา และญาติพี่น้อง ที่สนับสนุนสิ่งต่างๆ ตลอดเวลาในการทำวิจัยนี้ จนกระทั่งทุกสิ่งทุกอย่างสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ข้าพเจ้าตระหนักและซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง คงไม่มีสิ่งใดที่จะแสดงความขอบคุณถึงความกรุณาต่างๆ ที่ได้รับมากไปกว่าข้อความในกิตติกรรมประกาศนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณทุกๆ ท่าน ทั้งที่กล่าวถึงและไม่ได้กล่าวถึง เป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ ขออำนาจสิ่งศักดิ์สิทธิ์ และคุณพระศรีรัตนตรัย โปรดดลบันดาลความสำเร็จ ความสุขสวัสดีให้แก่ทุกท่าน ตลอดไป

ไพโรจน์ พาสพิษณุ

นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2551

สารบัญ

หน้าที่

บทคัดย่อ (2)

กิตติกรรมประกาศ (4)

สารบัญตาราง (7)

สารบัญภาพประกอบ (8)

บทที่

1 บทนำ....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย....1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย....3
1.3 สมมติฐานของงานวิจัย....3
1.4 ขอบเขตงานวิจัย....3
1.5 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย....4
1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์....4

2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....5

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง....5
2.1.1 การทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่....5
2.1.2 เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม (ARTIFICIAL NEURAL NETWORK)....10
2.1.3 การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น (LINEAR REGRESSION ANALYSIS)....17
2.1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....18

3 วิธีการดำเนินการวิจัย 27

3.1 ขอบเขตการทดลอง 27
3.2 เครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ใช้.....28
3.3 การออกแบบการทดลอง 32
3.4 โครงสร้างการทำงานของระบบ 32

4 ผลของการวิจัย.....47

4.1 ค่าความผิดพลาดแบบต่างๆ และขอบเขตความผิดพลาด 47
4.1.1 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลรวมของค่าเวลา CDT กับ ค่าเฉลี่ยของค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริง (% DIFFERENCE) 47
4.1.2 ค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (ROOT MEAN SQUARE ERROR, RMSE).....48
4.1.3 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (MEAN ABSOLUTE ERROR) 48
4.1.4 เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (% ABSOLUTE ERROR) 49
4.1.5 ช่วงของความเชื่อมั่น (CONFIDENCE INTERVAL FOR MEAN) 49
4.2 การทดสอบสมมติฐาน 61
4.2.1 ผลการทดสอบสมมติฐานวิจัยข้อที่ 1 61
4.2.2 ผลการทดสอบสมมติฐานวิจัยข้อที่ 2 62

5 สรุปผลการศึกษา 68

5.1 สรุปผลการการทดสอบสมมติฐาน 68
5.1.1 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานวิจัยข้อที่ 1.....68
5.1.2 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานวิจัยข้อที่ 2.....69

ภาคผนวก 72

การใช้งานโปรแกรม WEKA 3.4.11 สำหรับข่ายงานประสาทเทียม 73

บรรณานุกรม.....79

ประวัตินักศึกษา 89

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้าที่

1.1 แสดงสัดส่วนของประชากรที่มีโทรศัพท์มือถือจำแนกตามภาค (%) 2

2.1 อัลกอริทึมการแพร่กระจายย้อนกลับ 16

4.1 เปรียบเทียบผลการประมาณค่าเวลาการเดินทางของสะพานในเขตกรุงเทพมหานครและนนทบุรีจากฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน โดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น 53

4.2 เปรียบเทียบผลการประมาณค่าเวลาการเดินทางของสะพานในเขตกรุงเทพมหานครและนนทบุรีจากฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน โดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น 54

4.3 แสดง % ความผิดพลาดที่ปรับปรุงขึ้นเมื่อใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น สำหรับสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน 56

4.4 แสดงค่าระยะทาง และความเร็วเฉลี่ยของการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน 63

4.5 แสดงค่าความผิดพลาด RMSE และ % Absolute Error ทั้ง 2 ทิศทาง ของทุกสะพาน 65

4.6 แสดงค่าระยะทาง และความเร็วเฉลี่ยของการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน 66

ก.1 แสดงชุดข้อมูลเวลา CDT ของ Training Set ก่อนการแปลงเป็นรูปแบบ arff สะพานตากสิน ทิศทางจากฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาแม่น้ำเจ้าพระยา 73

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่ หน้าที่

2.1 สถาปัตยกรรมโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ 6
2.2 แสดงการจัดความถี่ให้เซลล์ต่างๆ....8
2.3 แสดงการกำหนดขนาดเซลล์ ให้เหมาะสมกับความหนาแน่นในการใช้งาน ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบรังผึ้ง 9
2.4 แสดงการส่งต่อ (Handoff) ระหว่างเซลล์ข้างเคียง 10
2.5 แสดงองค์ประกอบของเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์ 11
2.6 แสดงข่ายงานประสาทเทียมอย่างง่าย หรือเพอร์เซปตรอน 12
2.7 แสดงตัวอย่างข่ายงานแบบหลายชั้น 15
2.8 แสดงค่าผิดพลาดการสอนของตัวอย่างสอน (Training Examples) และตัวอย่างตรวจสอบ (Validation Examples) 17
2.9 แสดงการยืนยันตำแหน่ง 3 ด้าน (Trilateration) โดยอาศัยสถานีฐานบริเวณใกล้เคียง....20
2.10 แสดงการระบุตำแหน่งโดยติดตามการส่งต่อระหว่างสถานีฐาน (Cell Handoff Zone) ..21
2.11 แสดงการระบุตำแหน่งโดยอาศัยคุณลักษณะ Timing Advance ของมาตรฐาน GSM ..21
2.12 แสดงการเคลื่อนที่ของยานพาหนะผ่านเซลล์ต่างๆ 25
3.1 แสดงภาพโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีระบบปฏิบัติการ Symbian 28
3.2 แสดงภาพอุปกรณ์ GPS ประเภทเชื่อมต่อแบบบลูทูธ....29
3.3 แสดงภาพหน้าจอโปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ Cellular Probe 29
3.4 แสดงภาพหน้าตาโปรแกรมเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS “AFTrack 1.15” 30
3.5 แสดงหน้าตาโปรแกรม Weka 3.4.11 30
3.6 แสดงหน้าตาโปรแกรม GoogleEarth 4.0....31
3.7 แสดงหน้าตาโปรแกรม GPS TrackMaker....31
3.8 แสดงโครงสร้างการทำงานของระบบ....33
3.9 แสดงการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้น-สิ้นสุดของสะพาน เพื่อเป็นจุดสังเกต 34
3.10 แสดงการปรับค่าเวลาให้ตรงกัน (Time Synchronization)....35
3.11 แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 3 36

3.12 แสดงตัวอย่างของข้อมูลที่เก็บจากอุปกรณ์ GPS และความหมายของประโยคGPRMC ตามมาตรฐาน NMEA 0183.....37
3.13 แสดงภาพรวมก่อนการจัดการปรับข้อมูล.....38
3.14 แสดงการหาค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริง.....39
3.15 แสดงการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสำหรับป้อนข่ายงานประสาทเทียมตัวอย่างที่ 1.....40
3.16 แสดงการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสำหรับป้อนข่ายงานประสาทเทียมตัวอย่างที่เกิดการซ้ำของเซลล์.....41
3.17 แสดงการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น.....42
3.18 แสดงตัวอย่างโครงสร้างของข่ายงานประสาทเทียมเพื่อประมาณค่าเวลาในการเดินทาง43
4.1 แสดงค่าขอบบน และค่าขอบล่าง ในการหาช่วงของความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 50
4.2 แสดงการอ้างอิงการกำหนดทิศทางในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ.....51
4.3 แสดงตำแหน่งของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 8 สะพาน.....52
4.4 แสดงค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของการประมาณค่าเวลาการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เส้นทางฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา.....57
4.5 แสดงค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของการประมาณค่าเวลาการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เส้นทางฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา.....57
4.6 แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์ของการประมาณค่าเวลาการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เส้นทางฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา.....58
4.7 แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์ของการประมาณค่าเวลาการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เส้นทางฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา.....59
4.8 แสดงช่วงของความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของ Mean Absolute Error โดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมและการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน ทิศทางจากฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา.....60
4.9 แสดงช่วงของความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของ Mean Absolute Error โดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมและการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน ทิศทางจากฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา.....61
4.10 แสดงระดับความติดขัดกับ % ความผิดพลาดจากการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจาก 2 แนวทาง ทิศทางจากฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายแม่น้ำเจ้าพระยา.....65

4.11 แสดงระดับความติดขัดกับ % ความผิดพลาดจากการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง จาก 2 แนวทาง ทิศทางจากฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาแม่น้ำเจ้าพระยา.....66
ก.1 แสดงตัวอย่างข้อมูลในรูปแบบ arff สำหรับโปรแกรม Weka.....74
ก.2 แสดงสัญลักษณ์ของไฟล์รูปแบบ arff สำหรับโปรแกรม Weka.....75
ก.3 แสดงหน้าตาโปรแกรม Weka เมื่อนำ Training File เข้ามาสอนข่ายงานประสาทเทียม..75
ก.4 แสดงหน้าตาโปรแกรม Weka .ในการปรับแต่งค่าการแสดงผล และการเลือกวิธีประเมินแบบ 10 Folds Cross-validation 76
ก.5 แสดงหน้าตาโปรแกรม Weka .ในการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของข่ายงานประสาทเทียม 77
ก.6 แสดงหน้าตาโปรแกรม Weka เมื่อสร้างข่ายงานประสาทเทียมเสร็จ.....78

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

สภาพการจราจรติดขัดเป็นปัญหาสำคัญของเมืองหลวงใหญ่ทั่วโลก กรุงเทพมหานครก็เช่นเดียวกันประสบกับปัญหาการจราจรติดขัดแม้จะไม่ใช่ชั่วโมงเร่งด่วน สาเหตุมีหลากหลาย อาทิ ไม่มีการออกแบบผังเมืองที่ดี ผู้ใช้เส้นทางไม่เคารพกฎจราจร สภาพผิวจราจรแย่ ปริมาณยานพาหนะที่เพิ่มมากขึ้นต่อเนื่อง ฯลฯ สาเหตุสำคัญสาเหตุหนึ่งก็คือ การที่ผู้ใช้เส้นทางไม่ได้รับข้อมูลสภาพการจราจรที่ถูกต้อง ตรงความต้องการในเวลาที่เหมาะสม ทำให้ไม่มีทางเลือกในการใช้เส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งส่งผลกระทบต่อเนื่องไปถึงสภาพการจราจรติดขัดในหลายเส้นทาง ข้อมูลสภาพการจราจร อาทิ ความเร็วเฉลี่ย ณ ถนนเส้นหนึ่ง เวลาในการเดินทาง สภาพการจราจร ฯลฯ เป็นข้อมูลที่เป็นพลวัตร เส้นทางเดียวกันอาจมีสภาพการจราจรคล่องตัว ณ ช่วงเวลาหนึ่ง แต่เมื่อเวลาผ่านไปสภาพการจราจรติดขัดกลับเข้ามาแทนที่ ได้มีความพยายามต่างๆที่จะแก้ไขปัญหาการจราจรจากหน่วยงานทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน ตลอดจนองค์กรต่างๆ แนวทางหลายแนวทางถูกนำเสนอเพื่อบรรเทาปัญหา อาทิ การลงทุนในระบบขนส่งมวลชนขนาดใหญ่ในรูปแบบราง เพื่อลดการใช้งานรถยนต์ส่วนบุคคลได้แก่รถไฟฟ้า (BTS) รถไฟฟ้าใต้ดิน (MRTA) หรือรถเมล์ด่วน (BRT) การติดตั้งเซ็นเซอร์ถาวรที่เส้นทางสำคัญเพื่อให้ได้ข้อมูลสภาพการจราจร ได้แก่ กล้องวิดีโอตรวจสอบสภาพการจราจรอัจฉริยะ และ Inductive Loops ฯลฯ เมื่อศึกษารูปแบบการแก้ปัญหาข้างต้น พบว่าต้องมีการลงทุนในการติดตั้ง และบำรุงรักษาค่อนข้างสูงจากภาครัฐ ดังนั้นแนวทางในการให้ได้มาซึ่งข้อมูลการจราจรที่ถูกต้อง ในเวลาที่เหมาะสม และที่สำคัญคือมีค่าใช้จ่ายต่ำ ย่อมเป็นทางเลือกที่ควรจะนำมาดำเนินการ โทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานในชีวิตประจำวันค่อนข้างสูง ปี 2549 มีผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ทั่วประเทศ คิดเป็นร้อยละ 41.6 จากจำนวนประชากร 60 กว่าล้านคน และเฉพาะในพื้นที่กรุงเทพมหานคร มีผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่คิดเป็นร้อยละ 63.9 ของจำนวนประชากรในกรุงเทพมหานครโดยประมาณ 6.3 ล้านคน และมีแนวโน้มอัตราการใช้งานที่เพิ่มมากขึ้นในแต่ละปี (สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร) ประกอบกับการที่เอกชนได้ลงทุนทางธุรกิจไปกับโครงสร้างพื้นฐานโดยการวางโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งประกอบไปด้วยสถานีฐาน เสาสัญญาณ ชุมสาย และระบบไว้ก่อนล่วงหน้าแล้ว ภาครัฐไม่ต้องลงทุนใดๆ เพิ่มเติม และสิ่งสำคัญก็คือ งานวิจัยที่ผ่านมา

ได้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพและความเป็นไปได้ที่จะนำโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้ามาใช้ในการประเมินสภาพการจราจร (Larsen, 1996, Ygnace, et.al,2001, Virtanen, 2002, Kummala, 2002, Cayford and Johnson, 2003, Yim, 2003, Applied Generics, 2004, Rose, 2004, Yim & Clayford, 2006, สุทธิพงษ์ ธัชยพงษ์ และคณะ, 2550, ธีรวัฒน์ หรรษาพลังกุล และคณะ, 2550) และวสันต์ ภัทรอธิคม และรัชต พีชวณิชย์, 2550, Kisgyorgy and. Rilett, 2001 ได้แสดงให้เห็นถึงแนวทางและผลลัพธ์ที่น่าสนใจ ในการนำศาสตร์ทางด้านปัญญาประดิษฐ์ เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม มาประยุกต์ใช้กับการประเมินสภาพการจราจร ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การนำโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อประมาณเวลาในการเดินทาง โดยค้นหาแนวทางการประยุกต์ใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม

ตารางที่ 1.1

แสดงสัดส่วนของประชากรที่มีโทรศัพท์มือถือจำแนกตามภาค (%)

เครื่องชี้การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประเทศไทย

ตัวชี้วัด	2546	2547	2548	2549
	2003	2004	2005	2006
สัดส่วนของประชากรที่มีโทรศัพท์เคลื่อนที่จำแนกตามภาค (%)				
- ทั่วราชอาณาจักร	22.5	28.2	36.7	41.6
- กรุงเทพมหานคร	42.4	47.8	59.3	63.9
- ภาคกลาง	28.8	34.8	44.6	49.5
- ภาคเหนือ	18.8	25.7	32.8	37.7
- ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	13.3	19.0	26.9	31.6
- ภาคใต้	20.0	24.0	34.2	39.2

ที่มา เครื่องชี้การพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของประเทศไทย พ.ศ. 2550

สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

หมายเหตุ สัดส่วนของประชากรที่มีโทรศัพท์เคลื่อนที่

$$= \frac{\text{จำนวนประชากรที่มีโทรศัพท์เคลื่อนที่}}{\text{จำนวนประชากรทั้งสิ้น}} \times 100$$

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อทำการศึกษาและค้นหาแนวทางการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อประมาณค่าเวลาในการเดินทาง

1.3 สมมติฐานของงานวิจัย

1.3.1 ข้อมูลเวลาประจำเสา (CDT) จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถใช้ในการประมาณค่าเวลาในการเดินทางได้ (travel time)

1.3.2 แนวทางที่ใช้ข่ายงานประสาทเทียมในการประมาณค่าเวลาในการเดินทางมีความถูกต้องมากกว่าแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

1.4.1 ศึกษากระบวนการในการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจากข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้ข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

1.4.2 เปรียบเทียบแนวทางที่ใช้ข่ายงานประสาทเทียมในการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง กับแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

1.4.3 ทำการทดลองเพื่อวัดผลความถูกต้องของเวลาในการเดินทางโดยเก็บข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่อยู่ในยานพาหนะ และยานพาหนะเคลื่อนที่ไปบนเส้นทางเส้นหนึ่ง

1.4.3.1 เส้นทางสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร และนนทบุรี ได้แก่ สะพานตากสิน สะพานพระปิ่นเกล้า สะพานพระราม 7 สะพานพระราม 8 สะพานกรุงธน สะพานพระราม 4 พระราม 5 และ สะพานพระนั่งเกล้า

1.4.3.2 เก็บข้อมูลหลายช่วงเวลา ให้ครอบคลุมช่วงเวลาที่มีการจราจรหนาแน่น(รถติด เคลื่อนตัวได้ช้า) และเบาบาง (รถไม่ติด เคลื่อนที่ได้คล่องตัว)

1.4.3.3 เทคนิคที่ใช้ ได้แก่ ข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

1.5 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย

1.5.1 วิธีการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจากข้อมูลจากโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้ข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

1.5.2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ความถูกต้องของการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง จากเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นของเส้นทางสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดกรุงเทพฯ และนนทบุรี

1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

รายละเอียดของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

บทที่ 1 บทนำ ประกอบไปด้วยความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย วัตถุประสงค์ของงานวิจัย สมมติฐานของงานวิจัย ขอบเขตของงานวิจัย ผลที่ได้รับจากงานวิจัยและรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ประกอบไปด้วย การทำงานของโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทฤษฎีในศาสตร์ปัญญาประดิษฐ์ เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม งานวิจัยและบทความเกี่ยวกับการประเมินสภาพการจราจรด้วยโทรศัพท์เคลื่อนที่ และงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียมในการประเมินสภาพการจราจร

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย ประกอบไปด้วย ขอบเขตการทดลอง เครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ใช้ การออกแบบการทดลอง โครงสร้างการทำงาน วิธีการดำเนินการทดลอง

บทที่ 4 ผลการทดลอง ประกอบไปด้วย ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย ผลการทดสอบความมีนัยสำคัญ และผลการทดสอบสมติฐาน

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ ประกอบไปด้วย สรุปผลการศึกษา สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน และข้อเสนอแนะ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึง ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ทฤษฎีที่นำมาใช้ในการทำวิจัย ประกอบไปด้วย การทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ทฤษฎีในศาสตร์ปัญญาประดิษฐ์ ข่ายงานประสาทเทียม

ส่วนของงานวิจัยที่นำมาเป็นแนวทางการศึกษาเพื่อปฏิบัติงานวิจัยนั้น ประกอบไปด้วยงานวิจัยและบทความเกี่ยวกับการประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยอาศัยยานพาหนะและโทรศัพท์เคลื่อนที่ การประยุกต์ใช้ข่ายงานประสาทเทียมเพื่อคาดการณ์สภาพการจราจร ดังจะแสดงรายละเอียดของทฤษฎี หลักการ และแนวทางการศึกษาเพื่อปฏิบัติงานวิจัยชิ้นนี้ต่อไป

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

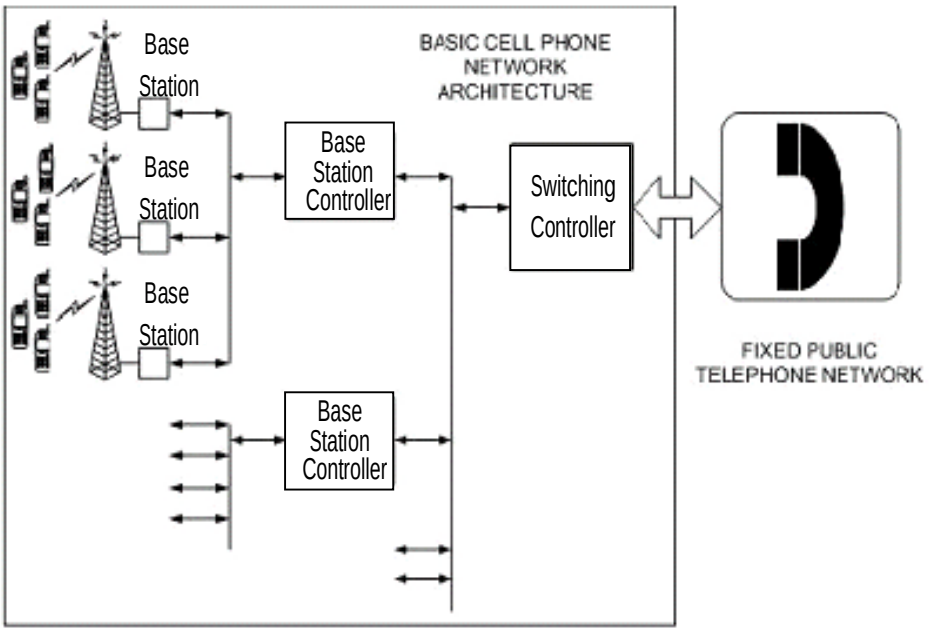
2.1.1 การทำงานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่

ข่ายงานระบบสื่อสารระหว่างบุคคลที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน คือ โครงข่ายโทรศัพท์ ซึ่งมีอยู่ 2 รูปแบบ คือโครงข่ายโทรศัพท์พื้นฐานซึ่งใช้สายเป็นตัวนำสัญญาณ และโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งใช้คลื่นวิทยุเป็นตัวนำสัญญาณ ในงานวิจัยนี้เน้นไปที่โครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ประกอบไปด้วย ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MTX : Mobile Telephone Exchange หรือ MSC : Mobile Station Control) สถานีฐาน (BS : Base Station หรือ BTS : Base Transceiver Station) และโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MS : Mobile Station) (ไพโรจน์ ไววานิชกิจ และ กมล เขมะรังสี, 2539) การติดต่อสื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ กับสถานีฐาน เกิดขึ้นตั้งแต่ผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่เปิดใช้งานโทรศัพท์ สถานีฐานจะทราบว่าผู้ใช้บริการอยู่ ณ พื้นที่ให้บริการใด โดยการตรวจสอบสัญญาณ (probe) จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ทุกช่วงระยะเวลาที่กำหนด และเก็บข้อมูลสถานที่นั้นไว้ เมื่อผู้ใช้บริการใช้โทรศัพท์เพื่อติดต่อเลขหมายปลายทาง หรือรับสายผู้ที่ติดต่อมา ผู้ให้บริการก็จะสามารถเชื่อมต่อสัญญาณผ่านชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ ให้กับผู้ใช้บริการได้ทันที โดยอาศัยข้อมูลสถานที่ที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลที่ได้จากสถานีฐาน แสดงดังภาพที่ 2.1

โครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่มีลักษณะการแบ่งขอบเขตการให้บริการออกเป็นเซลล์ (Cell) แต่ละเซลล์มีลักษณะเป็น 6 เหลี่ยม (hexagonal) เหมือนรังผึ้ง ดังนั้นจึงมีผู้เรียกโทรศัพท์เคลื่อนที่ ในอีกชื่อหนึ่งว่า เซลล์ลูลาร์โฟน (Cellular Phone or Cell Phone) ในขณะที่มีอีกหลายประเทศนิยมเรียกชื่อตามลักษณะของการใช้งาน คือโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Phone) ขอบเขตการให้บริการ หรือเซลล์ จะประกอบไปด้วยสถานีฐานที่มีเครื่องรับส่งสัญญาณวิทยุ เพื่อติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์เคลื่อนที่ จากนั้นจึงส่งสัญญาณไปให้ชุมสายค้นหาปลายทางและส่งต่อสัญญาณผ่านเซลล์ที่อยู่ติดกันต่อไปจนถึงเป้าหมาย

ภาพที่ 2.1

สถาปัตยกรรมโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่



ที่มา Wunnava et al, 2007

เทคโนโลยีเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ยุค 2 G (Cellular Phone Network Technologies: 2G) เป็นการผสมผสานกันระหว่างเทคโนโลยี 3 แบบ ได้แก่ Frequency Division Multiple Access: FDMA เทคโนโลยีนี้ใช้ความถี่ที่แตกต่างกันในการเข้าถึงช่องสัญญาณ และการส่งสัญญาณยังเป็นแอนาลอก (Analogue Transmission), ส่วน Time Division Multiple Access: TDMA ใช้เวลาเป็นตัวบ่งบอกการเข้าถึงช่องสัญญาณ และสุดท้าย Code Division Multiple

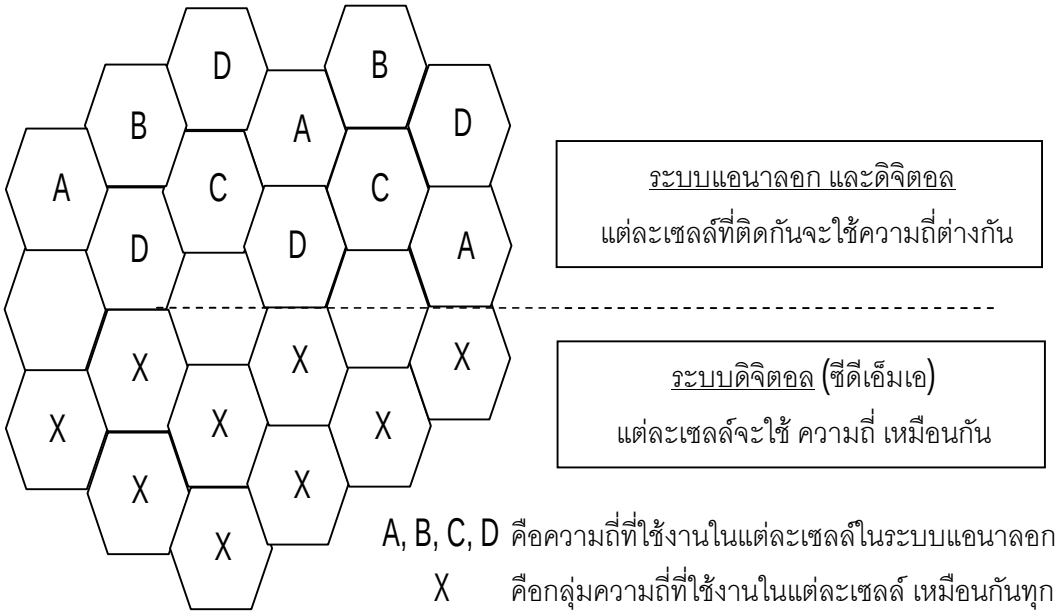
Access : CDMA ใช้รหัสที่แตกต่างบนย่านความถี่เดียวกันเป็นตัวบอกการเข้าถึงช่องสัญญาณ จึงทำให้สามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ได้โดยไม่มีสัญญาณรบกวนกัน ระบบ GSM (Global System for Mobile Communication) เป็นมาตรฐานนานาชาติในการเชื่อมต่อสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ เป็นที่นิยมในทวีปยุโรป ออสเตรเลีย เอเชีย และทวีปอัฟริกา ระบบ GSM ใช้เทคโนโลยี TDMA ในการเข้าถึงช่องสัญญาณ ผู้ใช้บริการสามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ติดต่อไปยังพื้นที่ใดก็ได้ที่ผู้ให้บริการใช้มาตรฐาน GSM เช่นเดียวกัน โดยอาศัย SIM cards (Subscriber Identification Module) ซึ่งบรรจุเลขรหัสสำคัญและข้อมูลการเชื่อมต่อ ไปยังให้ผู้บริการในพื้นที่อื่น อาทิ ติดต่อไปต่างประเทศ

ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ, 2542 กล่าวถึง ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ แบ่งตามลักษณะโครงข่ายได้ 3 แบบ ได้แก่ ระบบวิทยุโทรศัพท์ (Radio Telephone System) ระบบนี้เป็นพื้นฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ทั้งหมด โดยเริ่มมีการนำเอาคลื่นวิทยุมาใช้แทนสายทองแดงระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย แต่เครื่องโทรศัพท์ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ ยกเว้นนำเครื่องโทรศัพท์แบบไร้สาย (Wire Less) มาต่อใช้งาน แต่เครื่องแบบนี้ก็ยังใช้งานในขณะเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วไม่เกิน 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบที่ 2 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Telephone System) ระบบนี้จะมีความใกล้เคียงความเป็นโทรศัพท์เคลื่อนที่มากขึ้น กล่าวคือ ตัวเครื่องโทรศัพท์สามารถเคลื่อนที่ได้อิสระภายในรัศมีของเครื่องรับส่งจากเซลล์ เซลล์เป็นเครื่องรับส่งวิทยุแบบดูเพล็กซ์ (Duplex) และที่เครื่องโทรศัพท์ ก็เป็นเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารดูเพล็กซ์เช่นกัน เครื่องโทรศัพท์และเซลล์ สามารถติดต่อกันได้โดยใช้คลื่นวิทยุสื่อสารนี้ และตัวเครื่องโทรศัพท์สามารถเคลื่อนที่ไปไหนมาไหนได้อิสระภายในรัศมีเครื่องรับส่งวิทยุสื่อสารดังกล่าว จึงมีความสะดวกมากยิ่งขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ตัวเครื่องโทรศัพท์สามารถเคลื่อนที่ได้ภายในขอบเขตรัศมีเครื่องรับส่งเดียว หรือเซลล์เดียวเท่านั้น ถ้าออกไปอยู่ในเซลล์อื่นจะไม่สามารถติดต่อได้ แบบที่ 3 ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบรังผึ้ง (Cellular Mobile Telephone System) ระบบนี้เป็นระบบที่ใช้กันแพร่หลายในปัจจุบัน โดยเฉพาะในประเทศไทย ระบบจะแบ่งพื้นที่ออกเป็นเซลล์ย่อย แต่ละเซลล์สามารถใช้ความถี่ซ้ำกันได้ซึ่งเป็นการใช้ความถี่ให้คุ้มค่า เซลล์ทุกเซลล์จะทำงานสัมพันธ์กันเกี่ยวข้องกันตลอดเวลา แสดงดังภาพที่ 2.2 ดังนั้นจึงสามารถใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ไหนก็ได้ ซึ่งในระบบเก่า (ระบบแอนาลอก) เซลล์ที่ติดกันความถี่จะไม่ซ้ำกัน แต่ในระบบใหม่ (ระบบดิจิตอล) สามารถใช้ความถี่ซ้ำกันได้ โดยใช้การแยกรหัส (Code) เช่นระบบซีดีเอ็มเอ (CDMA - Code Division Multiple Access) การใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถใช้งานได้ทุกเซลล์ ไม่ว่า

จะอยู่ในเซลล์ใดก็ตาม แม้กระทั่งการใช้งานต่อเนื่องข้ามระหว่างเซลล์ก็สามารถใช้งานได้ต่อเนื่องโดยไม่ขาดการติดต่อ

ภาพที่ 2.2

แสดงการจัดความถี่ให้เซลล์ต่างๆ



A, B, C, D คือความถี่ที่ใช้งานในแต่ละเซลล์ในระบบแอนาลอก

X คือกลุ่มความถี่ที่ใช้งานในแต่ละเซลล์ เหมือนกันทุกเซลล์ในระบบดิจิตอล (ซีดีเอ็มเอ)

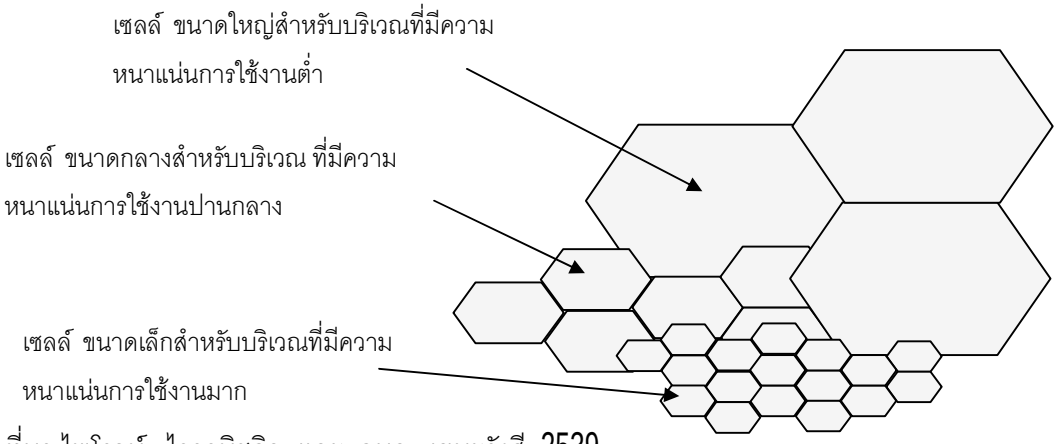
ที่มา ไพโรจน์ ไววานิชกิจ และ กมล เขมะรังสี, 2539

เซลล์ซึ่งประกอบไปด้วยสถานีฐาน (Base Station) จะถูกกำหนดไว้ตามพื้นที่ที่มีความต้องการใช้งาน ขนาดของเซลล์จะเล็กหรือใหญ่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของความต้องการใช้งาน ถ้าความต้องการใช้งานหนาแน่นมากจะใช้เซลล์เล็ก ถ้าความต้องการใช้งานไม่หนาแน่นจะใช้เซลล์ใหญ่ ทั้งนี้หมายความว่าใน 1 เซลล์ จะมีช่องสัญญาณสื่อสารจำกัด เมื่อนำไปใช้งานบริเวณที่มีความหนาแน่นน้อย เช่น ตามชนบทที่ห่างไกล การใช้งานก็เพียงพอ แต่ถ้านำไปใช้ในเขตเมืองที่มีการใช้งานหนาแน่นมาก อาจไม่เพียงพอต่อการใช้งาน จึงต้องเพิ่มจำนวนเซลล์ขึ้นเพื่อให้ได้จำนวนช่องสัญญาณมากขึ้น ดังนั้นจะเห็นว่าพื้นที่เท่าเดิมแต่จะใช้เซลล์มากขึ้น โดยลดขนาดเซลล์ลงหรือลดขนาดกำลังส่งของเครื่องส่งลง แสดงดังภาพที่ 3 เซลล์แต่ละเซลล์มีรัศมี หรือขอบเขตการส่งและรับสัญญาณแตกต่างกันไปตามขนาดของเซลล์ ขนาดเซลล์ใหญ่อาจมีรัศมีการรับ – ส่งสัญญาณหลายกิโลเมตร ขนาดเซลล์เล็กรัศมีการรับ – ส่งสัญญาณ จะลดลงเหลือเพียง 200 – 300 เมตร แสดงดังภาพที่ 2.3 เมื่อโทรศัพท์เคลื่อนที่ห่างจากสถานีฐานมากขึ้นจนระดับการรับ - ส่งสัญญาณ

อ่อนกำลังลงจนถึงค่าระดับที่กำหนดไว้ ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะสำรวจเซลล์ข้างเคียงและออกคำสั่งให้ตรวจสอบระดับสัญญาณจากโทรศัพท์เคลื่อนที่นั้น เซลล์ข้างเคียงที่สามารถรับสัญญาณจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ได้ก็จะส่งค่าระดับสัญญาณกลับไปที่ชุมสาย เมื่อชุมสายทำการเปรียบเทียบระดับของสัญญาณแล้วพบว่าเซลล์ใหม่มีระดับความเข้มของสัญญาณสูงกว่า ก็จะทำการส่งต่อระหว่างเซลล์ (Hand Off) ให้อยู่ในความรับผิดชอบของสถานีฐานของเซลล์ใหม่ต่อไป แสดงดังภาพที่ 2.4 การส่งต่อเป็นคุณสมบัติสำคัญของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบรังผึ้ง เพื่อรักษาความต่อเนื่องของการเชื่อมต่อของสัญญาณ นั่นหมายถึงว่าผู้ใช้บริการสามารถคุยโทรศัพท์ได้ต่อเนื่องและระบบเครือข่ายก็สามารถรู้ถึงการเปลี่ยนตำแหน่ง (location) ของโทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องนั้นด้วย

ภาพที่ 2.3

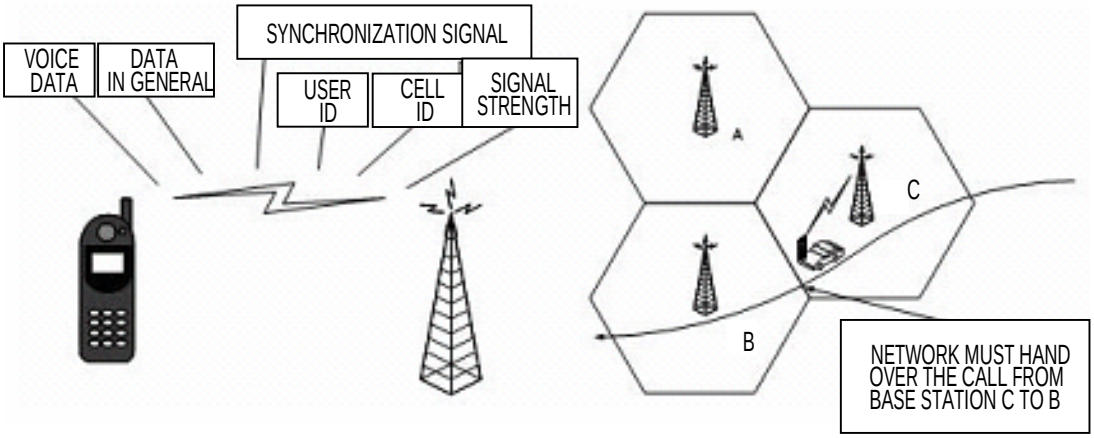
แสดงการกำหนดขนาดเซลล์ ให้เหมาะสมกับความหนาแน่นในการใช้งาน
ในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบรังผึ้ง



ที่มา ไพโรจน์ ไววานิชกิจ และ กมล เขมะรังสี, 2539

ภาพที่ 2.4

แสดงการส่งต่อ (Handoff) ระหว่างเซลล์ข้างเคียง



ที่มา Wunnava et al, 2007

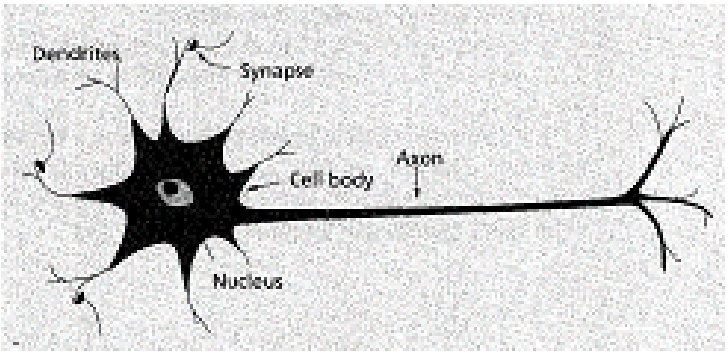
2.1.2 **เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม** (Artificial Neural Network)

ข่ายงานประสาทเทียมเป็นเทคนิคหนึ่งในศาสตร์ปัญญาประดิษฐ์ ซึ่งเกิดจากความพยายามของนักวิทยาศาสตร์ ที่จะสร้างระบบคอมพิวเตอร์ที่ชาญฉลาด (Intelligent Systems) โดยจำลองรูปแบบจากการทำงานบางส่วนของสมองมนุษย์ McCulloch และ Pitt, 1940 เป็นผู้ริเริ่มนำข่ายงานประสาทเทียมเข้ามาใช้ในงานวิจัย Rosenblatt, 1960 แนะนำ Perceptron Convergence Theorem ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการลู่เข้าของค่าความผิดพลาดเมื่อเพอร์เซปตรอนเกิดการเรียนรู้ และงานของ Minsky และ Papert, 1969 แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดของเพอร์เซปตรอน ซึ่งเป็นผลทำให้นักวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ให้ความสนใจข่ายงานประสาทเทียมลดน้อยลง ในช่วงระหว่างปี 1980 – 1989 ข่ายงานประสาทเทียมกลับมาได้รับความสนใจอีกครั้งจากงานวิจัยของ Hopfield, 1982 ที่นำเสนอข่ายงานประสาทเทียมแบบป้อนย้อนกลับ (Multilayer Recurrent Neural Network) ข่ายงานประสาทเทียมแบบนี้มีโครงสร้างเป็นเสมือนหน่วยความจำ และ Rumelhart และ McClelland, 1986 ได้นำเสนอเพอร์เซปตรอนแบบหลายชั้น (Multilayer Perceptron or Multilayer Feed-forward Networks) และอัลกอริทึมในการเรียนรู้ของข่ายงานแบบแพร่กระจายย้อนกลับ (Back propagation)

มีการบัญญัติความหมายสำหรับข่ายงานประสาทเทียมไว้ว่าเป็น “เป็นการจำลองการทำงานบางส่วนของสมองมนุษย์” (บุญเสริม กิจศิริกุล, 2546)

ภาพที่ 2.5

แสดงองค์ประกอบของเซลล์ประสาทในสมองมนุษย์

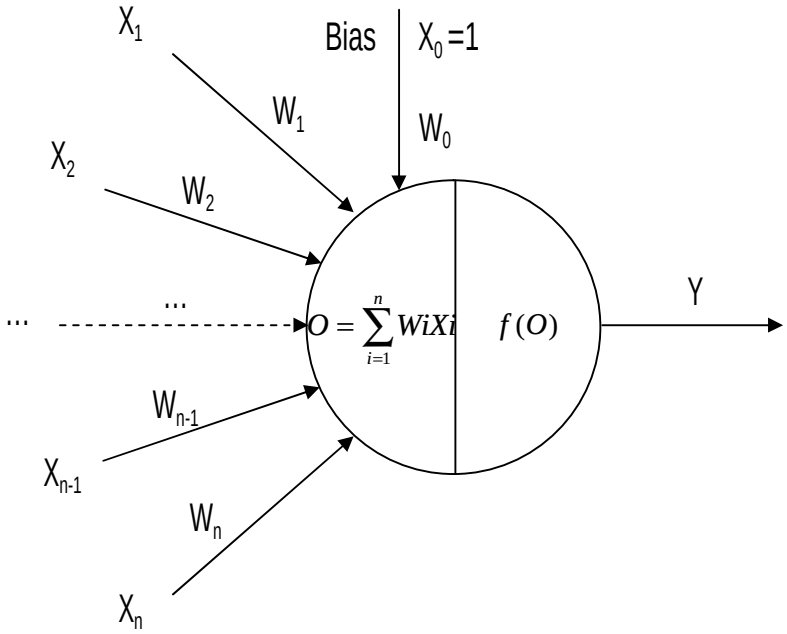


ที่มา Jain et al, 1996

เซลล์ประสาท (neuron) หรือนิวรอน ในสมองของคนประกอบไปด้วยนิวเคลียส (nucleus) ตัวเซลล์ (cell body) ใยประสาทนำเข้า (dendrite) แกนประสาทนำออก (axon) และจุดเชื่อมต่อระหว่างใยประสาทนำเข้ากับแกนประสาทของอีกนิวรอนหนึ่งถูกเรียกว่าไซแนปส์ (synapse) แสดงดังภาพที่ 2.5 เซลล์ประสาท 1 ตัวจะถูกเชื่อมต่อกับเซลล์ประสาทตัวอื่นๆ ประมาณ 10,000 ตัว ใยประสาทนำเข้าทำหน้าที่รับสัญญาณไฟฟ้าเคมีซึ่งถูกส่งมาจากเซลล์ประสาทใกล้เคียง เมื่อสัญญาณไฟฟ้าเคมีที่รับเข้ามาเกินค่าค่าหนึ่ง เซลล์จะถูกกระตุ้นและส่งสัญญาณไปทางแกนประสาทนำออก ไปยังเซลล์อื่นต่อไป (บุญเสริม กิจศิริกุล, 2546) การเรียนรู้ของเซลล์สมองเกิดขึ้นจากกระบวนการรับ ส่ง และกระตุ้นสัญญาณไฟฟ้าเคมีผ่านองค์ประกอบต่างๆดังกล่าวนั่นเอง ข่ายงานประสาทเทียมอย่างง่าย หรือเพอร์เซปตรอน (perceptron) เป็นการจำลองลักษณะของเซลล์ประสาท 1 หน่วย ที่มีการเชื่อมต่อจากเซลล์ประสาทใกล้เคียงผ่านไซแนปส์

ภาพที่ 2.6

แสดงข่ายงานประสาทเทียมอย่างง่าย หรือเพอร์เซปตรอน



เซลล์ประสาททำหน้าที่รวบรวมข้อมูลนำเข้าจากหน่วยอื่น หรือเรียกว่า อินพุต (input) เข้าสู่ระบบซึ่งอินพุตจะถูกปรับระดับไปตามค่าน้ำหนัก (weighted connections) จากนั้น ก่อนที่ค่าผลรวมของอินพุตแต่ละตัวที่ถูกปรับระดับค่าสัญญาณตามค่าน้ำหนัก จะถูกส่งออกไปยังภายนอกผ่านแกนประสาทนำออก หรือเรียกว่า เอาต์พุต (output) ค่าผลรวมอินพุตจะถูกกระตุ้นให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าอีกครั้ง โดยฟังก์ชันกระตุ้น หรือฟังก์ชันการเปลี่ยนแปลง (Activation Function or Transfer Function) ซึ่งเพอร์เซปตรอนสามารถแทนด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$o(x_1, x_2, \cdots, x_n) = \begin{cases} 1 \; if \;\; w_0 + w_1 x_1 + w_2 x_2 + \cdots + w_n x_n > 0 \\ -1 \; if \;\; w_0 + w_1 x_1 + w_2 x_2 + \cdots + w_n x_n > 0 \end{cases} \qquad (2.1)$$

โดยที่ $X_1, X_2, \ldots, X_n$ คืออินพุตเข้าสู่ระบบ และ $W_1, W_2, \ldots, W_n$ คือค่าน้ำหนักของอินพุตแต่ละตัว เอาต์พุต $O(X_1, X_2, \ldots, X_n)$ เป็นฟังก์ชันของอินพุตในรูปของผลรวมเชิงเส้นแบบถ่วงน้ำหนัก น้ำหนักจะเป็นตัวกำหนดว่าในจำนวนอินพุตนั้น อินพุตตัวใด (X_i) มีความสำคัญต่อการกำหนดค่าเอาต์พุต ตัวที่มีความสำคัญมากจะมีค่าสัมบูรณ์ของน้ำหนักมาก ตรงกันข้ามตัวที่มีความสำคัญ

น้อยจะมีค่าใกล้ศูนย์ หากค่าผลรวมเท่ากับศูนย์ จะให้ค่าเอาต์พุตเป็นหนึ่ง หรือลบหนึ่ง (-1) ก็ได้ เมื่อกำหนดให้ $g(\vec{x}) = \sum_{i=0}^{n} w_i x_i = \vec{w} \cdot \vec{x}$ โดยที่ $\vec{x}$ แทนเวกเตอร์อินพุต จะได้ฟังก์ชันของเอาต์พุตได้ดังนี้

$$o(x_1, x_2, \cdots, x_n) = \begin{cases} 1 \; if \; g(\vec{x}_i) > 0 \\ -1 \; if \; g(\vec{x}_i) < 0 \end{cases} \qquad (2.2)$$

ฟังก์ชันกระตุ้นที่นิยมใช้ในเพอร์เซปตรอน คือ ฟังก์ชันสองขั้ว (Bipolar Function) ซึ่งแสดงผลของเอาต์พุตเป็น 1 กับ -1 หรือ ฟังก์ชันไบนารี (Binary Function) ซึ่งแสดงผลของเอาต์พุตเป็น 1 กับ 0 เพอร์เซปตรอนสามารถมีอินพุตได้หลายตัว หากมีอินพุต 2 ตัว เพอร์เซปตรอนจะเป็นเส้นตรง ในกรณีที่อินพุตมากกว่าสอง เพอร์เซปตรอนจะเป็นระนาบตัดสินใจหลายมิติ (Hyperplane Decision Surface) การเรียนรู้ของเพอร์เซปตรอนจะเกี่ยวข้องกับการหาค่าเวกเตอร์น้ำหนัก (w) ที่เหมาะสมในการจำแนกประเภทของข้อมูลสอน (training data) เพื่อให้เพอร์เซปตรอนแสดงเอาต์พุตได้ตรงกับค่าที่สอน โดยอาศัยกฎการเรียนรู้เพอร์เซปตรอน (Perceptron Learning Rule)

$$\begin{aligned} w_i &\leftarrow w_i + \Delta w_i \\ \Delta w_i &\leftarrow a\,(t - o)\,x_i \end{aligned} \qquad (2.3)$$

โดย a คืออัตราการเรียนรู้ เป็นค่าคงที่ตัวเลขบวก t เป็นเอาต์พุตเป้าหมายของเพอร์เซปตรอน และ o เป็นเอาต์พุตของเพอรเซปตรอน

เพอร์เซปตรอนไม่สามารถเรียนรู้บางฟังก์ชันได้ ฟังก์ชันเหล่านี้เรียกว่า ฟังก์ชันแยกเชิงเส้นไม่ได้ (Linearly Non-separable Function) อาทิ ฟังก์ชัน XOR (Exclusive-Or) ซึ่งเป็นข้อจำกัดของเพอร์เซปตรอน ส่วนฟังก์ชันที่แยกได้เรียกว่า ฟังก์ชันแยกเชิงเส้นได้ (Linearly Separable Function) (บุญเสริม กิจศิริกุล, 2546) ดังนั้นข่ายงานประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multilayer Perceptron or Multilayer Neural Network) ถูกออกแบบขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว (Rumelhart และ McClelland, 1986) ข่ายงานประสาทเทียมแบบหลายชั้นประกอบด้วยเพอร์เซปตรอนหลายเพอร์เซปตรอน มาเชื่อมต่อกันในหลายรูปแบบ ลักษณะการเชื่อมต่อจะเป็นแบบป้อนไปข้างหน้า (Feedforward) และอยู่ในรูปของชั้น (Layer) ของเพอร์เซปตรอน โดยชั้นที่รับข้อมูลเข้าเรียกว่า ชั้นอินพุต (Input Layer) ชั้นที่ทำการประมวลผลภายในเรียกว่าชั้นซ่อน (Hidden Layer) ซึ่งอาจมีหลายชั้นได้ ชั้นสุดท้ายคือชั้นที่ให้ผลลัพธ์กับข่ายงาน เรียกว่าชั้นเอาต์พุต (Output

Layer) ข่ายงานประสาทเทียมแบบหลายชั้นที่นิยมใช้ในงานวิจัย คือข่ายงานประสาทเทียมที่ใช้อัลกอริทึมแพร่กระจายย้อนกลับ (Backpropagation) (Rumelhart และ McClelland, 1986) และเรียกข่ายงานประสาทเทียมแบบนี้ว่า ข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับหลายชั้น (Multilayer Backpropagation Neural Network) ความสามารถพิเศษที่เพิ่มขึ้นมาก็คือ สามารถสร้างพื้นผิวการตัดสินใจแบบไม่เป็นเชิงเส้นได้ (Nonlinear Decision Surface) ที่แบ่งแยกตัวอย่างได้ดีกว่าพื้นผิวการตัดสินใจแบบเชิงเส้น (Linearly Decision Surface) อัลกอริทึมแพร่กระจายย้อนกลับใช้กฎการเรียนรู้แบบใหม่คือ กฎเดลต้า (Delta Rule) ซึ่งมีข้อดีตรงที่การเรียนรู้จะลู่เข้าสู่ระนาบหลายมิติที่ให้ค่าผิดพลาดน้อยที่สุด โดยใช้หลักการเคลื่อนลงตามความชัน (Gradient Descent) กฎเดลต้าจะหาเวกเตอร์น้ำหนักที่ให้ค่าผิดพลาดของตัวอย่างสอนน้อยที่สุดโดยการหาอนุพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องใช้ฟังก์ชันกระตุ้นที่สามารถหาอนุพันธ์ได้ อาทิ ฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear Function) หรือฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid Function) การหาอนุพันธ์ทางคณิตศาสตร์จะดำเนินการกับผิวค่าผิดพลาด ซึ่งจะได้เป็นความชันของผิวสัมผัสกับผิวค่าผิดพลาด เขียนแทนด้วย $\nabla E(\vec{w})$

$$\nabla E(\vec{w}) = \left[\frac{\partial E}{\partial w_1}, \frac{\partial E}{\partial w_2}, \ldots, \frac{\partial E}{\partial w_n} \right] \tag{2.4}$$

จากสมการ 2.3 $w_i \leftarrow w_i + \Delta w_i$ โดยที่ $\Delta w_i = -h \frac{\partial E}{\partial w_i}$ และ $\frac{\partial E}{\partial w_i} = \sum_{d \in D} (t_d - o_d)^2$

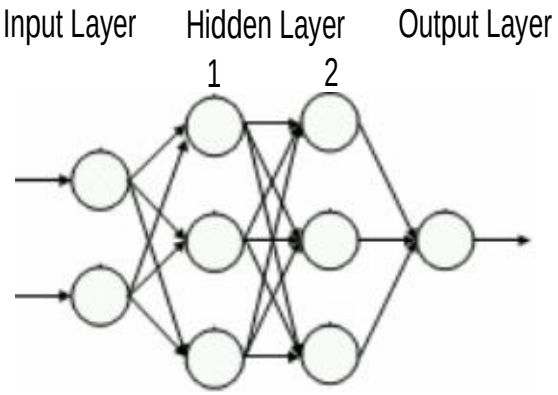
โดย h คืออัตราการเรียนรู้ เป็นค่าคงที่ตัวเลขบวก D เป็นเซตของตัวอย่างสอน t_d เป็นเอาต์พุตเป้าหมายของตัวอย่าง d และ O_d เป็นเอาต์พุตของข่ายงานประสาทเทียม จะได้ว่า

$$w_i \leftarrow w_i + h \sum_{d \in D} (t_d - o_d)^2 \tag{2.5}$$

$$s(y) = \frac{1}{1+e^{-y}} \tag{2.6}$$

สมการ 2.6 แสดงฟังก์ชันกระตุ้นซิกมอยด์ ใช้ในข่ายงานประสาทเทียมแบบหลายชั้น

ภาพที่ 2.7
แสดงตัวอย่างข่ายงานแบบหลายชั้น



ขั้นตอนการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียม เริ่มจากการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักอย่างสุ่ม จากนั้นวนซ้ำกับชุดข้อมูลสอน (Training Data) ทีละรอบ (Epoch) เริ่มจากคำนวณหาผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้ข่ายงาน โดยคำนวณแต่ละหนึ่งหน่วยนิวรอน คำนวณค่าผลรวมถ่วงน้ำหนักของข้อมูลเข้า แล้วจึงส่งผลลัพธ์ที่คำนวณได้เข้าไปที่ฟังก์ชันกระตุ้น ถ้าค่าที่คำนวณ ผิดจากผลลัพธ์ที่ต้องการให้ปรับค่าถ่วงน้ำหนักให้เหมาะสม ทำซ้ำจนกระทั่งครบตามเงื่อนไขการหยุด อาทิ ทำจนครบจำนวนการทำซ้ำสูงสุดที่กำหนดไว้ (Max Epochs) หรือการเรียนรู้ลู่เข้า ซึ่งหมายถึงการทำนายไม่ดีขึ้นอีกต่อไปแล้ว

ข่ายงานประสาทเทียมมีข้อดีในหลายด้าน อาทิ ความถูกต้องในการทำนายตัวอย่างที่พบใหม่มักจะสูงกว่าวิธีอื่น นอกจากนี้ตัวแบบที่ได้จะไม่เปลี่ยนแปลงไปมากเมื่อข้อมูลที่ใช้มีความผิดปกติอยู่ ผลลัพธ์ที่ต้องการสามารถอยู่ในรูปของค่าต่อเนื่องหรือค่าไม่ต่อเนื่องก็ได้ และการคำนวณหาผลลัพธ์กระทำได้เร็วหลังจากผ่านการเรียนรู้แล้ว ส่วนข้อจำกัดของข่ายงานประสาทเทียมก็คือ มักใช้เวลานานในการเรียนรู้ หรือก็คือการหาค่าน้ำหนักที่ดีที่สุดในการเรียนรู้ นอกจากนี้การเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมยังต้องปรับแต่งค่าพารามิเตอร์อีกหลายค่า อาทิ อัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) ค่าโมเมนตัม (Momentum) และจำนวนรอบที่ต้องการให้ข่ายงานประสาทเทียมเรียนรู้ (Epoch) ซึ่งการเลือกค่าพารามิเตอร์ต่างๆเหล่านี้ให้เหมาะเป็นเรื่องที่ยากต้องลองผิดลองถูก (Trial & Error) และกฎที่ได้จากการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียม เข้าใจยากเพราะอยู่ในรูปของกลุ่มน้ำหนัก (Weights)

ตารางที่ 2.1

อัลกอริทึมการแพร่กระจายย้อนกลับ

Algorithm: Backpropagation(*training-examples, h, n_{in}, n_{out}, n_{hidden}*)

Each training example is a pair $< \vec{x}, \vec{t} >$ where $\vec{x}$ is the input vector, $\vec{t}$ is the target output vector, h is the learning rate. nin, nout, nhidden are the number of network inputs, units in the hidden layer, output units, respectively. The input from unit I into unit j and the weight from unit I to unit j are denoted xji and wji.

1. Initialize all network weights to small random numbers
2. UNTIL the termination condition is met DO
   2.1. FOR EACH $< \vec{x}, \vec{t} >$ in training-examples DO
   /*Propagate input forward through the network*/
   - Input the instance $\vec{x}$ to the network, compute the output ou of every unit u.
   /*Propagate errors backward through the network*/
   - For each hidden unit h, calculate its error term d_k

$$d_k = o_k(1 - o_k)(t_k - o_k)$$

   - For each hidden unit h, calculate its error term d_h

$$d_k = o_h(1 - o_h) \sum_{k \in outputs} w_{kh} d_k$$

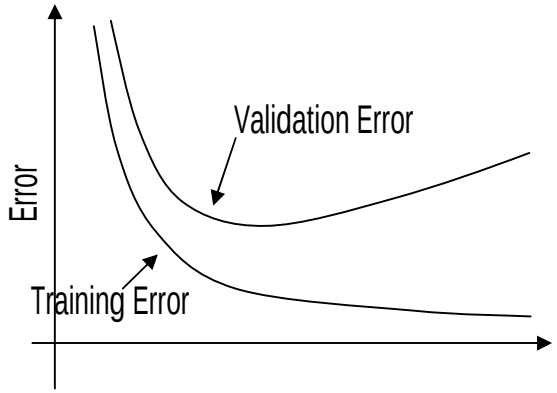
   - For each network weight w_{ji} : $w_{ji} \leftarrow w_{ji} + \Delta w_{ji}$ where $\Delta w_{ji} = h d_j x_{ji}$

ที่มา: บุญเสริม กิจศิริกุล, 2546

ข้อจำกัดสำคัญของข่ายงานประสาทเทียมแบบหลายชั้น ก็คือ หากข่ายงานประสาทเทียมมีจำนวนชั้นซ่อนมากเกินไป ข่ายงานจะมีความซับซ้อนสูงและจะทำให้การเรียนรู้นาน นอกจากนี้ยังอาจเกิดปัญหาการเข้ากันเกินไป (Overfitting Problem) (Mitchell, 1997: 108-111) เป็นลักษณะที่ข่ายงานประสาทเทียมที่ได้จากการใช้ตัวอย่างสอน (Training Examples) มีค่าความถูกต้องในการทำนายผลสูง แต่เมื่อนำข่ายงานดังกล่าวไปใช้กับตัวอย่างทดสอบ (Testing Examples) กลับได้ค่าความถูกต้องต่ำ กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ข่ายงานประสาทเทียมที่ได้เป็นการเรียนรู้ข้อมูลจากตัวอย่างสอนดีมาก แต่ไม่สามารถนำไปใช้กับข้อมูลที่ไม่เคยพบมาก่อนได้ดี วิธีการหนึ่งในการแก้ปัญหาก็คือ การใช้ตัวอย่างสอนที่ไม่เคยใช้สอนข่ายงานประสาทเทียม

(Validation Examples) เพื่อตรวจสอบค่าความผิดพลาดระหว่างการใช้ตัวอย่างสอน (Training Examples) สอนข่ายงาน วิธีการนี้จะนำไปสู่เงื่อนไขการหยุดสอน (Stopping Criteria) โดยสังเกตเมื่อค่าผิดพลาดของตัวอย่างตรวจสอบ (Validation Examples) เริ่มมีค่าผิดพลาดที่เพิ่มขึ้นจากค่าผิดพลาดน้อยสุดก่อนหน้านี้ ก็ให้หยุดการสอนของข่ายงาน ณ จุดนี้เราจะได้จำนวนรอบสำหรับการสอน (Training Epoch) และค่าผิดพลาดการสอนที่เหมาะสม

ภาพที่ 2.8
แสดงค่าผิดพลาดการสอนของตัวอย่างสอน (Training Examples) และตัวอย่างตรวจสอบ (Validation Examples)



งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับหลายชั้น (Multilayer Backpropagation Neural Network) เพื่อการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง (Travel time) โดยอาศัยข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.1.3 **การวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น** (Linear Regression Analysis)

เป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ที่มีความสัมพันธ์อยู่ในรูปเชิงเส้น ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการเชิงเส้นดังนี้

$$Y = aX + B \qquad (2.7)$$

โดยที่ Y คือตัวแปรตาม (Dependent Variable)

X คือตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

a คือความชันของเส้นตรง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Y เมื่อ x เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย และจะเรียก a ว่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย (Regression Coefficient)

b คือส่วนตัดแกน Y หรือคือค่า Y เมื่อ X เป็นศูนย์ (กัลยา วาณิชย์บัญชา, 2549)

2.1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประเมินสภาพการจราจร มีการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปประมวลผลหลายวิธี (Nelson-Nygaard et al, 1999) จำแนกเป็นกลุ่มใหญ่ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ประเภทวัดค่าจากความเร็วจริง (Spot Speed Measurement Techniques) โดยติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ลงไปที่ถนน อาทิ Loop Detectors เรดาร์ ไมโครเวฟเซ็นเซอร์ กล้องวิดีโอ และอินฟาเรดเซ็นเซอร์ ฯลฯ เพื่อตรวจวัดความเร็วของยานพาหนะ ณ จุดของเวลาใดเวลาหนึ่ง นอกจากนี้ยังใช้วิธีการตรวจสอบจากภาพถ่ายทางอากาศ (Aerial Photography) กลุ่มที่ 2 ประเภทใช้ยานพาหนะเคลื่อนที่ไปตามเส้นทาง (Vehicle Tracing Techniques) มีทั้งแบบที่ไม่ใช้อุปกรณ์เสริมแต่ใช้วิธี License Plate Matching ส่วนแบบที่ใช้อุปกรณ์เสริมต่างๆ อาทิ โทรศัพท์เคลื่อนที่ อุปกรณ์ GPS ยานพาหนะดังกล่าวจะเก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ กลุ่มที่ 3 .ใช้วิธีการสำรวจจากการสัมภาษณ์ผู้ใช้เส้นทาง โดยอาจจ้างคนเก็บข้อมูล การตอบคำถามผ่านทางเว็บไซต์ โทรศัพท์ หรือจดหมายอิเล็กทรอนิคส์ ฯลฯ การเก็บข้อมูลทั้ง 3 รูปแบบข้างต้น พบว่ามีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง อาจจะทำได้เฉพาะเส้นทางสำคัญเท่านั้น และต้องได้รับความร่วมมืออย่างดีจากหลายหน่วยงานทั้งภาครัฐ และภาคเอกชน ในงานวิจัยนี้สนใจการเก็บข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่

แนวความคิดของการนำโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้ามาประยุกต์ใช้ในการสำรวจสภาพจราจร เกิดขึ้นจากแนวโน้มของผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่มีเพิ่มมากขึ้น และผู้ที่ใช้ยานพาหนะส่วนใหญ่ก็จะมีโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วย ประกอบกับโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ซึ่งถือเป็นโครงสร้างพื้นฐานมีครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ ไม่จำเป็นต้องลงทุนใดๆเพิ่มเติม จุดเริ่มต้นของการนำโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้ามาประยุกต์ใช้ในการสำรวจสภาพจราจร เกิดขึ้นเมื่อมีกฎหมายเกี่ยวกับความปลอดภัยส่วนบุคคลของสหรัฐอเมริกา E911 ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้ให้บริการสามารถระบุตำแหน่งของผู้ที่โทรศัพท์ฉุกเฉินเข้ามา ได้ถูกต้องภายในระยะ 50 – 300 เมตร (Yim, 2003) การนำโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้ามาประยุกต์ใช้ในการสำรวจสภาพจราจร จะเกี่ยวข้องกับการระบุตำแหน่ง (Location

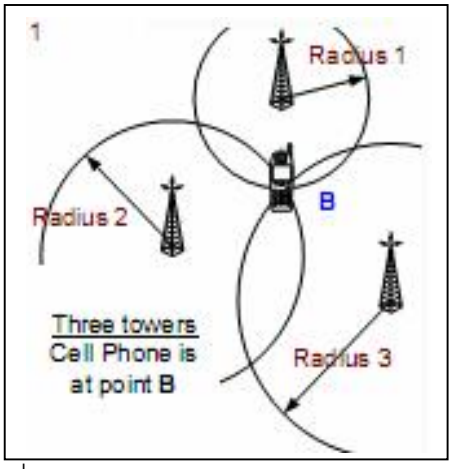
Determination) การกำหนดตำแหน่งลงบนแผนที่ (Map Matching) และการระบุข้อมูลสภาพจราจร (Traffic Information) (Smith et al, 2003) อาทิ ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะบนถนนเส้นหนึ่ง เวลาในการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ฯลฯ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะนำไปสู่การพิจารณาของผู้ใช้บริการที่จะตัดสินใจเลือกใช้เส้นทางใหม่หรือไม่ งานวิจัยที่ผ่านมาที่อาศัยโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นเครื่องมือในการสำรวจสภาพการจราจร ดำเนินการแบ่งเป็น 2 แนวทาง แนวทางแรก คือ Handset-Based อาศัยโทรศัพท์เคลื่อนที่และอุปกรณ์เสริมได้แก่ อุปกรณ์ GPS (Global Positioning System Device) หรือ อุปกรณ์ช่วยนำสัญญาณ GPS (Assisted-GPS) เข้ามาช่วยเสริม และรูปแบบ Network-Based ซึ่งอาศัยข้อมูลจากสัญญาณที่สื่อสารระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station) กับสถานีฐาน (BS : Base Station หรือ BTS : Base Transceiver Station) และเทคโนโลยีเสริมสำหรับติดตามโทรศัพท์เคลื่อนที่ ซึ่งถูกติดตั้งไว้ที่เสารับและส่งสัญญาณของสถานีฐาน (Cell Tower) แนวทาง Network-Based จะประหยัดกว่าแนวทาง Handset-Based เพราะไม่ต้องใช้อุปกรณ์เสริมใด และผู้ใช้งานโทรศัพท์เคลื่อนที่ไม่ต้องปรับเปลี่ยนตัวอุปกรณ์โทรศัพท์เลย นอกจากนี้ ยังทำให้มีจำนวนของโทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจำนวนมาก ข้อจำกัดของแนวทางนี้ก็คือ ความแม่นยำของการระบุตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ค่อนข้างต่ำกว่าแนวทาง Handset-Based ที่มีความแม่นยำในการระบุตำแหน่งสูง เนื่องจากใช้อุปกรณ์เสริม อาทิ อุปกรณ์นำร่องสัญญาณดาวเทียม (GPS Device) ความแม่นยำสูงดังกล่าว ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงตามไปด้วย เพราะต้องมีการสื่อสารกลับไปกลับมาระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่และสถานีฐาน เพื่อแจ้งตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลงไป ทั้ง 2 แนวทางจะเกี่ยวข้องกับเรื่องความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้บริการ (Rose, 2004) เพราะผู้ใช้บริการจะไม่ทราบว่ากำลังถูกติดตามอยู่ เกี่ยวกับประเด็นนี้ ผู้ให้บริการจึงใช้วิธีการไม่เปิดเผยข้อมูลผู้ใช้บริการ (Anonymization) เพื่อรักษาความเป็นส่วนตัวของผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่

การระบุตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ระหว่างจุดเริ่มต้น และจุดที่สนใจ ทำให้ทราบระยะทาง เวลาในการเดินทาง และสามารถคำนวณหาค่าความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะนั้นได้ ทั้งนี้เมื่อทราบข้อมูลลักษณะเดียวกันนี้จากกลุ่มตัวอย่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ของผู้ใช้ที่ใช้เส้นทางเดียวกัน ก็สามารถใช้สถิติเพื่อประมาณสภาพการจราจรในพื้นที่ หรือเส้นทางที่สนใจได้ วิธีการในการระบุตำแหน่งมีหลายวิธี อาทิ ในกรณี Handset-Based ใช้การระบุพิกัดจาก GPS ส่วนกรณี Network-Based ใช้วิธีการยืนยันตำแหน่ง 3 ด้าน (Trilateration) โดยอาศัยระดับความเข้มของสัญญาณจากสถานีฐานในบริเวณใกล้เคียง แสดงดังรูปที่ 2.9 การติดตามการส่งต่อ (Handoff) ระหว่างเซลล์ของผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Kummala, 2002) วิธีการนี้จะได้ตำแหน่งของ

โทรศัพท์เคลื่อนที่โดยประมาณจากบริเวณที่เกิดการส่งต่อ (Cell Handoff Zone) และตำแหน่งถัดไปก็คือตำแหน่งในบริเวณที่เกิดการส่งต่อครั้งถัดไป (Next Cell Handoff Zone) แสดงดังรูปที่ 2.10 ข้อมูลตำแหน่งทั้ง 2 จุดทำให้ทราบระยะทาง และเวลาในการเดินทาง นอกจากนี้ยังมีวิธีการระบุตำแหน่ง ที่อาศัยคุณลักษณะของมาตรฐานในการสื่อสาร GSM (Global System for Mobile Communication) ที่รู้จักกันในชื่อของ Timing Advance : TA แสดงดังรูปที่ 2.11 โครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะชดเชยระยะทางระหว่างโทรศัพท์กับสถานีฐาน (Applied Generics, 2004) คุณลักษณะดังกล่าวจะทำให้พื้นที่ในการพิจารณาตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ลดลงอยู่ในลักษณะของแถบพื้นที่ ที่มีความกว้างโดยประมาณ 550 เมตร โดยมีจุดศูนย์กลางร่วมที่สถานีฐาน เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านไปยังอีกด้านของแถบพื้นที่ดังกล่าวก็จะได้ตำแหน่งของโทรศัพท์ จากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่าต่างๆ ที่ต้องการต่อไป

ภาพที่ 2.9

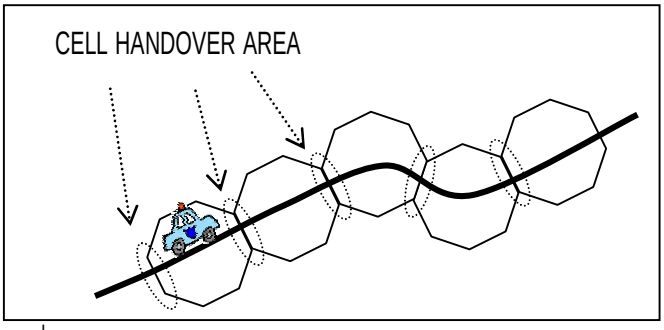
แสดงการยืนยันตำแหน่ง 3 ด้าน (Trilateration) โดยอาศัยสถานีฐานบริเวณใกล้เคียง



ที่มา Wunnava et al, 2007

ภาพที่ 2.10

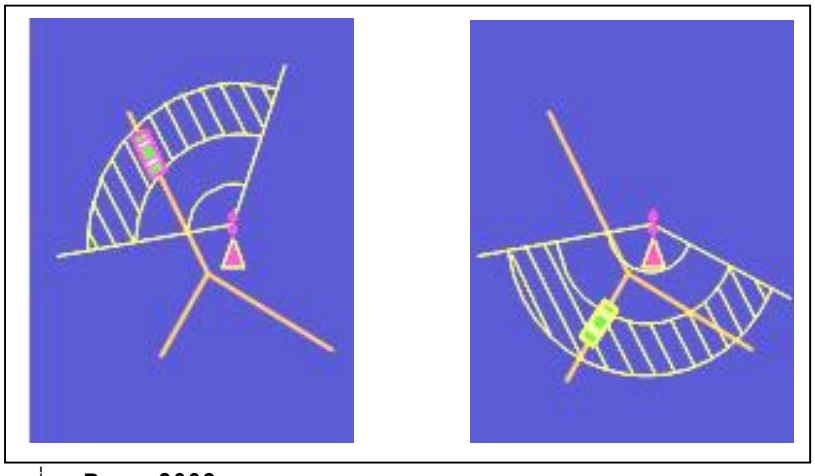
แสดงการระบุตำแหน่งโดยติดตามการส่งต่อระหว่างสถานีฐาน (Cell Handoff Zone)



ที่มา Rose, 2002

ภาพที่ 2.11

แสดงการระบุตำแหน่งโดยอาศัยคุณลักษณะ Timing Advance ของมาตรฐาน GSM



ที่มา Rose, 2002

ประเด็นที่ยังเป็นเป้าหมายในงานวิจัยจะเกี่ยวข้องกับเรื่องความแม่นยำหรือความถูกต้อง (Accuracy) และความน่าเชื่อถือ (Reliability) ของข้อมูล และงานวิจัยส่วนใหญ่ดำเนินการโดยใช้แนวทางของ Network-Based ซึ่งมักจะมีความผิดพลาดของข้อมูลสูง งานวิจัยที่ผ่านมามีทั้งการจำลองเหตุการณ์และทำการศึกษา (Simulation Studies) และการทดสอบภาคสนาม (Field Test) ในส่วนของการจำลองเหตุการณ์และทำการศึกษา ดำเนินการในลักษณะ

โครงการขนาดใหญ่ อาทิ INREST (Ygnace, et.al,2000) ดำเนินการโดย French Transportation Research ประเทศฝรั่งเศส โดยการจำลองสภาพของการจราจรเพื่อที่จะทดสอบค่าความแม่นยำของข้อมูลที่ได้เมื่อจำนวนตัวอย่างของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่บนยานพาหนะเปลี่ยนแปลงไป มีการกำหนดขอบเขตค่าความผิดพลาดของตำแหน่ง (location error) ไว้ไม่เกิน 150 เมตร จากนั้นจึงตรวจสอบเส้นทางการจราจร ผลที่ได้ทำให้ทราบ 2 เรื่องดังนี้ เวลาในการเดินทางบนทางหลวง (Freeway) มีความถูกต้องเพียง 10 เปอร์เซ็นต์ จากค่าที่ควรจะเป็น เมื่อมีจำนวนตัวอย่างของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่อยู่บนยานพาหนะแค่ 5 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการจราจรทั้งหมดที่ตรวจวัด และผลลัพธ์ดังกล่าวเกิดขึ้นกับเส้นทางจราจรที่เป็นรูปทรงเรขาคณิตอย่างง่าย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ดำเนินการโดย Berkeley Institute for Transportation เป้าหมายเพื่อตรวจสอบปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการนำโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เข้ามาประยุกต์ใช้ในการสำรวจสภาพจราจร (Cayford and Johnson, 2003) ในงานวิจัยพิจารณาตัวแปร 3 ตัว ความแม่นยำในการกำหนดตำแหน่ง ความถี่ของตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ และจำนวนตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่แตกต่างกันในพื้นที่ 1 ตารางไมล์ต่อวินาที นักวิจัยดูประสิทธิผลจากการตรวจสอบจำนวนเส้นทางที่รถอย่างน้อย 1 คันวิ่งผ่านภายในเวลา 5 นาที ในส่วนของค่าความเร็วเฉลี่ย และเวลาในการเดินทาง งานวิจัยนี้ไม่ได้เน้นที่จะหาค่าออกมา

สำหรับงานวิจัยที่ดำเนินการโดยการทดสอบภาคสนาม (Field Operation Tests) อาทิ CAPITAL (Cellular Applied to ITS Tracking and Location) (Larsen, 1996) ดำเนินการโดยความร่วมมือระหว่างหน่วยงานภาครัฐและเอกชนของรัฐวอชิงตัน ดี ซี ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้เวลาในการดำเนินการทั้งสิ้น 27 เดือนบนเส้นทางที่เชื่อมระหว่างรัฐ และเส้นทางในรัฐเวอร์จิเนียร์ ผลการทดลองพบว่า ค่าความแม่นยำในการกำหนดตำแหน่งจะดีขึ้นหากจำนวนของเสารับและส่งสัญญาณ (Cell Tower) มีเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ข้อมูลตำแหน่งที่ประมาณได้โดยเฉพาะที่ระยะความแม่นยำระหว่าง 5-25 เมตร สามารถนำไปใช้การหาค่าความเร็วเฉลี่ย ในการคำนวณค่าความเร็วเฉลี่ย โทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละตัวจะต้องบ่งชี้ตำแหน่งจากการประมาณ อย่างน้อย 4 ตำแหน่ง ซึ่งงานวิจัยบอกไว้ว่ามีโอกาสเกิดขึ้นเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงไม่สามารถหาค่าความเร็วเฉลี่ยระหว่างช่วงถนนได้ เนื่องจากจำนวนของกลุ่มตัวอย่างที่น้อยและอัลกอริทึมที่มียังไม่สามารถทำการกำหนดตำแหน่งของยานพาหนะเทียบกับช่วงถนน (Matching Vehicle) ลงบนแผนที่ ได้แม่นยำเท่าที่ควร

ความร่วมมือระหว่าง U.S. Wireless Corporation และ มหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียเบิรคลีย์ (Yim & Clayford, 2006) ทำการทดสอบภาคสนามโดยเก็บข้อมูลตำแหน่งจากอุปกรณ์

ไร้สาย เป็นเวลา 44 ชั่วโมง ผลที่ได้พบว่าการประมาณตำแหน่งมีความแม่นยำในระยะ 60 เมตร แม้ว่า 66 เปอร์เซ็นต์ ของตำแหน่งของยานพาหนะที่ถูกติดตาม จะมีค่าเบี่ยงเบนจากตำแหน่งที่แท้จริงของผู้ที่โทรศัพท์อยู่มากกว่า 200 เมตร การประมาณตำแหน่งทำได้ดี แต่ในการกำหนดตำแหน่งของยานพาหนะเทียบกับช่วงถนน ทำได้ไม่ดี ดังนั้นการหาค่าความเร็วเฉลี่ยและค่าเวลาในการเดินทาง จึงไม่สามารถบอกได้ งานวิจัยสรุปสาเหตุไว้ว่าช่วงของการใช้โทรศัพท์ (Call Length) มีค่าน้อยเกินไปซึ่งในระยะทางที่ยาวจะไม่สามารถประมาณตำแหน่งตลอดจนหาค่าความเร็วเฉลี่ย และเวลาในการเดินทางได้

Virtanen, 2002 ทำการศึกษาในรูปแบบ Network-Based เช่นเดียวกันโดยอาศัยข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่บนยานพาหนะเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าสภาพอากาศรูปแบบต่างๆ ไม่มีผลต่อการใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ในการสำรวจสภาพการจราจร และจากผลการทดลองยังพบว่า ความแม่นยำของข้อมูลจะเพิ่มขึ้นหากเส้นทางที่กำหนดไว้มีส่วนเชื่อมต่อกับเส้นทางอื่นน้อยและระยะทางโดยประมาณ 10 กิโลเมตร ซึ่งหมายถึงจำนวนกลุ่มตัวอย่างไม่ลดลงไปเนื่องจากเคลื่อนที่ออกไปจากเส้นทางที่กำหนด หรือมีโอกาสหยุดยานพาหนะได้ยาก

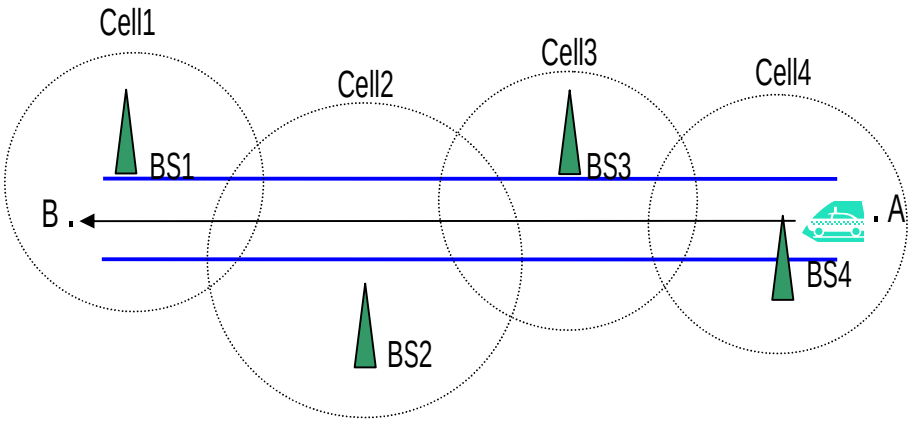
จากงานวิจัยต่างๆ ที่กล่าวถึงข้างต้นมีข้อจำกัดหลายอย่าง อาทิ ต้องการกลุ่มตัวอย่างข้อมูลจำนวนมากพอจำนวนหนึ่งเพื่อที่จะสามารถประมาณค่าที่เกี่ยวข้องต่างๆได้ นอกจากนี้ยังต้องได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานเอกชนผู้ให้บริการเชื่อมต่อสัญญาณโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Carrier) ในการเก็บข้อมูล โดยติดตั้งระบบเพื่อจัดการประมวลผลข้อมูลเพิ่มเติมที่เสาสัญญาณ (Cell Tower) และอาจต้องใช้อุปกรณ์เสริม อาทิ อุปกรณ์นำร่องสัญญาณดาวเทียม (GPS Device) เพื่อช่วยให้ได้ข้อมูลมีความแม่นยำ และถูกต้องมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามความแม่นยำของข้อมูลยังคงไม่เป็นที่น่าพอใจ งานวิจัยที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ มีแนวทางที่แตกต่างไปจาก 2 แนวทางที่กล่าวถึงข้างต้น คือ Handset-Based และ Network-Based กล่าวคือ สุทธิพงษ์ ธัชยพงษ์ และคณะ, 2550 ได้แสดงให้เห็นถึงนัยสำคัญของการนำเครือข่ายไร้สายเข้ามาเพื่อบอกสภาพการจราจร โดยการทำการทดลองบนถนนในกรุงเทพมหานคร สิ่งที่แตกต่างออกไปก็คือ ไม่มีการใช้กลุ่มตัวอย่างของโทรศัพท์เคลื่อนที่จำนวนมากดังนั้นจึงไม่ต้องอาศัยผู้ให้บริการเชื่อมต่อสัญญาณ ไม่ได้อาศัยข้อมูลจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณใดๆ (Sensor) ใช้เพียงแค่การเก็บข้อมูลเวลาประจำเสาสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Cell Dwell Time: CDT) เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ไปยังเซลล์ถัดไป ค่าเวลาดังกล่าวก็จะเริ่มนับหนึ่งใหม่ การทดลองใช้เครื่องมือเพียงแค่โทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่ใช้ระบบปฏิบัติการ Symbian ซึ่งติดตั้งโปรแกรมสำหรับวัดค่า CDT ทั้งนี้ได้มี

การบันทึกวิดีโอ และเก็บค่าจากอุปกรณ์ GPS เพื่อยืนยันความถูกต้องของข้อมูลด้วย การทดลองเริ่มต้นจากถนนรามอินทรา กิโลเมตรที่ 4 กรุงเทพมหานคร จากนั้นเดินทางต่อไปที่ถนนวงแหวนตะวันออก และไปสิ้นสุดที่อุทยานวิทยาศาสตร์ จังหวัดปทุมธานี ระยะทางทั้งสิ้น 37.76 กิโลเมตร การเก็บข้อมูลแบ่งเป็น วันละ 2 ช่วง คือช่วงเช้า เวลา 06.30 – 08.00 นาฬิกา และช่วงบ่าย 17.00 – 18.30 นาฬิกา ระยะเวลาในการเดินทางอยู่ระหว่าง 40 - 90 นาที ขึ้นอยู่กับสภาพการจราจร ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ค่า CDT จะสูงขึ้นแปรผันตามสภาพการจราจรที่ติดขัดมากขึ้น อาทิ รถหยุดอยู่ที่สี่แยกไฟแดงซึ่งทำให้เคลื่อนที่ได้ช้า หรือมีสภาพอุบัติเหตุ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบให้ค่า CDT ของเซลล์ข้างเคียงสูงตามไปด้วย รวมทั้งสภาพที่ค่า CDT ของเซลล์ใกล้เคียง 2 – 3 เซลล์เกิดขึ้นสลับกันไปมา

ธีรวัฒน์ หรรษาพลังกุล และคณะ, 2550 นำเสนอตัวแบบสำหรับการบอกสภาพการจราจรโดยอาศัยโทรศัพท์เคลื่อนที่และอุปกรณ์ GPS การทดลองดำเนินการบนถนนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยเลือกเส้นทางถนนพหลโยธิน เริ่มต้นจากตลาดสะพานใหม่ เขตบางเขน สิ้นสุดเส้นทางที่ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัลลาดพร้าว เขตจตุจักร ระยะทางรวมทั้งสิ้น 8.4 กิโลเมตร เส้นทางดังกล่าวถูกแบ่งแยกออกเป็นบริเวณสี่แยก (Junction) และส่วนที่เป็นถนนเชื่อมต่อ (Link) เพื่อพิจารณาค่า CDT ณ ช่วงเวลาต่างๆ ทั้งนี้ขอบเขตของพื้นที่ที่เซลล์ยังสามารถรับและส่งสัญญาณได้ (Cell Coverage Area) ถูกนำมาพิจารณาเพื่อเปรียบเทียบกับเส้นทางจริง และแสดงผลสภาพการจราจรใน 2 ลักษณะ ได้แก่ สภาพถนนโล่ง ระดับความเร็วของยานพาหนะอยู่ระหว่าง 60 – 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Green Survey) และสภาพการจราจรติดขัด ระดับความเร็วของยานพาหนะอยู่ระหว่าง 20 – 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Red Survey) ผลลัพธ์จากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่า ค่า CDT สามารถบอกถึงสภาพการจราจรได้

ภาพที่ 2.12

แสดงการเคลื่อนที่ของยานพาหนะผ่านเซลล์ต่างๆ



ที่มา สุทธิพงษ์ ธัชยพงษ์ และคณะ, 2550

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยใช้ข่ายงานประสาทเทียมแบบหลายชั้น ที่เลือกมาศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการทำวิจัยนี้ต่อไป มีดังนี้ Kisgyorgy and. Rilett, 2001 นำเสนอตัวแบบเพื่อทำนายค่าเวลาในการเดินทางโดยข่ายงานประสาทเทียมแบบหลายชั้น โดยมีอินพุต หรือข้อมูลนำเข้า เป็นข้อมูลความเร็ว (Speed) ปริมาณยานพาหนะ (Traffic Volume) และระยะเวลาที่ยานพาหนะหยุดอยู่ที่ Loop Detector (Occupancy) ซึ่งส่วนเอาต์พุต หรือข้อมูลนำออก คือเวลาในการเดินทาง (Travel Time) ทั้งนี้การเก็บข้อมูลเก็บทั้งจากอุปกรณ์ Loop Detector และ GPS เพื่อเปรียบเทียบกันในภายหลัง ก่อนดำเนินการสอนข่ายงานประสาทเทียม ได้ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างอินพุตนำเข้าทั้ง 3 โดยวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ พบความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณยานพาหนะ และเวลาที่ยานพาหนะหยุดอยู่ที่ Loop Detector ความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างความเร็วและปริมาณยานพาหนะ และระหว่างความเร็วกับเวลาที่ยานพาหนะหยุดอยู่ที่ Loop Detector จากนั้นจึงประมวลผลข้อมูล (Data Preprocessing) โดยหาค่าความเร็วเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของความเร็วเฉลี่ย

วสันต์ ภัทรอธิคม และรัชต พีชวณิชย์, 2550 นำเสนอการประเมินสภาพการจราจรจากข้อมูล CDT โดยข่ายงานประสาทเทียมแบบหลายชั้น งานวิจัยนี้เก็บข้อมูลผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีระบบปฏิบัติการ Symbian ข้อมูลที่เก็บเพื่อเป็นอินพุตป้อนให้กับข่ายงานประสาทเทียม ได้แก่ ค่า CDT เวลาที่เริ่มนับค่า CDT (Time Stamp) รหัสของพื้นที่ (LAC : Location Area Code) และรหัสของเซลล์ประจำสถานีฐาน (CID : Cell Identification) ค่าทั้ง 4 ถือเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อระดับ

ความคับคั่งของการจราจร โดยค่า CDT จะเกี่ยวข้องกับปริมาณเวลาที่ใช้เดินทาง ทั้งนี้ค่า CDT มีความสัมพันธ์กับขนาดของเซลล์ด้วย ดังนั้นค่า LAC และ CID จะทำให้ข่ายงานประสาทเทียมเรียนรู้ถึงขนาดของเซลล์ด้วย และสุดท้ายเลือกค่าเวลาที่บันทึกค่า CDT ซึ่งหมายถึงช่วงเวลาของวันที่มีสภาพการจราจรเป็นอย่างไร ส่วนค่าเอาต์พุต ก็คือระดับความคับคั่งของจราจร (Congestion Level) โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ระดับ 1 สีเขียว หมายถึง สภาพการจราจรไม่ติดขัด รถเคลื่อนที่ได้คล่องตัว อาจมีหยุดเคลื่อนที่ระยะเวลาสั้นๆ หากหยุดเพื่อรอสัญญาณไฟเขียวที่สี่แยก ก็หยุดรอเพียงครั้งเดียว ระดับ 2 สีเหลือง หมายถึงติดขัดปานกลาง รถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็วปานกลางสลับกับหยุดยาว และระดับ 3 สีแดง หมายถึงสภาพการจราจรติดขัดมาก รถหยุดเคลื่อนที่ หรือเคลื่อนที่ช้าติดต่อกันช่วงระยะเวลาหนึ่ง ทั้งนี้ข้อมูลระดับความคับคั่งของจราจรถูกประเมินโดยความเห็นของคนระหว่างที่เก็บข้อมูล และถูกนำไปเป็นข้อมูลเป้าหมาย (Target Data or Desired Data) เพื่อสอนข่ายงานประสาทเทียม ก่อนการสอนข่ายงานประสาทเทียม ทำการประมวลผลข้อมูลก่อนนำเข้า (Data Preprocessing) โดยหาค่าเฉลี่ยของ CDT ที่เกิดขึ้นจาก CID ที่ซ้ำกัน ผลลัพธ์จากการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมในการประมาณระดับความคับคั่งของการจราจร มีความถูกต้องสูงถึง 79.43 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความแม่นยำระหว่าง 75.53 – 85.19 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

บทนี้จะนำเสนอขอบเขตการทดลอง เครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการทดลอง การออกแบบการทดลอง โครงสร้างการทำงานของระบบ และวิธีการดำเนินการทดลองในแต่ละขั้นตอน ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อให้ได้แนวทางในการดำเนินการทำวิจัย และนำเสนอกระบวนการในการพัฒนาระบบการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจากข้อมูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยอาศัยข่ายงานประสาทเทียม

3.1 ขอบเขตการทดลอง

ขอบเขตการทดลองประกอบไปด้วย เส้นทาง ยานพาหนะ ข้อมูลที่เก็บ วันและเวลาที่เก็บข้อมูล เทคนิคที่ใช้ในการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง

เส้นทาง ในการทดลอง เลือกใช้เส้นทาง สะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา จังหวัดกรุงเทพมหานคร และนนทบุรี จำนวน 8 สะพาน ไดแก่ สะพานกรุงธน สะพานพระปิ่นเกล้า สะพานพระราม 8 สะพานตากสิน สะพานพระราม 4 สะพานพระราม 5 สะพานพระราม 7 และสะพานพระนั่งเกล้า และเก็บข้อมูลทั้งไปและกลับ

ยานพาหนะ ในการทดลอง ใช้ยานพาหนะประเภท รถโดยสารสารธารณะ และรถยนต์ส่วนบุคคล เพื่อเก็บข้อมูล

ข้อมูลที่เก็บ

สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ เก็บข้อมูลเวลา CDT (Cell Dwell Time) เวลาที่เริ่มต้นค่า CDT (Timestamp) ในแต่ละเซลล์ รหัสพื้นที่ (LAC : Location Area Code) ของเซลล์นั้น และรหัสประจำเซลล์ (CID : Cell Identification) รหัสผู้ให้บริการเชื่อมต่อสัญญาณ (MNC : Mobile Network Code) และรหัสประเทศ (MCC : Mobile Country Code) ผ่านโปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูล บนโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่มีระบบปฏิบัติการ Symbian

สำหรับอุปกรณ์ GPS เก็บข้อมูลพิกัด และเวลา ตามมาตรฐาน NMEA 0183 Version 2.3

สำหรับนาฬิกา เก็บข้อมูลเวลาผ่านจุดที่กำหนดเป็นจุดเริ่มต้น-สิ้นสุดของสะพาน

วันและเวลาที่เก็บข้อมูล ในการทดลอง จะเก็บข้อมูล 3 ช่วงเวลาดังนี้ ช่วง 7.00-11.00, 12.00-15.00 และ 16.00-21.00 วันธรรมดาและวันหยุด

เทคนิคที่ใช้ในการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง ใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียมแบบกระจายย้อนกลับแบบหลายชั้น (Multilayer Backpropagation Neural Network)

3.2 เครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ใช้

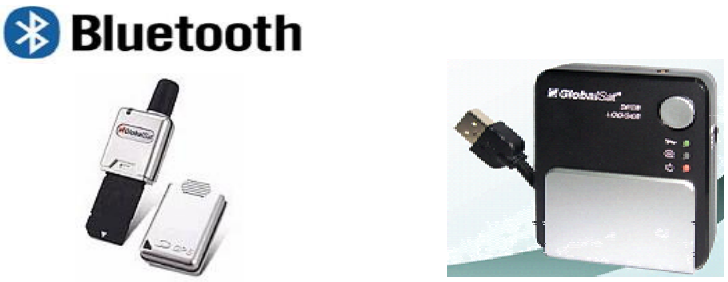
โทรศัพท์เคลื่อนที่ ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่มีระบบปฏิบัติการ Symbian จำนวน 5 เครื่อง

ภาพที่ 3.1
แสดงภาพโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่มีระบบปฏิบัติการ Symbian

อุปกรณ์นำร่องสัญญาณดาวเทียม หรืออุปกรณ์ GPS ใช้อุปกรณ์ GPS ประเภทเชื่อมต่อผ่านสัญญาณบลูทูธ (Bluetooth GPS) จำนวน 1 เครื่อง

ภาพที่ 3.2

แสดงภาพอุปกรณ์ GPS ประเภทเชื่อมต่อแบบบลูทูธ



นาฬิกา นาฬิกาสำหรับดูเวลา จำนวน 1 เครื่อง

คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก ระบบปฏิบัติการ Window XP Professional

ซอฟต์แวร์ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม

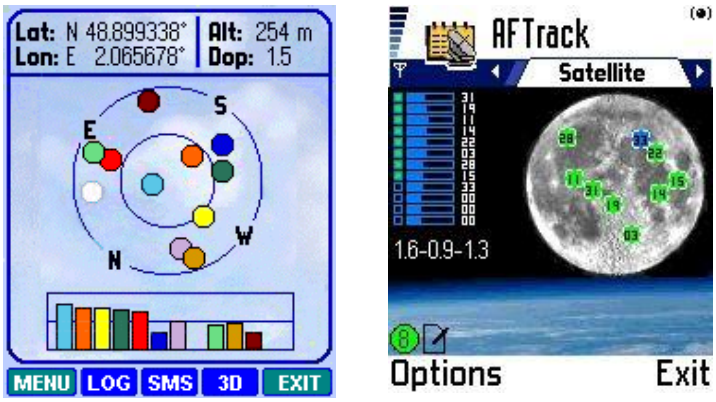
ซอฟต์แวร์สำหรับโทรศัพท์เคลื่อนที่ มี 2 โปรแกรม โปรแกรม Cellular Probe สำหรับเก็บข้อมูลในข้อ 3.1 และ AFTrack 1.15 สำหรับเก็บข้อมูลพิกัดจากอุปกรณ์ GPS

ภาพที่ 3.3

แสดงภาพหน้าจอโปรแกรมสำหรับเก็บข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ Cellular Probe

ภาพที่ 3.4

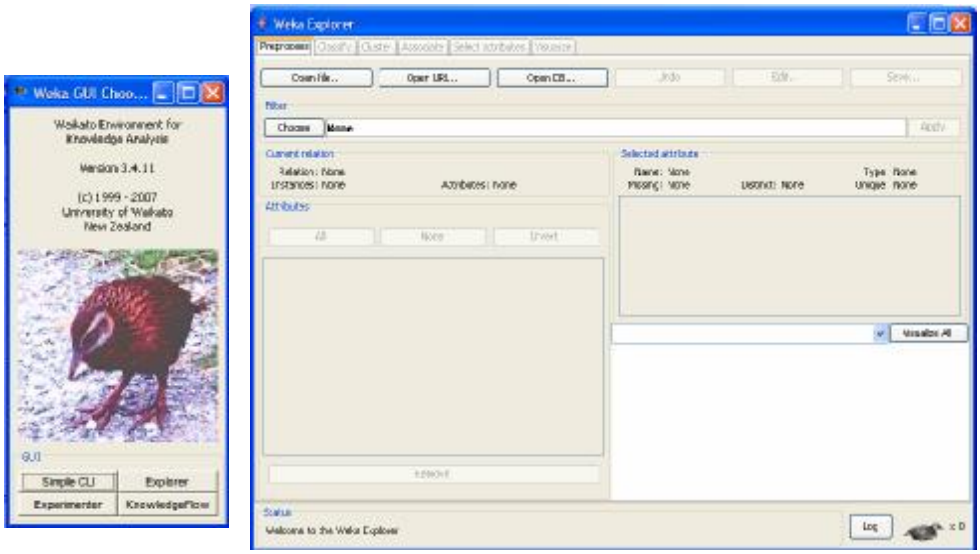
แสดงภาพหน้าตาโปรแกรมเก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS “AFTrack 1.15”



ซอฟต์แวร์สำหรับคอมพิวเตอร์ มี 3 โปรแกรม โปรแกรม Weka 3.4.11 สำหรับประมวลผลเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และสถิติ ดังภาพที่ 3.5 Java Platform, Standard Edition 5 (Java SE 5) สำหรับรองรับการใช้งานโปรแกรม Weka โปรแกรม GoogleEarth 4.0 ดังภาพที่ 3.6 และโปรแกรม GPS Track Maker สำหรับประมวลผลข้อมูลจาก GPS ดังภาพที่ 3.7

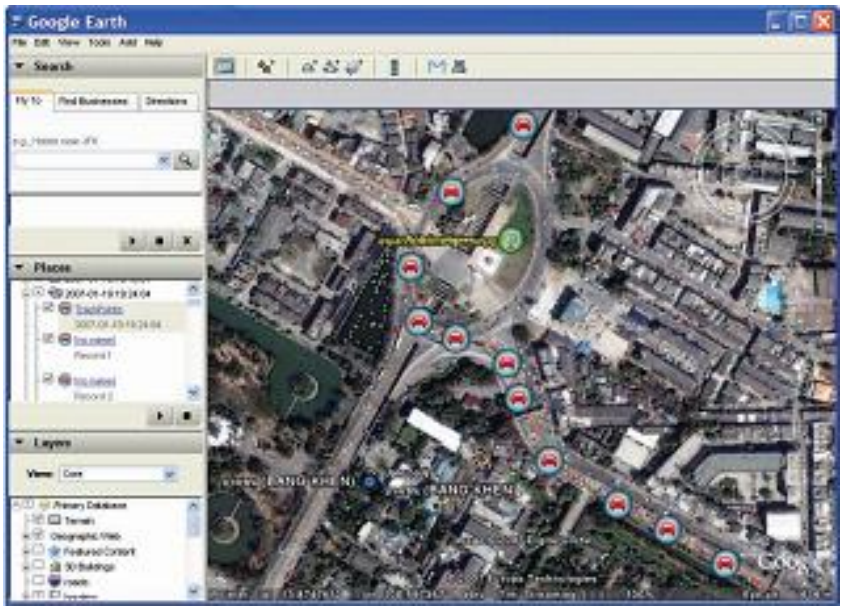
ภาพที่ 3.5

แสดงหน้าตาโปรแกรม Weka 3.4.11



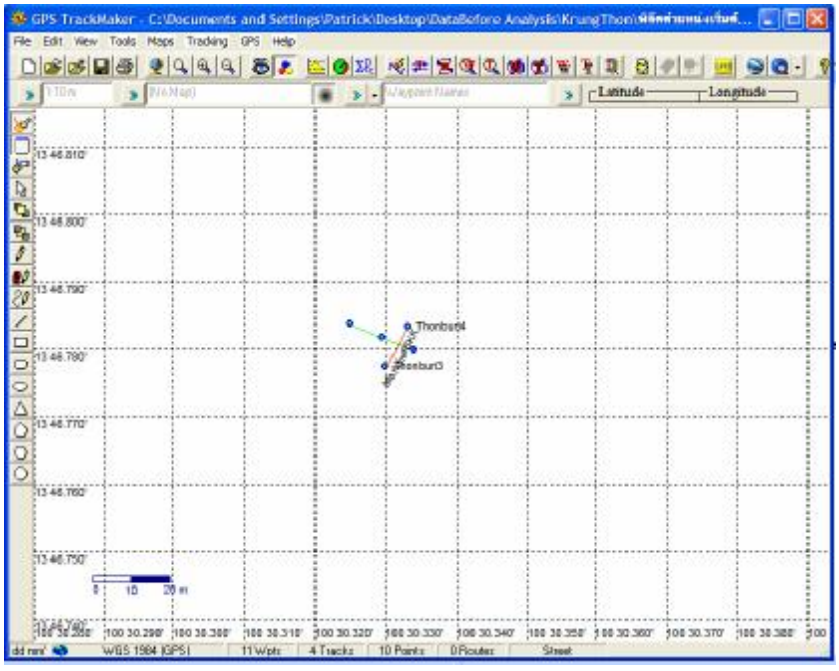
ภาพที่ 3.6

แสดงหน้าตาโปรแกรม GoogleEarth 4.0



ภาพที่ 3.7

แสดงหน้าตาโปรแกรม GPS TrackMaker



3.3 การออกแบบการทดลอง

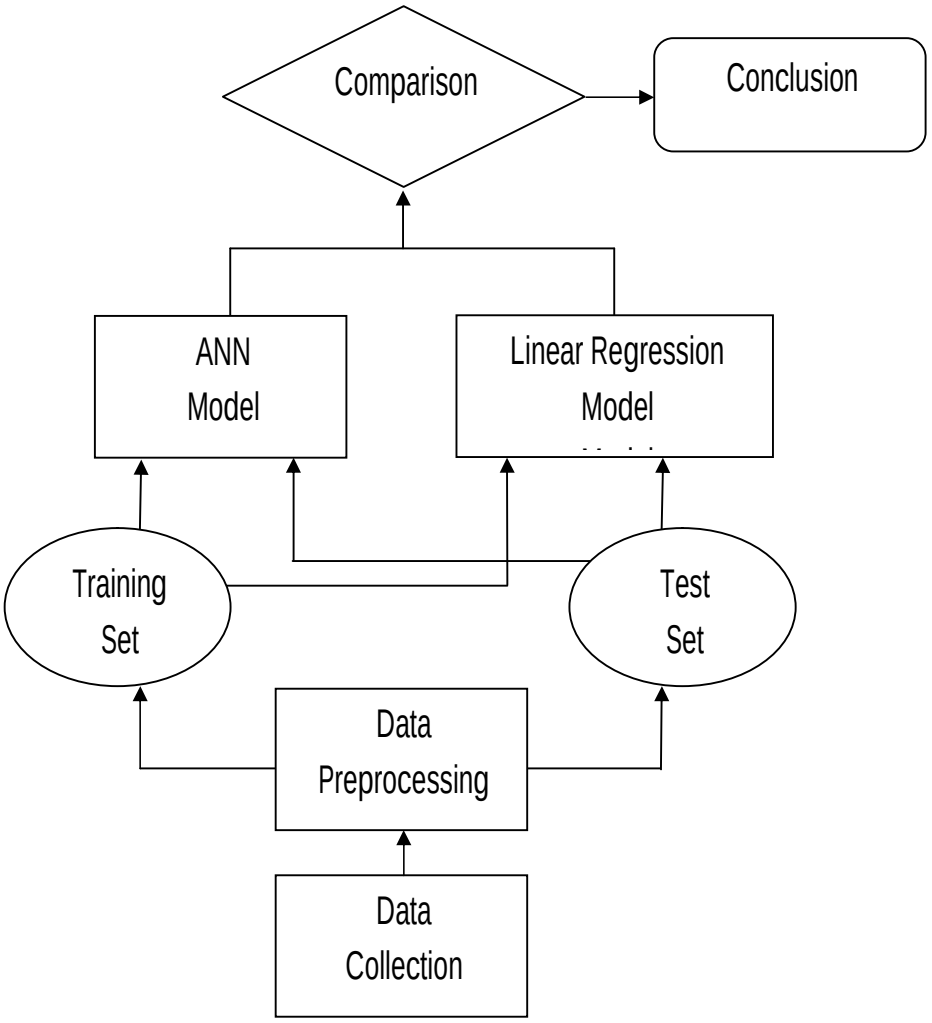
จากสมมติฐานงานวิจัยที่กล่าวไว้ว่า “ข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่อยู่ในเซลล์สามารถใช้ในการประมาณค่าเวลาในการเดินทางได้” ในงานวิจัยนี้สนใจข้อมูลเวลา CDT และข้อมูลเวลา CDT ได้มาจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ที่อยู่บนยานพาหนะที่กำลังเดินทาง ทั้งนี้เพื่อจำลองสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงในการเดินทาง ดังนั้นจึงออกแบบการทดลองให้เก็บข้อมูลจริงโดยเก็บข้อมูลบนเส้นทางที่มีการใช้งานในชีวิตประจำวัน โดยเดินทางไปกับรถโดยสารสาธารณะ ในช่วงเวลาต่างๆ ของวัน และจากลักษณะการทำงานของโครงข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่แบบรังผึ้ง (Cellular Mobile Phone Systems) ที่มีการเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายลักษณะคล้ายรังผึ้ง โดยอาศัยสถานีฐานเป็นตัวแทน เพื่อไม่ให้เกิดการซ้ำกันของสัญญาณจากสถานีฐานและสามารถระบุได้ว่าเป็นเส้นทางที่กำลังเก็บข้อมูล จึงเลือกสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา ที่เชื่อมพื้นที่ฝั่งกรุงเทพมหานครและพื้นที่ฝั่งธนบุรี ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดชัดเจน และเมื่อพิจารณาถึงลักษณะการทำงานของเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม ที่ต้องมีข้อมูลที่เป็นปัจจัยสำคัญ (Key Feature) สำหรับสอน และข้อมูลเป้าหมาย (Target Data or Desired Data) ดังนั้น ข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ถูกเลือกเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับสอน และด้วยความแม่นยำค่อนข้างสูงของอุปกรณ์ GPS ข้อมูลจากอุปกรณ์ดังกล่าวจึงถูกเลือกเป็นข้อมูลเป้าหมาย นอกจากนี้ เป้าหมายสำคัญของงานวิจัยนี้ คือความถูกต้องของการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง และคุณลักษณะของข่ายงานประสาทเทียมที่ต้องการตัวอย่างสอนจำนวนมาก ดังนั้นจำนวนตัวอย่างของการเก็บข้อมูลจึงต้องมากตามไปด้วย ในทางปฏิบัติมีข้อจำกัดหลายอย่าง ผู้ปฏิบัติงานวิจัยไม่สามารถเก็บข้อมูลให้ได้จำนวนตัวอย่างมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้เทคนิค 10-fold Cross-Validation (Mitchell, 1997:112) สำหรับจำนวนตัวอย่างน้อย

3.4 โครงสร้างการทำงานของระบบ

ข้อมูลมี 2 ส่วน คือส่วนที่เป็นอินพุตหรือข้อมูลนำเข้า ข้อมูลส่วนนี้ได้มาจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ตามข้อ 3.2 ข้อมูลส่วนที่ 2 คือส่วนที่เป็นข้อมูลเป้าหมายที่ต้องการในที่นี้คือเวลาในการเดินทางที่แท้จริง ข้อมูลส่วนนี้ได้มาจากอุปกรณ์ GPS จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดเข้าสู่กระบวนการปรับเบื้องต้นเพื่อลดปริมาณข้อมูลผิดพลาด และมีรูปแบบเหมาะสมสำหรับข่ายงานประสาทเทียม จากนั้นแบ่งข้อมูลเป็น 2 ส่วน สำหรับสอน และทดสอบ กับข่ายงานประสาทเทียม ทำการเปรียบเทียบค่าความถูกต้อง จากนั้นจึงสรุปผล แสดงดังภาพที่ 3.8

ภาพที่ 3.8

แสดงโครงสร้างการทำงานของระบบ

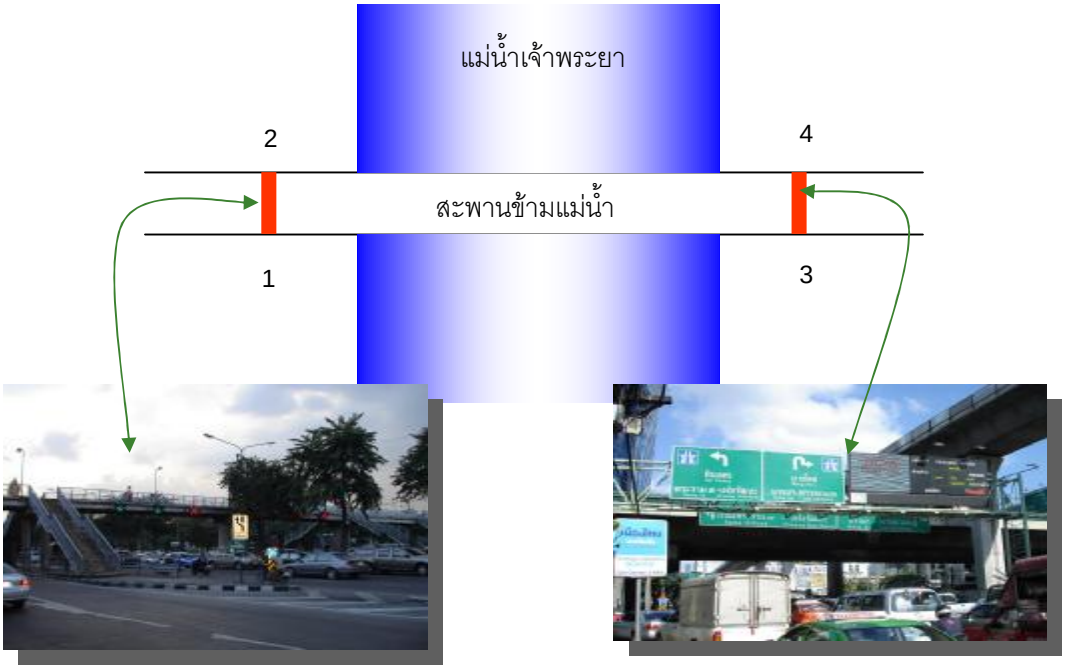


วิธีการดำเนินการทดลองในแต่ละขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาเส้นทางที่จะทำการเก็บข้อมูล กำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของสะพานเพื่อเป็นตำแหน่งสังเกตสำหรับบันทึกข้อมูลพิกัดซึ่งจะได้ตำแหน่งเริ่มต้น และสิ้นสุดของสะพาน 4 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 1 2 3 และ 4 เส้นตรงเชื่อมตำแหน่ง 1 และ 2 จะเป็นเส้นอ้างอิงแรก เส้นตรงเชื่อมตำแหน่ง 3 และ 4 จะเป็นเส้นอ้างอิงที่สอง สำหรับไว้ใช้หาค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริงต่อไป ดังภาพที่ 3.9

ภาพที่ 3.9

แสดงการกำหนดตำแหน่งเริ่มต้น-สิ้นสุดของสะพาน เพื่อเป็นจุดสังเกต

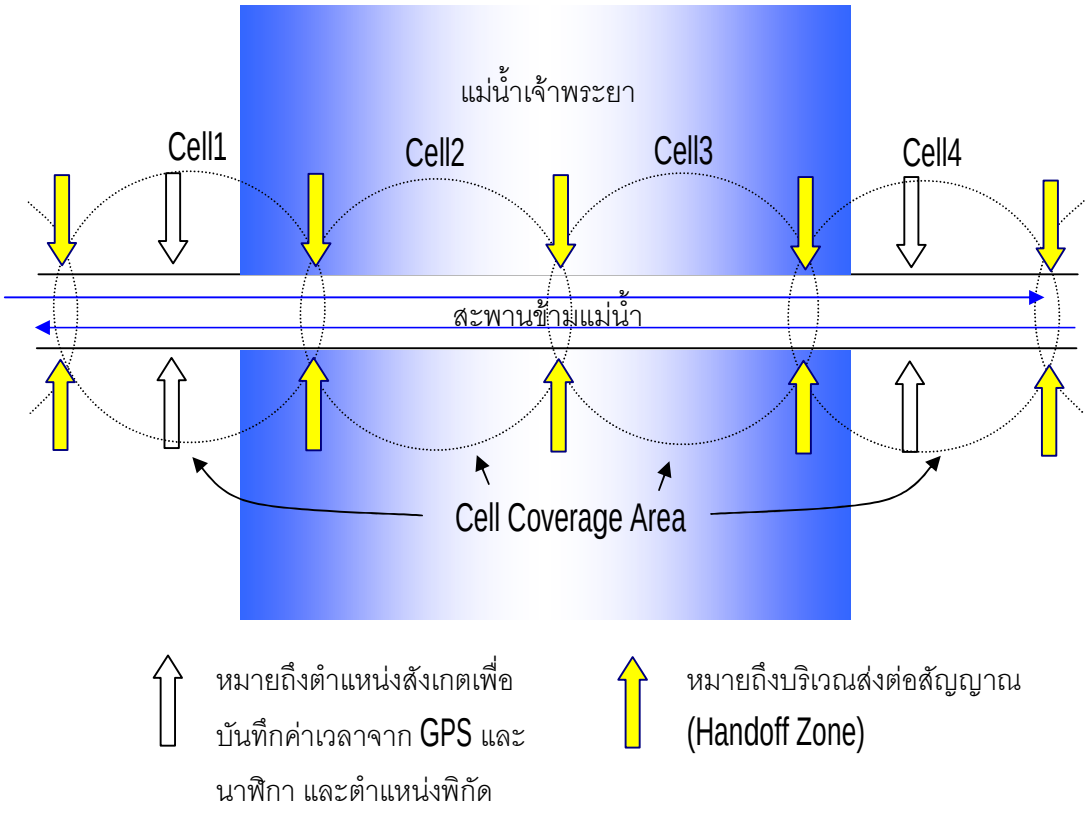


ขั้นตอนที่ 2 เตรียมเครื่องมือพร้อมติดตั้งซอฟต์แวร์ใน ข้อ 3.2 ให้พร้อม จากนั้นปรับเวลาอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ และนาฬิกา ให้ตรงกับอุปกรณ์ GPS แสดงดังภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.10

แสดงการปรับค่าเวลาให้ตรงกัน (Time Synchronization)

ภาพที่ 3.11
แสดงขั้นตอนการทำงานที่ 3



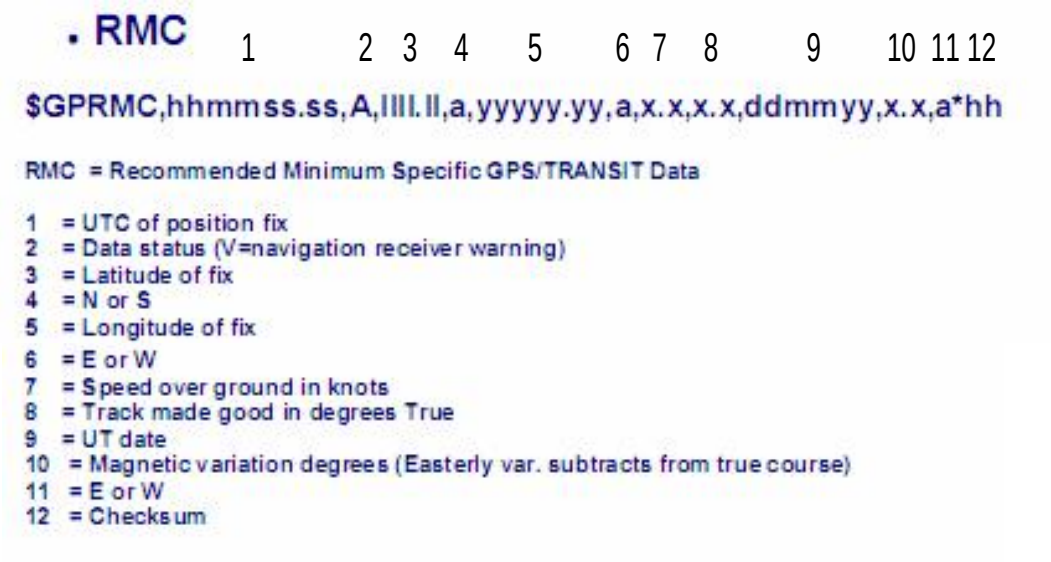
ขั้นตอนที่ 3 เก็บข้อมูลทั้ง 2 ทิศทาง ไปและกลับ ครอบคลุม 3 ช่วงเวลา ตามข้อ 3.1 ทั้งนี้ในการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้ ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่จำนวน 5 เครื่อง เก็บข้อมูลตามข้อ 3.1 พร้อมกัน จำนวนครั้งที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ข้ามสะพานรวมทั้งหมด 15 ครั้ง จำนวนชุดข้อมูลที่ได้ 75 ชุดข้อมูลต่อ 1 ทิศทาง ใช้โปรแกรม Cellular Probe ซึ่งติดตั้งที่โทรศัพท์เคลื่อนที่แต่ละเครื่อง เพื่อทำหน้าที่เก็บข้อมูล โดยในแต่ละครั้งจะต้องเก็บข้อมูลครอบคลุมบริเวณส่งต่อสัญญาณ (Handoff Zone) แสดงดังรูปที่ 3.11

สำหรับอุปกรณ์ GPS ถูกเชื่อมต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่ตัวใดตัวหนึ่งจากจำนวน 5 เครื่องก่อนเริ่มทำการเก็บข้อมูล จากนั้นเก็บข้อมูลผ่านโปรแกรม Cellular Probe เช่นเดียวกัน ข้อมูลที่เก็บเป็นข้อมูลตำแหน่งของยานพาหนะที่เคลื่อนที่ผ่านเส้นทางในการทดลองซึ่งอยู่ในรูปแบบของประโยค GPRMC ตามมาตรฐาน NMEA 0183 แสดงตัวอย่างข้อมูล

ดังภาพที่ 3.12 ทั้งนี้เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของสะพาน บันทึกค่าเวลาจากนาฬิกาด้วย

ภาพที่ 3.12
แสดงตัวอย่างของข้อมูลที่เก็บจากอุปกรณ์ GPS และความหมายของประโยคGPRMC ตามมาตรฐาน NMEA 0183

$GPRMC,073931.004,A,1404.6496,N,10036.0455,E,005.8,226.4,230506,000.5,W*75



ที่มา : www.sirf.com, NMEA Reference Manual

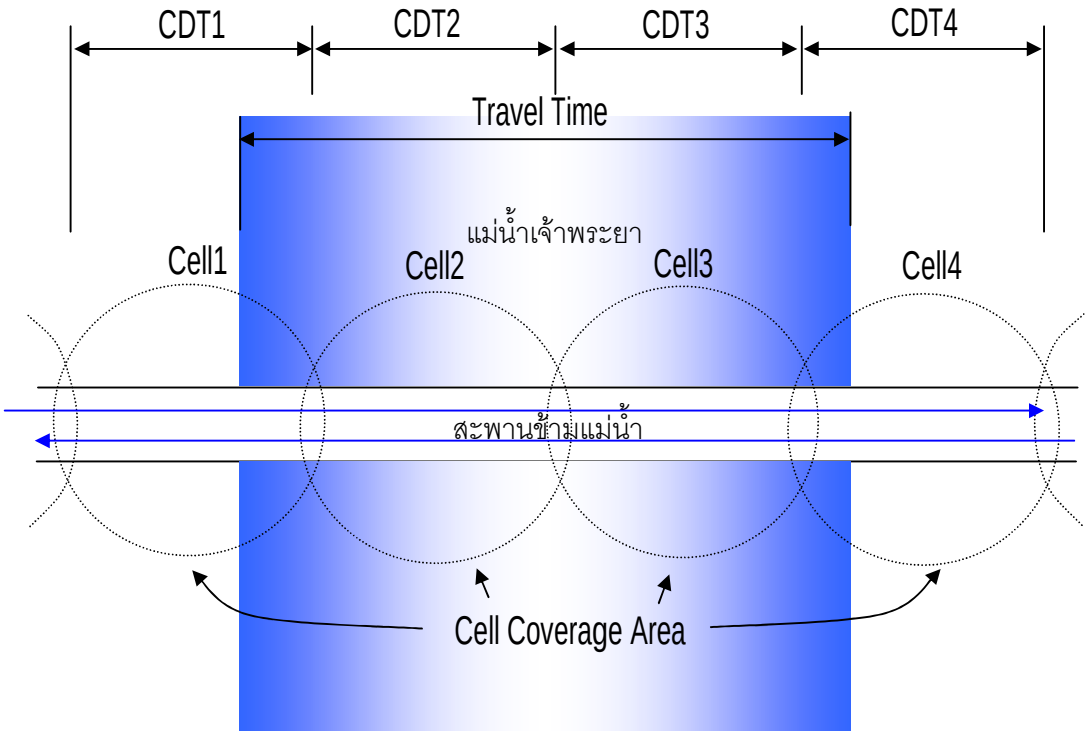
ข้อมูลที่สนใจจากประโยค GPRMC มีดังนี้ ตำแหน่งลำดับที่ 1 UTC (Universal Time Coordinate) เป็นเวลามาตรฐานที่ Prime Meridian (เส้นแวง หรือ longitude 0 องศา) ที่ลากผ่านเมือง Greenwich ของอังกฤษ ดังนั้นจึงอาจเรียกว่า GMT (Greenwich Mean Time) เวลา UTC ใช้เป็นเวลามาตรฐานในวงการดาราศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา การเดินเรือ เป็นต้น เวลาท้องถิ่นในแต่ละประเทศจะเทียบกับเวลา UTC นี้ โดยการบวกหรือลบกับ UTC Offset สำหรับพื้นที่นั้นๆ สำหรับเวลาในประเทศไทย (ไม่ว่าจังหวัดใด) จะเท่ากับ UTC+7 (UTC Offset ของไทยเท่ากับ +07 ชั่วโมง 00 นาที) ตำแหน่งลำดับที่ 2 มี 2 สถานะ คือ A = data valid และ V = data not valid ในที่นี้สนใจข้อมูลที่มีสถานะ A ตำแหน่งลำดับที่ 3 เป็นตำแหน่งของ Latitude ของอุปกรณ์ GPS ในสถานะ

ยืนยันตำแหน่ง (fix) ตำแหน่งลำดับที่ 5 เป็นตำแหน่งของ Longitude ของอุปกรณ์ GPS ในสถานะยืนยันตำแหน่ง (fix)

ขั้นตอนที่ 4 ปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสำหรับป้อนข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ภาพที่ 3.13 แสดงให้เห็นถึงภาพรวมก่อนการจัดการปรับข้อมูล

ภาพที่ 3.13

แสดงภาพรวมก่อนการจัดการปรับข้อมูล



เริ่มจากการหาค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริง (True Travel Time)

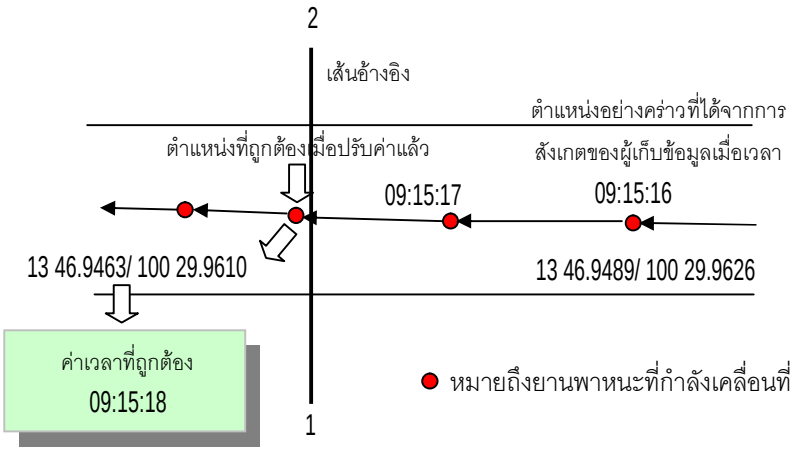
การหาค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริง (True Travel Time)

ในแต่ละครั้งที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เมื่อเคลื่อนที่ผ่านจุดสังเกตหรือเส้นอ้างอิงทั้ง 2 ในขั้นตอนที่ 1 ผู้เก็บข้อมูลจะบันทึกเวลาที่เคลื่อนที่ผ่าน (Timestamp) ซึ่งทำให้ได้ค่าเวลา 2 ค่า คือเวลาก่อนขึ้นสะพานและเวลาหลังจากลงจากสะพานแล้ว แต่ค่าเวลาดังกล่าวอาจคลาดเคลื่อนเพราะเป็นการสังเกตของผู้เก็บข้อมูลขณะที่อยู่บนยานพาหนะที่เคลื่อนที่ จึงจำเป็นต้องตรวจสอบโดยการนำค่าเวลาทั้ง 2 ไปเปรียบเทียบกับเวลา

และตำแหน่งใน ประโยค GPRMC จากนั้นทำการระบุตำแหน่งนั้นลงบนแผนที่จำลองเพื่อดูว่าอยู่ใกล้เส้นอ้างอิงมากที่สุดหรือไม่ หากยังไม่ถูกต้องให้เลื่อนไปยังตำแหน่งถัดไป และทำซ้ำจนกระทั่งได้ตำแหน่งที่ถูกต้อง ซึ่งจะนำไปสู่เวลาที่ยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านเส้นอ้างอิงที่ถูกต้องด้วยเช่นกัน แสดงดังภาพที่ 3.14 ท้ายที่สุดเมื่อได้ค่าเวลาที่ถูกต้อง ณ ก่อนขึ้นสะพาน และหลังจากลงจากสะพาน เมื่อนำมาหาผลต่าง จะทำให้ได้ค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริง

ภาพที่ 3.14

แสดงการหาค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริง



การกำหนดตำแหน่งลงบนแผนที่จำลอง กระทำผ่านโปรแกรม GPS Track Maker

การปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสำหรับป้อนข่ายงานประสาทเทียม

ข้อมูลค่าเวลา CDT เกิดจากเซลล์ (สถานีฐาน) ที่อยู่ ณ บริเวณนั้น ซึ่งมักจะเกิดในลักษณะเรียงลำดับต่อเนื่องกันไป ทั้งนี้ขึ้นกับว่าโทรศัพท์เคลื่อนที่เครื่องนั้นๆ อยู่ในขอบเขตของการรับและส่งสัญญาณกับเซลล์ใด จากข้อมูลเวลา CDT ที่เก็บได้ ในบางครั้งจะพบว่า ค่าเวลา CDT จากเซลล์เดิม เกิดขึ้นซ้ำสลับกับเซลล์ข้างเคียง เหตุการณ์ลักษณะนี้จะเกิดขึ้นขณะที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น ซึ่งสอดคล้องกับงานของสุทธิพงษ์ ธัชยพงษ์ และคณะ, 2550 ที่กล่าวว่า “ค่า CDT จะสูงขึ้นแปรผันตามสภาพการจราจรที่ติดขัดมากขึ้น อาทิ รถหยุดอยู่ที่สี่แยกไฟแดงซึ่งทำให้เคลื่อนที่ได้ช้า หรือมีสภาพอุบัติเหตุ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบให้ค่า CDT ของเซลล์ข้างเคียงสูงตามไปด้วย **รวมทั้งสภาพที่ค่า CDT ของเซลล์ใกล้เคียง 2 – 3 เซลล์เกิดขึ้นสลับกันไปมา**” การจัดการกับข้อมูล CDT ที่เกิดขึ้นซ้ำในงานวิจัยนี้ ใช้ผลรวมสะสมของเวลา CDT

ของเซลล์นั้น ภาพที่ 3.15 และ 3.16 แสดงให้เห็นถึงการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสำหรับป้อนข่ายงานประสาทเทียม เริ่มต้นจากการเปรียบเทียบบันทึกเวลาเริ่มต้น และเวลาสิ้นสุดที่ถูกต้องจากหัวข้อที่แล้ว กับเวลาที่บันทึกค่า CDT ซึ่งจะทำให้เราทราบเซลล์ต่างๆที่อยู่ในช่วงที่สนใจ

ภาพที่ 3.15

แสดงการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสำหรับป้อนข่ายงานประสาทเทียมตัวอย่างที่ 1

True Timestamp 1 True Timestamp 2 True Travel Time

Begin	UTC time+7	UTC time	End	UTC time+7	UTC time	Time use	Seconds
ธนบุรี	13:05:44	6:05:44	กรุงเทพฯ	13:07:01	6:07:01	0:01:17	77

TIME	LAC	CEL_ID	CDT	Sum CDT
13:05:05	10330	12272	26	
13:05:31	10360	22643	16	
13:05:47	10360	22642	16	110
13:06:03	10360	2833	15	
13:06:18	10360	2832	23	
13:06:41	10116	15188	19	
13:07:00	10116	2822	21	
13:07:21	10340	7051	18	

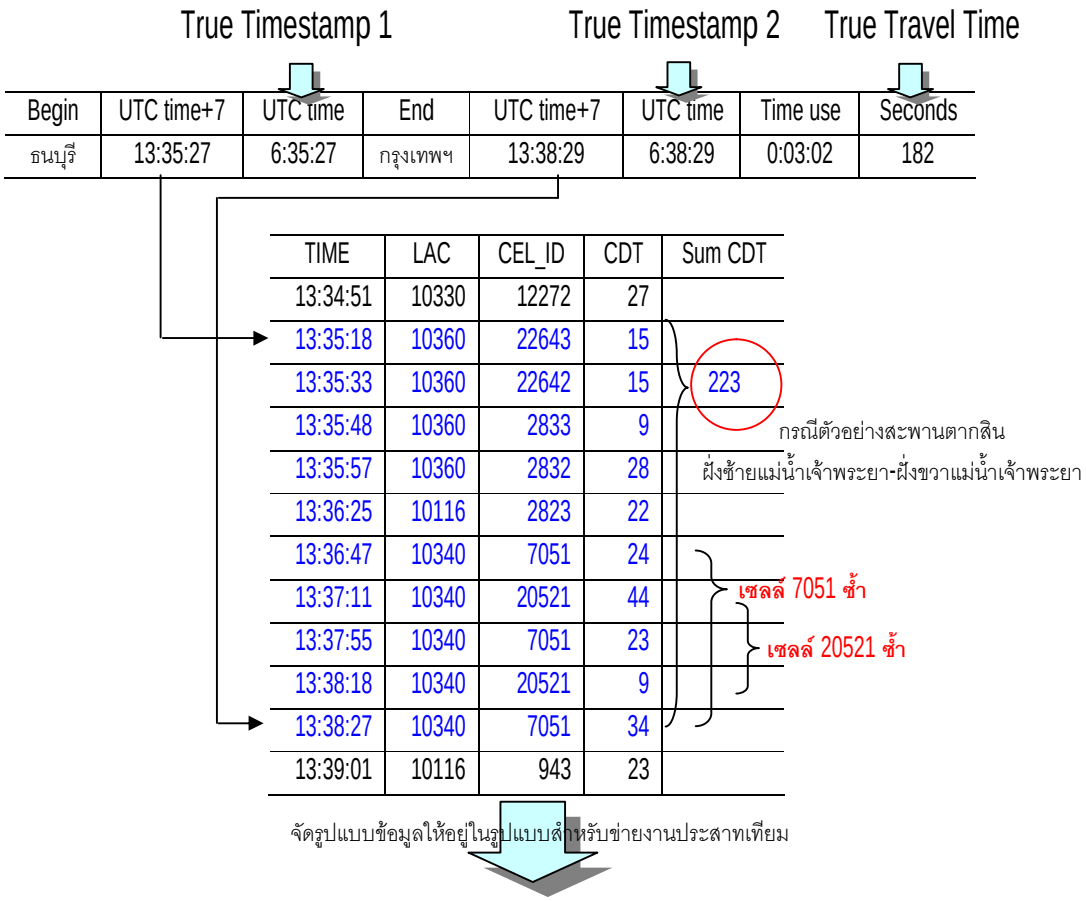
กรณีตัวอย่างสะพานตากสิน ฝั่งซ้ายแม่น้ำเจ้าพระยา-ฝั่งขวาแม่น้ำเจ้าพระยา

จัดรูปแบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสำหรับข่ายงานประสาทเทียม

CellID	22643	22642	2833	2832	15188	2823	2822	7051	20521	True Travel Time
CDT	16	16	15	23	19	0	21	0	0	77

ภาพที่ 3.16

แสดงการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสำหรับป้อนข่ายงานประสาทเทียมตัวอย่างที่เกิดการซ้ำของเซลล์



CellID	22643	22642	2833	2832	15188	2823	2822	7051	20521	True Travel Time
CDT	15	15	9	28	0	22	0	81	53	182

เมื่อได้ชุดข้อมูลครบ 75 ชุดข้อมูล ทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของไฟล์นามสกุล arff ซึ่งเป็นไฟล์สำหรับประมวลผลข่ายงานประสาทเทียมผ่านโปรแกรม Weka 3.4.11 สุดท้ายเราจะได้ไฟล์ arff จำนวน 1 ไฟล์ เป็นไฟล์สำหรับสร้าง และทดสอบข่ายงานประสาทเทียม (Training File) ตามรูปแบบการประเมิน 10 fold Cross-Validation ซึ่งจะทำการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 10 ส่วน ข้อมูล 9 ส่วน จะถูกนำไปสร้างข่ายงานประสาทเทียม ข้อมูลที่เหลืออีก 1 ส่วน จะถูกนำมาทดสอบ ทำซ้ำจนชุดข้อมูลทั้ง 10 ส่วน ถูกนำไปทดสอบครบ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาด ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม Weka เพื่อสร้าง และทดสอบข่ายงานประสาทเทียม ดูได้จากภาคผนวก ก

การปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

จากภาพที่ 3.15 และ 3.16 (วงกลมสีแดง) เราได้ผลรวมสะสมของค่าเวลา CDT ของทุกเซลล์ (Sum CDT) สำหรับ 1 ชุดข้อมูลด้วย ซึ่งค่าดังกล่าวจะถูกนำมาทดสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าเวลาเดินทางที่แท้จริง (True Travel Time) โดยใช้รูปแบบการประเมิน 10 fold Cross-Validation เช่นเดียวกัน ภาพที่ 3.17 แสดงรายละเอียดการจัดรูปแบบข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

ภาพที่ 3.17

แสดงการปรับข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบสำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

Travel Time	Sum CDT
77	104
80	133
93	132
182	201
93	123
84	109
120	140
77	86
86	107
77	110
.	.
.	.
.	.
581	616
569	628

ตัวอย่างที่ 1

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

ตัวอย่างสุดท้าย

ความสัมพันธ์เชิงเส้นจะอยู่ในรูปแบบ

Travel Time = a (Sum CDT) +b

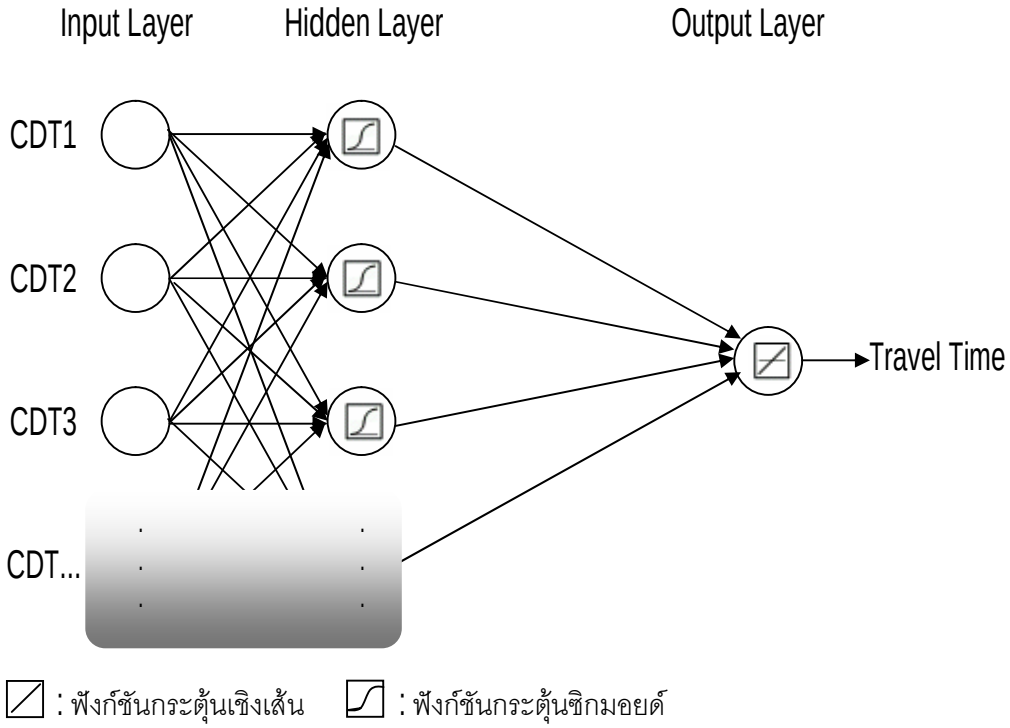
a คือความชันของเส้นตรง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของเวลาในการเดินทาง เมื่อผลรวมสะสมของ CDT เปลี่ยนแปลงไป 1 หน่วย

b คือค่าเวลาในการเดินทางเมื่อ Sum CDT เป็นศูนย์

ขั้นตอนที่ 5 สร้างและทดสอบข่ายงานประสาทเทียมโดยใช้ชุดข้อมูลทั้ง 75 ชุดข้อมูล เลือกใช้แนวทาง 10-fold Cross-Validation สำหรับจำนวนตัวอย่างที่มีน้อย โครงสร้างข่ายงานประสาทเทียมแสดงดังภาพที่ 3.18

ภาพที่ 3.18

แสดงตัวอย่างโครงสร้างของข่ายงานประสาทเทียมเพื่อประมาณค่าเวลาในการเดินทาง



การสร้างและทดสอบข่ายงานประสาทเทียม

ข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับหลายชั้น (Multilayer Backpropagation Neural Network) เป็นข่ายงานประสาทเทียมที่ใช้อัลกอริทึมแพร่กระจายย้อนกลับ (Backpropagation) (Rumelhart และ McClelland, 1986) แสดงดังตารางที่ 2.1 คุณสมบัติพิเศษที่เพิ่มขึ้นมาก็คือ สามารถสร้างพื้นผิวการตัดสินใจแบบไม่เป็นเชิงเส้นได้ (Nonlinear Decision Surface) ที่แบ่งแยกตัวอย่างได้ดีกว่าพื้นผิวการตัดสินใจแบบเชิงเส้น (Linearly Decision Surface) อัลกอริทึมแพร่กระจายย้อนกลับใช้กฎการเรียนรู้คือ กฎเดลต้า (Delta Rule) ซึ่งมีข้อดีตรงที่การเรียนรู้จะลู่เข้าสู่ระนาบหลายมิติที่ให้ค่าผิดพลาดน้อยที่สุด โดยใช้

หลักการเคลื่อนลงตามความชัน (Gradient Descent) กฎเดลต้าจะหาเวกเตอร์น้ำหนักที่ให้ค่าผิดพลาดของตัวอย่างสอนน้อยที่สุด**โดยการหาอนุพันธ์ทางคณิตศาสตร์** ดังนั้นจึงต้องใช้ฟังก์ชันกระตุ้นที่สามารถหาอนุพันธ์ได้ อาทิ ฟังก์ชันเชิงเส้น (Linear Function) หรือฟังก์ชันซิกมอยด์ (Sigmoid Function)

โครงสร้างข่ายงานประสาทเทียมในงานวิจัยนี้มีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. Input Layer เป็นชั้นที่ประกอบไปด้วยข้อมูลที่เป็นปัจจัยสำคัญ (Key Feature) งานวิจัยนี้ใช้ค่าเวลา CDT ของเซลล์ แต่ละเซลล์ที่ปรากฏบนเส้นทางในการทดลอง 1 บัพ (node) เท่ากับ 1 เซลล์ ทั้งนี้จำนวนเซลล์ที่เกิดขึ้นจะเป็นเซลล์ที่เกิดขึ้นบางครั้ง รวมกับเซลล์ที่เกิดขึ้นบ่อยเกือบทุกครั้ง (Sometime Active Cell and Always Active Cell)

2. Hidden Layer เป็นชั้นที่เป็นส่วนสำคัญของข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับ ทำหน้าที่ปรับค่าน้ำหนักผิดพลาดจากตัวอย่าง หรือเรียกว่า การเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียม ในงานวิจัยนี้ใช้จำนวนบัพ (node) ในชั้นซ่อน เท่ากับจำนวนของ input node รวมกับจำนวนของ output node จากนั้นหารสอง หรือ เท่ากับจำนวน input node

3. Output Layer เป็นชั้นที่เป็นผลลัพธ์จากการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียม ในงานวิจัยนี้ใช้ เวลาในการเดินทางที่แท้จริงซึ่งได้จากอุปกรณ์ GPS

ในการสร้างข่ายงานประสาทเทียมที่มีโครงสร้างดังภาพที่ 3.18 ส่วนของ input layer ใช้จำนวนบัพ (node) เท่ากับจำนวนเซลล์ที่เกิดขึ้นบนเส้นทางนั้น ส่วนของ hidden layer ในแต่ละบัพ (node) ใช้ฟังก์ชันกระตุ้นซิกมอยด์ (Sigmoid Transfer Function) แสดงดังสมการที่ 3.1 ซึ่งทำหน้าที่แปลง input layer ให้เป็นแบบไม่เชิงเส้น(Nonlinearity) เพื่อให้สอดคล้องกับคุณสมบัติของข่ายงานประสาทเทียมแบบแพร่กระจายย้อนกลับหลายชั้นที่สร้างพื้นผิวการตัดสินใจแบบไม่เป็นเชิงเส้นดังที่กล่าวถึงข้างต้น จำนวนบัพที่ใช้เท่ากับ จำนวนของ input node รวมกับจำนวนของ output node จากนั้นหารสอง หากผลการสอนข่ายงานประสาทเทียมมีค่าความผิดพลาดสูง จะเลือกใช้จำนวนบัพเท่ากับจำนวน input node ทั้งสองแนวทางอาศัยหลักพิจารณาตรงที่ จำนวนบัพในชั้น hidden layer มาก การเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมจะเรียนรู้ได้ดีกว่าจำนวนบัพน้อย หรือสามารถสร้างระนาบหลายมิติการเรียนรู้ที่ซับซ้อนมากขึ้น แต่จะทำให้ข่ายงานประสาทเทียมมีความซับซ้อนสูงตามไปด้วย และอาจทำให้ใช้เวลาในการเรียนรู้นาน อีกทั้งอาจเกิดปัญหาการเข้ากันเกินไป (Overfitting Problem) (Mitchell, 1997: 108-111) ดังนั้นจึงเลือกจำนวนบัพในชั้น hidden layer ไม่มากหรือไม่น้อยจนเกินไป

$$Y = \frac{1}{1+e^{-x}} \tag{3.1}$$

ส่วนของ output layer ซึ่งในงานวิจัยนี้ก็คือ เวลาในการเดินทางที่ถูกต้อง ประกอบด้วย 1 บัพ (node) ใช้ฟังก์ชันกระตุ้นเชิงเส้น (Linear Transfer Function) แสดงดังสมการที่ 3.2 ซึ่งทำหน้าที่ส่งผ่านผลรวมค่าผลลัพธ์ที่ได้จากแต่ละบัพของ hidden layer ต่อไปยัง output layer โดยไม่เปลี่ยนแปลงค่าของข้อมูล หรือค่า a ตามสมการ 3.2 มีค่าเท่ากับ 1

$$Y = aX \tag{3.2}$$

การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญได้แก่ อัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) ค่าโมเมนตัม (Momentum) และจำนวนรอบที่ต้องการให้ข่ายงานประสาทเทียมเรียนรู้ (Epoch) ซึ่งการเลือกค่าพารามิเตอร์ต่างๆเหล่านี้ให้เหมาะเป็นเรื่องที่ยาก ต้องใช้การลองผิดลองถูก (Trial & Error) ค่า Learning Rate เป็นค่าคงที่ ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราการปรับค่าความผิดพลาดการสอนข่ายงานประสาทเทียมในแต่ละรอบ ค่าที่สูง (ใกล้ค่า 1) ข่ายงานประสาทเทียมจะใช้เวลาในการเรียนรู้เร็ว แต่อาจจะเรียนรู้ได้ผลที่ไม่ดี ค่า Momentum เป็นค่าคงที่มีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1 เป็นค่าที่เป็นตัวคูณของปริมาณค่าความผิดพลาดจากการสอนข่ายงานประสาทเทียมในรอบที่ผ่านมา ซึ่งผลคูณที่ได้จะถูกนำไปเพิ่มให้กับค่าความผิดพลาดจาการสอนข่ายงานประสาทเทียมในรอบปัจจุบัน เป็นการเร่งการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียมอีกทางหนึ่ง ค่า Momentum ที่สูงจะเหมาะสมกับ Learning Rate ที่ต่ำ และพารามิเตอร์สุดท้าย ค่า Epoch ซึ่งค่าที่มากจะทำให้ข่ายงานประสาทเทียมเรียนรู้และปรับค่าความผิดพลาดได้มากขึ้น แต่ใช้เวลาในการเรียนรู้นาน ในงานวิจัยนี้ใช้แนวทางดังนี้

Learning rate เริ่มจากค่า 0.5 แล้วลดค่าลงทีละ 0.1
Momentum เริ่มจากค่า 0.1 แล้วเพิ่มค่าขึ้นทีละ 0.1 ไม่เกิน 0.4
Epochs เริ่มจากค่า 500 แล้วเพิ่มค่าทีละ 500 Epochs

นอกจากนี้ได้เลือกใช้แนวทางประเมินแบบ 10-fold Cross-Validation สำหรับจำนวนข้อมูลที่มีน้อย (Mitchell, 1997:112) โดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 10 ส่วนเท่าๆ กัน ใช้ 9 ส่วนสำหรับสอน อีก 1 ส่วนสำหรับทดสอบ ผลลัพธ์สุดท้ายจะถูกนำมาหาค่าเฉลี่ย

เงื่อนไขการหยุดการสอนข่ายงานประสาทเทียมพิจารณาจากครบจำนวน Epoch หรือค่าความผิดพลาดจากชุดข้อมูลสอนมีค่าต่ำ (ค่าที่ได้จากสมการ 2.5) และผลการประมาณค่าจากตัวอย่างทดสอบมีค่าต่ำ หรือเมื่อผลการประมาณค่าไม่แตกต่างไปจากเดิม

ขั้นตอนที่ 6 เปรียบเทียบ และคำนวณค่าทางสถิติ จากนั้นจึงสรุปผล

บทที่ 4

ผลของการวิจัย

หลังจากเก็บข้อมูลและทำการทดลอง ณ สะพานต่างๆ จำนวน 8 สะพาน แบ่งเป็นสะพานในเขตจังหวัดกรุงเทพมหานคร 4 สะพาน ได้แก่ สะพานกรุงธน สะพานพระปิ่นเกล้า สะพานพระราม 8 และสะพานตากสิน สะพานในเขตจังหวัดนนทบุรี 4 สะพาน ได้แก่ สะพานพระราม 4 สะพานพระราม 5 สะพานพระราม 7 และสะพานพระนั่งเกล้า บทนี้จะคำนวณหาค่าความผิดพลาดแบบต่างๆ และขอบเขตความผิดพลาด จากนั้นจึงแสดงผลการคำนวณในลำดับถัดไป

4.1 ค่าความผิดพลาด และขอบเขตความผิดพลาด

ในการวัดค่าความผิดพลาดของการคำนวณทางวิทยาศาสตร์มีหลายแบบโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพของกระบวนการหรือเทคนิควิธีการ งานวิจัยนี้ใช้การคำนวณค่าความผิดพลาดแบบต่างๆ เพื่อแสดงถึงประสิทธิภาพตลอดจนเปรียบเทียบผลการประมาณค่าของแต่ละเทคนิคในการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง โดยค่าความผิดพลาดแบบต่างๆ 5 แบบ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลรวมของค่าเวลา CDT กับค่าเฉลี่ยของค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริง (% Difference) การหาค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error) ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error) เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยจากความผิดพลาดสัมบูรณ์ (% Absolute Error) และการหาช่วงของความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (Confidence Interval for Mean)

4.1.1 เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลรวมของค่าเวลา CDT กับค่าเฉลี่ยของค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริง (% Difference)

เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ที่แสดงถึง กรณีถ้าไม่ใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม หรือการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นในการประมาณค่าเวลาในการเดินทางในแต่ละสะพาน แต่ใช้เพียงค่าผลรวมของค่าเวลา CDT ของแต่ละเซลล์ที่ครอบคลุมเส้นอ้างอิง ณ จุดเริ่มต้นของสะพานและจุดสิ้นสุดของสะพาน เราจะได้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ที่ระดับใด คำนวณได้จากสมการ 4.1

$$\frac{Mean-sum-CDT-Mean-true-travel-time}{Mean-true-travel-time}\times 100\% \qquad (4.1)$$

4.1.2 ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error, RMSE)

นำมาใช้ในการพิจารณาค่าความผิดพลาดระหว่างค่าเวลาการเดินทางที่แท้จริงกับค่าเวลาการเดินทางที่ได้จากการประมาณโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และค่าความผิดพลาดระหว่างค่าเวลาการเดินทางที่แท้จริงกับค่าเวลาการเดินทางที่ได้จากการประมาณโดยการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.2

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(T_{GPS_i}-T_{Estimation_i})^2}{N}} \qquad (4.2)$$

โดยที่

$T_{GPS_i}-T_{Estimation_i}$ คือ ค่าความผิดพลาดจากผลต่างของค่าเวลาเดินทางที่แท้จริง กับค่าที่ได้จากการประมาณโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

T_{GPS_i} คือ ค่าเวลาเดินทางที่แท้จริงที่ได้จากข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS

$T_{Estimation_i}$ คือ ค่าเวลาที่ได้จากการประมาณโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

N คือ จำนวนข้อมูล หรือจำนวนตัวอย่าง

4.1.3 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error)

ค่าเฉลี่ยของผลรวมของค่าสัมบูรณ์ของค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในแต่ละคู่ข้อมูล เป็นการหาค่าความผิดพลาดโดยไม่พิจารณาว่าค่าเวลาจากการประมาณค่าจากเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมและการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น มีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากค่าเวลาการเดินทางที่แท้จริงจากอุปกรณ์ GPS สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4.3

$$\overline{E}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(\left|T_{GPS_i}-T_{Estimation_i}\right|)}{N} \qquad (4.3)$$

4.1.4 **เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์** (% Absolute Error)

ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยจากค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ เป็นค่าความผิดพลาดที่มักจะมีค่าสูงกว่าค่าความผิดพลาดโดยเฉลี่ย เพราะไม่คิดเครื่องหมายบวกและลบไปกับปริมาณความผิดพลาด สามารถคำนวณจากสมการ 4.4 ดังนี้

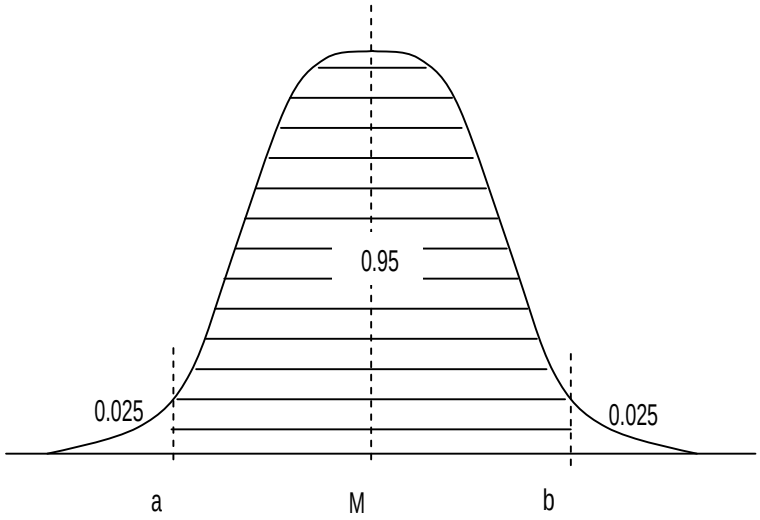
$$\%-absolute-error=\frac{\sum_{i=1}^{N}(\left|T_{GPS_i}-T_{Estimation_i}\right|)}{\sum_{i=1}^{N}T_{GPS_i}} \qquad (4.4)$$

4.1.5 **ช่วงของความเชื่อมั่น** (Confidence Interval for Mean)

ช่วงของความเชื่อมั่น เป็นการพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่าความผิดพลาด และขอบเขตของค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ช่วงของความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ a หมายถึงเราสามารถคำนวณค่าขอบจำนวน 2 ค่า ได้แก่ค่าขอบล่าง “a” (Lower Number) และ ค่าขอบบน “b” (Upper Number) ซึ่งเป็นขอบเขตที่สามารถมั่นใจได้ (1-a)100% ว่าค่าเฉลี่ยของประชากร (Mean of Population ; M) จะอยู่ในขอบเขตดังกล่าว หรือ $a < M < b$ ตัวอย่างเช่น ช่วงของความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ (1-0.05)x100% = 95% เราสามารถคำนวณค่า a และ b ได้ และมั่นใจได้ 95% ที่ค่าเฉลี่ยของประชากร จะอยู่ในช่วงระหว่าง a และ b หรือถ้าพูดในเชิงของความน่าจะเป็น เราสามารถหาค่า a และ b โดยค่าความน่าจะเป็นที่ค่าเฉลี่ยของประชากรมีค่าอยู่ระหว่าง a และ b เท่ากับ 0.95 แสดงดังภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1

แสดงค่าขอบบน และค่าขอบล่าง ในการหาช่วงของความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



การหาช่วงของความเชื่อมั่น สามารถประมาณค่าโดยใช้ค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง (Mean of Sample ; M_S) แสดงดังสมการที่ 4.5 ดังนี้

$$M_S - t \cdot (\frac{S_S}{\sqrt{N}}) \leq M \leq M_S + t \cdot (\frac{S_S}{\sqrt{N}}) \qquad (4.5)$$

โดยที่

M	หมายถึงค่าเฉลี่ยของประชากร
M_S	หมายถึงค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง
S_S	หมายถึงส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่าง
N	หมายถึงจำนวนตัวอย่าง
t	หมายถึงค่าสถิติ t โดยพิจารณาจากระดับองศาความอิสระ (Degree of Freedom) ซึ่งเท่ากับ *N-1* และระดับนัยสำคัญ a

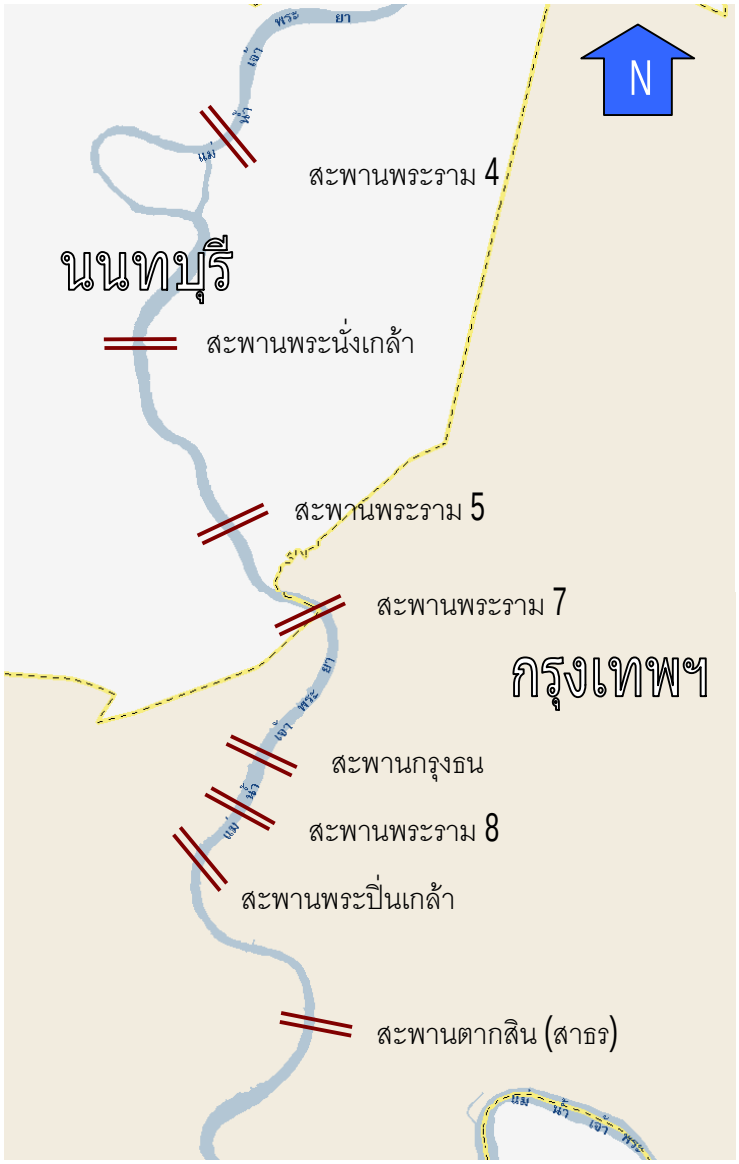
เพื่อให้เป็นที่เข้าใจตรงกัน เกี่ยวกับการอ้างถึงทิศทางในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ กำหนดให้เมื่อยืนอยู่บนสะพาน และหันหน้าไปทางทิศเหนือ พื้นที่ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาเรียกแทนด้วย “พื้นที่ฝั่งขวา” พื้นที่ฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยาเรียกแทนด้วย “พื้นที่ฝั่งซ้าย” แสดงดัง

ภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.3 จะเห็นภาพรวมของตำแหน่งของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 8 สะพานในการทำวิจัยนี้

ภาพที่ 4.2

แสดงการอ้างอิงการกำหนดทิศทางในการเคลื่อนที่ของยานพาหนะ

ภาพที่ 4.3
แสดงตำแหน่งของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 8 สะพาน



จากสมการ 4.1 4.2 4.3 4.4 และ 4.5 สามารถคำนวณค่าความผิดพลาดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1

เปรียบเทียบผลการประมาณค่าเวลาการเดินทางของสะพานในเขตกรุงเทพมหานครและนนทบุรีจากฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน โดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

สะพาน	จำนวนเซลล์	(a) mean true travel time (secs.)	(b) mean sum CDT (secs.)	(c) % difference [(b)-(a)]/(a) *100%	ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา-ฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา					
					NN			LR		
					(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
					RMSE (secs.)	% absolute error	mean absolute error + C.I. at 95% (secs.)	RMSE (secs.)	% absolute error	mean absolute error + C.I. at 95% (secs.)
กรุงธน	6	57.75	93.78	62%	5.50	7.59%	4.39±0.70	8.75	12.33%	7.12±1.07
พระปิ่นเกล้า	10	76.33	189.16	148%	9.25	7.64%	5.83±1.66	34.27	33.37%	25.47±5.31
พระราม 8	13	85.44	124.81	46%	4.01	3.45%	2.95±0.68	6.78	5.86%	5.01±1.02
ตากสิน	12	92.38	245.95	166%	4.67	4.17%	3.85±0.59	8.05	7.13%	6.58±1.04
พระราม 4	9	99.11	136.76	38%	3.22	2.56%	2.54±0.44	4.81	3.85%	3.82±0.65
พระราม 5	11	79.00	105.75	34%	8.61	7.39%	5.84±1.42	11.08	10.23%	8.08±1.69
พระนั่งเกล้า	11	158.31	237.07	50%	11.41	5.69%	9.00±1.54	37.72	19.77%	31.30±4.63
พระราม 7	9	62.47	101.45	62%	4.60	5.67%	3.54±0.67	5.25	6.74%	4.21±0.72

หมายเหตุ คอลัมน์ “จำนวนเซลล์” หมายถึงจำนวนเซลล์ของเซลล์ที่เกิดขึ้นบางครั้ง (sometime active) รวมกับเซลล์ที่เกิดขึ้นบ่อยเกือบทุกครั้ง (always active)

ตารางที่ 4.2

เปรียบเทียบผลการประมาณค่าเวลาการเดินทางของสะพานในเขตกรุงเทพมหานครและนนทบุรีจากฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน โดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

สะพาน	จำนวนเซลล์	(a) mean true travel time (secs.)	(b) mean sum CDT (secs.)	(c) % difference [(b)-(a)]/(a) *100%	ฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา-ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา					
					NN			LR		
					(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
					RMSE (secs.)	% absolute error	mean absolute error + C.I. at 95% (secs.)	RMSE (secs.)	% absolute error	mean absolute error + C.I. at 95% (secs.)
กรุงธน	11	95.89	129.74	35%	8.65	6.58%	6.31±1.29	22.35	16.68%	16.00±3.41
พระปิ่นเกล้า	8	79.69	141.30	77%	10.42	8.40%	6.45±1.96	30.93	34.40%	26.41±3.87
พระราม 8	12	246.31	289.54	18%	10.81	3.03%	7.46±1.75	45.24	9.67%	23.81±8.62
ตากสิน	14	95.82	125.75	31%	16.79	9.38%	8.98±3.87	19.59	12.45%	11.93±4.23
พระราม 4	7	97.90	146.50	50%	3.59	3.02%	2.96±0.46	4.12	3.80%	3.72±0.39
พระราม 5	6	81.06	155.31	92%	8.28	5.97%	4.84±1.51	7.49	7.23%	5.86±1.05
พระนั่งเกล้า	9	168.04	204.51	22%	14.88	5.91%	9.94±2.51	23.09	8.48%	14.25±4.12
พระราม 7	7	65.84	98.20	49%	6.64	7.52%	4.95±1.02	8.73	9.36%	6.16±4.13

หมายเหตุ คอลัมน์ “จำนวนเซลล์” หมายถึงจำนวนเซลล์ของเซลล์ที่เกิดขึ้นบางครั้ง (sometime active) รวมกับเซลล์ที่เกิดขึ้นบ่อยเกือบทุกครั้ง (always active)

จากผลการคำนวณค่าความผิดพลาดและขอบเขตค่าความผิดพลาดแบบต่างๆ ที่ได้ในตารางที่ 4.1 และ4.2 เมื่อพิจารณาคอลัมน์ (c) หรือเรียกว่า “เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลรวมของค่าเวลา CDT กับค่าเฉลี่ยของค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริง” ซึ่งตรงจุดนี้หมายถึง หากเราไม่ใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม หรือการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นในการประมาณค่าเวลาในการเดินทางในแต่ละสะพาน แต่เราใช้เพียงค่าผลรวมของค่าเวลา CDT ของแต่ละเซลล์ที่ครอบคลุมเส้นอ้างอิง ณ จุดเริ่มต้นของสะพาน และจุดสิ้นสุดของสะพาน เราจะได้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (ความผิดพลาด) อยู่ที่ระดับใด

สำหรับทิศทางฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาไปฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (% difference) ของทั้ง 8 สะพาน อยู่ระหว่าง 34 % - 166% เมื่อเราใช้แนวทางเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม ผลการประมาณค่าให้ค่าความผิดพลาดปรากฏดังคอลัมน์ NN (2) หรือ % Absolute Error อยู่ระหว่าง 2%-7% และคอลัมน์ LR (2) หรือ % Absolute Error ของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอยู่ระหว่าง 3% - 33% **แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียมหรือการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นในการประมาณค่าเวลาในการเดินทางให้ค่าความผิดพลาดลดลง**

สำหรับทิศทางฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยาไปฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง (% difference) ของทั้ง 8 สะพาน อยู่ระหว่าง 18 % - 92% เมื่อเราใช้แนวทางเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม ผลการประมาณค่าให้ค่าความผิดพลาด ปรากฏดังคอลัมน์ NN (2) หรือ % Absolute Error อยู่ระหว่าง 3%-9% และคอลัมน์ LR (2) หรือ % Absolute Error ของการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอยู่ระหว่าง 3% - 34% **แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียมหรือการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นในการประมาณค่าเวลาในการเดินทางให้ค่าความผิดพลาดลดลง**

สำหรับเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ปรับปรุงขึ้น (% Improvement) ของทั้ง 2 ทิศทาง เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง % Absolute Error กับ % Difference ในแต่ละสะพาน ผู้วิจัยได้คำนวณเพิ่มขึ้นเพื่อแสดงให้เห็นว่าเมื่อใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม หรือการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นประมาณค่าเวลาในการเดินทาง เปอร์เซ็นต์ผิดพลาดมีการปรับปรุงเพิ่มขึ้นเท่าใดเมื่อเทียบกับกรณีไม่ใช้เทคนิคใดเลย สามารถคำนวณได้ตามสมการ 4.7 ผลการคำนวณแสดงดังตารางที่ 4.3

$$\frac{(\%_error_before - \%_error_after)}{\%_error_before} \times 100\% \qquad (4.7)$$

โดยที่

%_error_before หมายถึงเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลรวมของค่าเวลา CDT กับค่าเฉลี่ยของค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริง (% Difference)

%_error_after หมายถึงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดสัมบูรณ์จากการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง โดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

ตารางที่ 4.3

แสดง % ความผิดพลาดที่ปรับปรุงขึ้นเมื่อใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น สำหรับสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน

สะพาน	ทิศทาง 1		ทิศทาง 2	
	% improvement		% improvement	
	NN	LR	NN	LR
กรุงธน	87.83%	80.24%	81.36%	52.75%
พระปิ่นเกล้า	94.83%	77.43%	89.13%	55.51%
พระราม 8	92.51%	87.28%	82.74%	44.90%
ตากสิน	97.49%	95.71%	69.97%	60.14%
พระราม 4	93.26%	89.87%	93.92%	92.35%
พระราม 5	78.18%	69.79%	93.48%	92.11%
พระนั่งเกล้า	88.56%	60.26%	72.77%	60.93%
พระราม 7	90.91%	89.20%	84.70%	80.96%

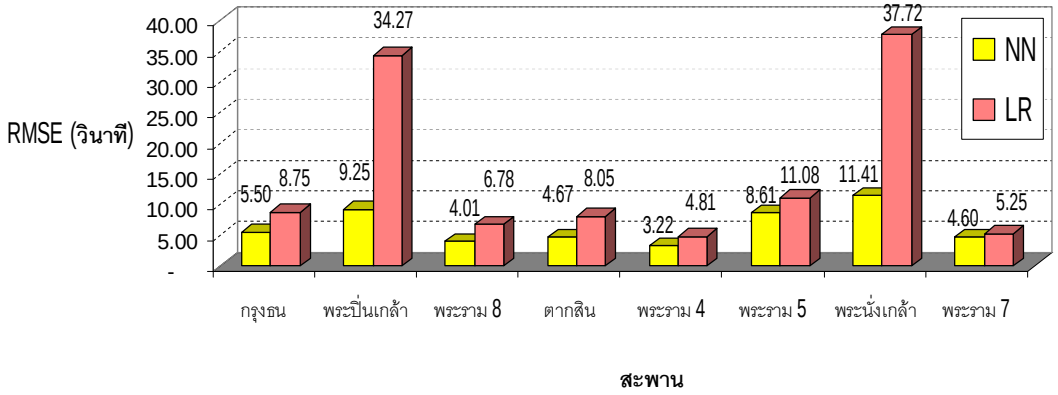
หมายเหตุ ทิศทาง 1 หมายถึงทิศทางฝั่งขวาไปฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา
ทิศทาง 2 หมายถึงทิศทางฝั่งซ้ายไปฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา

จากตาราง 4.3 แสดงให้เห็นว่าการประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม สามารถปรับปรุงค่าความผิดพลาดลดลงได้ ระหว่าง 72%-97% และการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น อยู่ระหว่าง 44% - 95% แสดงว่าเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมและการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นสามารถประมาณค่าเวลาในการเดินทางได้ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพดีกว่ากรณีที่ไม่ใช้เทคนิคใดช่วย

เมื่อพิจารณาค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของแนวทางเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 3-14 วินาที และแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 4-45 วินาที พบว่าเมื่อเปรียบเทียบแยกแต่ละสะพาน ค่า RMSE จากแนวทางเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมมีค่าต่ำกว่าค่า RMSE จากแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นในทุกสะพาน และทั้ง 2 ทิศทาง แสดงดังภาพที่ 4.4 และ 4.5

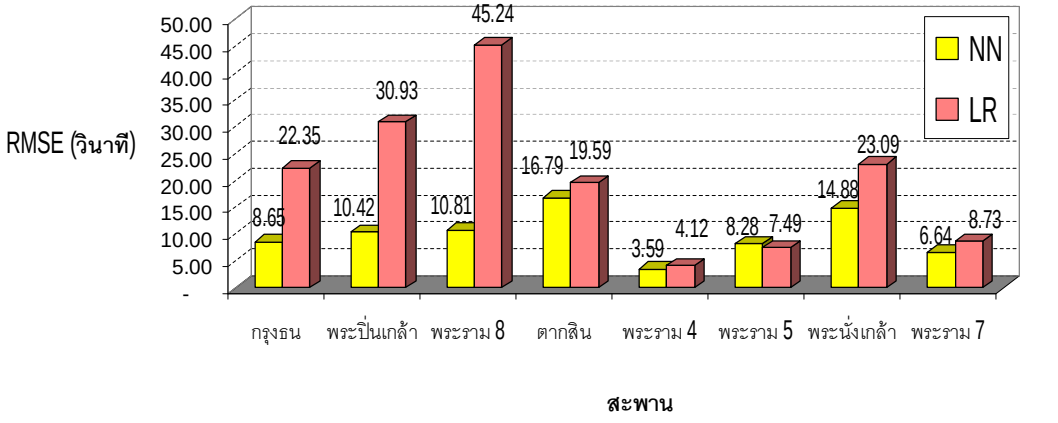
ภาพที่ 4.4

แสดงค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของการประมาณค่าเวลาการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เส้นทางฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา



ภาพที่ 4.5

แสดงค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ของการประมาณค่าเวลาการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เส้นทางฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา

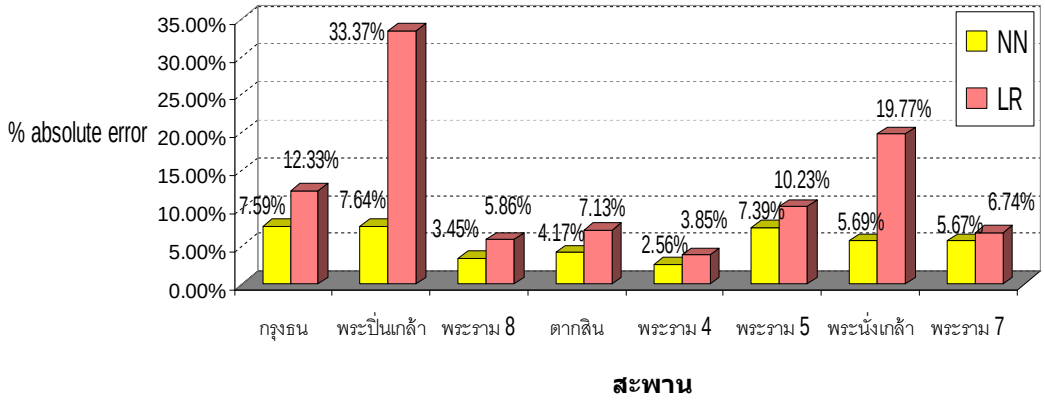


เมื่อพิจาณาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error) ของแนวทางเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2-9 วินาที และแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 3-31 วินาที พบว่าเมื่อเปรียบเทียบแยกแต่ละสะพาน ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์จากแนวทางเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์จากแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นในทุกสะพาน และทั้ง 2 ทิศทาง

เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (% Absolute Error) ของแนวทางเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2%-9% (ทั้ง 2 ทิศทาง) และแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 3%-34% (ทั้ง 2 ทิศทาง) พบว่าเมื่อเปรียบเทียบแยกแต่ละสะพาน เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์จากแนวทางเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมมีค่าต่ำกว่าจากแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นในทุกสะพาน และทั้ง 2 ทิศทาง แสดงดังภาพที่ 4.6 และ 4.7

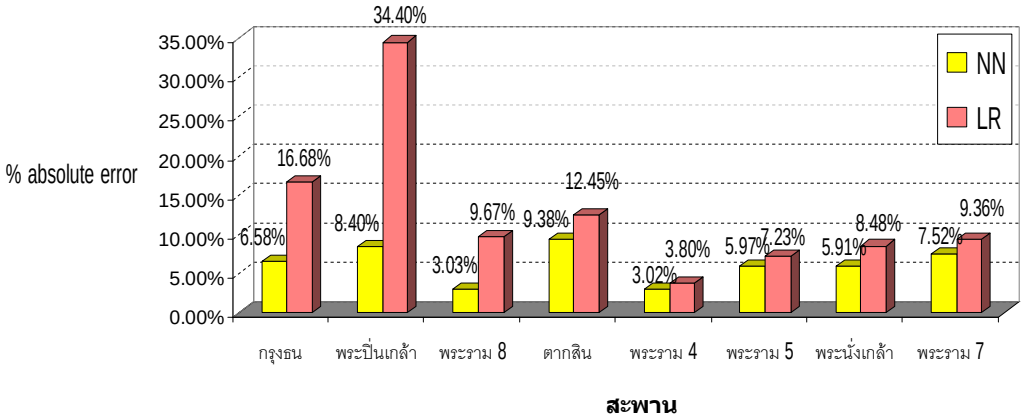
ภาพที่ 4.6

แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์ของการประมาณค่าเวลาการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เส้นทางฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา



ภาพที่ 4.7

แสดงเปอร์เซ็นต์ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์ของการประมาณค่าเวลาการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา เส้นทางฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา



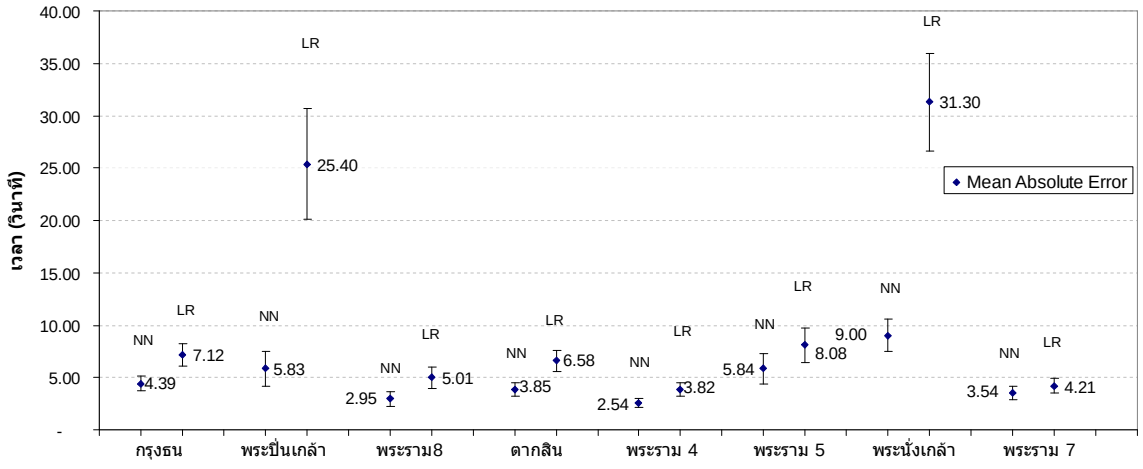
ถึงแม้ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error) และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (% Absolute Error) จากเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมจะมีค่าน้อยกว่าดังแสดงให้เห็นข้างต้น ภาพที่ 4.4 – 4.7 แต่เมื่อพิจารณาช่วงของความเชื่อมั่น (Confidence Intervals of Mean) ของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ 95% ของแนวทางเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น พบว่าเมื่อเปรียบเทียบแยกแต่ละสะพาน ช่วงของความเชื่อมั่นจากแนวทางเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม มีส่วน**ซ้อนทับ**กับช่วงของความเชื่อมั่นจากแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น อาทิ ในทิศทางจากฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาไปฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา ภาพที่ 4.8 สะพานพระราม 5 และสะพานพระราม 7 มีช่วงของความเชื่อมั่นซ้อนทับกันในทิศทางจากฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยาไปฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา ภาพที่ 4.9 สะพานตากสิน สะพานพระราม 4 สะพานพระราม 5 สะพานพระนั่งเกล้า และสะพานพระราม 7 มีช่วงของความเชื่อมั่นซ้อนทับกัน สำหรับสะพานพระนั่งเกล้า ถึงแม้ว่าช่วงของความเชื่อมั่นจากแนวทางข่ายงานประสาทเทียมจะซ้อนทับกันกับของแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น แต่ค่าขอบบน (Upper Limit) ของค่าความผิดพลาด จากแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นยังคงสูงกว่าค่าขอบบนจากแนวทางเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม

การมีส่วนซ้อนทับกันของช่วงของความเชื่อมั่นจากทั้ง 2 แนวทาง ทำให้ไม่ทราบแน่ชัดว่าค่าความผิดพลาดจากแนวทางใดต่ำกว่ากัน ถึงแม้ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean

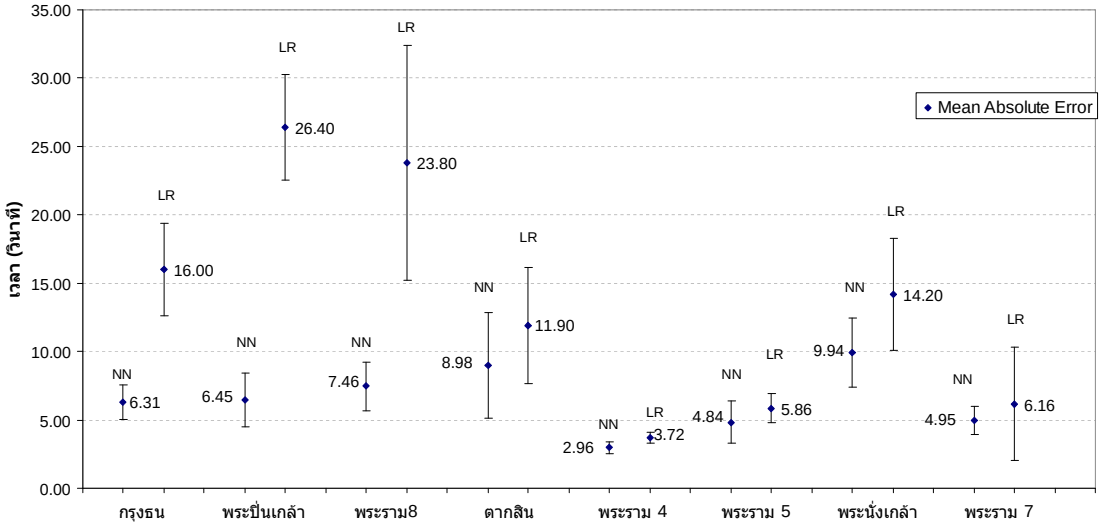
Absolute Error) จากแนวทางข่ายงานประสาทเทียมจะต่ำกว่าก็ตาม ดังนั้นจึงยังไม่สามารถกล่าวได้ว่าการประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมมีความถูกต้องมากกว่าในทุกกรณี

ภาพที่ 4.8

แสดงช่วงของความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของ Mean Absolute Error โดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมและการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน ทิศทางจากฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา



ภาพที่ 4.9
แสดงช่วงของความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ของ Mean Absolute Error โดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมและการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ของสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน ทิศทางจากฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา



4.2 การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐานวิจัยจะพิจารณาจากค่าความผิดพลาดแบบต่างๆที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามจริง ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของผลรวมของค่าเวลา CDT กับค่าเฉลี่ยของค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริง (% Difference) ค่าความผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error) เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ (% Absolute Error) และช่วงของความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ 95% ของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์ แสดงดังต่อไปนี้

4.2.1 ผลการทดสอบสมมติฐานวิจัยข้อที่ 1

สมมติฐานแรกกล่าวถึง “ข้อมูลเวลาประจำเสา (CDT) จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถใช้ในการประมาณค่าเวลาในการเดินทางได้ (Travel Time)”

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลแสดงดังตาราง 4.3 ในหัวข้อที่ผ่านมาที่แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ถูกปรับปรุงขึ้น (% Improvement) จะเห็นว่าการประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยแนวทางข่ายงานประสาทเทียม หรือแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ในทุกสะพานและทั้ง 2 ทิศทาง ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ถูกปรับปรุงขึ้นอยู่ในเกณฑ์ที่สูง คืออยู่ระหว่าง 72%-97% สำหรับเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม และอยู่ระหว่าง 44%-95% สำหรับการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ได้ใช้เทคนิคใดเลย (ใช้เพียงแค่ผลรวมของเวลา CDT ในช่วงของเซลล์ที่สนใจ) ซึ่งสามารถพิจารณาได้ว่า “อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้” สิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลเวลา CDT ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากเครือข่ายระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถนำมาใช้ในการประมาณเวลาในการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาได้ ทั้งนี้หากพิจารณาช่วงของความเชื่อมั่นที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หรือ 95% ในแต่ละสะพาน ทั้ง 2 ทิศทาง ช่วงของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดสัมบูรณ์อยู่ในช่วงระหว่าง 1 – 12 วินาที สำหรับเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม จึงทำให้มั่นใจได้ว่าสมมติฐานข้อที่ 1 เป็นจริง

4.2.2 ผลการทดสอบสมมติฐานวิจัยข้อที่ 2

สมมติฐานข้อที่ 2 กล่าวไว้ว่า “แนวทางที่ใช้ข่ายงานประสาทเทียมในการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง มีความถูกต้องมากกว่าแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น”

จากผลการคำนวณค่าช่วงของความเชื่อมั่นของแต่ละเทคนิคการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง ปรากฏดังภาพที่ 4.8 – 4.9 การมีส่วนซ้อนทับกันของช่วงของความเชื่อมั่นจากทั้ง 2 แนวทาง ทำให้ไม่ทราบแน่ชัดว่าค่าความผิดพลาดจากแนวทางใดต่ำกว่ากัน ถึงแม้ค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Mean Absolute Error) จากแนวทางข่ายงานประสาทเทียมจะต่ำกว่าก็ตาม ดังนั้นจึงยังไม่สามารถกล่าวได้ว่าการประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมมีความถูกต้องมากกว่าในทุกกรณี ดังนั้นจึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่าสมมติฐานที่ 2 เป็นจริงทุกกรณี หรือยังไม่สามารถสรุปได้ว่า แนวทางที่ใช้ข่ายงานประสาทเทียมในการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง มีความถูกต้องมากกว่าแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นทุกกรณี

ผู้วิจัยตั้งข้อสังเกตว่า บางสะพานให้ผลการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจากเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมดีกว่าค่อนข้างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น อาทิ ทิศทางจากฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาไปฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา ภาพที่ 4.8 สะพานพระปิ่นเกล้า และสะพานพระนั่งเกล้า แนวทางข่ายงานประสาทเทียมให้ผลการ

ประมาณค่าดีกว่า สำหรับทิศทางจากฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยาไปฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา ภาพที่ 4.9 สะพานกรุงธน สะพานปิ่นเกล้า และสะพานพระราม 8 แนวทางข่ายงานประสาทเทียมให้ผลการประมาณค่าดีกว่า ผู้วิจัยได้ทบทวนถึงสาเหตุ หรือปัจจัยที่น่าจะมีผลต่อการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง และพบว่าสภาพการจราจรในช่วงเวลาที่เก็บข้อมูลของแต่ละสะพานน่าจะมีผลต่อการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลในหลายช่วงเวลา ประกอบด้วย ช่วงเวลาที่มีสภาพการจราจรหนาแน่น ยานพาหนะเคลื่อนที่ได้ช้า และสภาพการจราจรเบาบาง ยานพาหนะเคลื่อนที่ได้คล่องตัว นอกจากนี้สะพานเดียวกัน ทิศทางหนึ่งยานพาหนะเคลื่อนที่ได้คล่องตัว แต่ในทิศทางกลับกัน ยานพาหนะกลับเคลื่อนที่ได้ช้า ผู้วิจัยได้คำนวณหาระยะทาง และความเร็วเฉลี่ยของทุกรอบ ทั้ง 2 ทิศทาง ตลอดจนความเร็วเฉลี่ยของรอบที่มีความเร็วเฉลี่ยต่ำสุด และของรอบที่มีความเร็วเฉลี่ยสูงสุด ในการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาทั้ง 8 สะพาน โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ GPS และค่าเวลาในการเดินทางที่แท้จริงในแต่ละรอบ แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4

แสดงค่าระยะทาง และความเร็วเฉลี่ยของการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน

สะพาน	ระยะทางเฉลี่ย (กม.)	ทิศทาง 1			ทิศทาง 2		
		ความเร็วเฉลี่ยของรอบที่ต่ำสุด (กม./ชม.)	ความเร็วเฉลี่ยของทุกรอบ (กม.ชม.)	ความเร็วเฉลี่ยของรอบที่สูงสุด (กม./ชม.)	ความเร็วเฉลี่ยของรอบที่ต่ำสุด (กม./ชม.)	ความเร็วเฉลี่ยของทุกรอบ (กม.ชม.)	ความเร็วเฉลี่ยของรอบที่สูงสุด (กม./ชม.)
กรุงธน	0.77	34.53	50.24	62.09	9.78	38.52	57.82
พระปิ่นเกล้า	0.82	18.49	48.61	76.52	10.88	48.15	90.80
พระราม 8	1.55	44.85	66.04	78.79	8.86	47.63	83.30
ตากสิน	1.71	59.08	68.78	78.93	34.82	67.45	79.06
พระราม 4	2.40	79.32	87.35	94.02	82.52	88.31	93.94
พระราม 5	1.79	57.50	83.39	97.57	41.64	82.43	92.25
พระนั่งเกล้า	1.69	23.49	41.25	60.48	19.48	38.34	58.71
พระราม 7	1.28	62.80	75.40	94.41	51.85	72.73	88.96

หมายเหตุ ทิศทาง 1 หมายถึง ทิศทางจากฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายแม่น้ำเจ้าพระยา

ทิศทาง 2 หมายถึง ทิศทางจากฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาแม่น้ำเจ้าพระยา

ธีรวัฒน์ หรรษาพลังกุล และคณะ, 2550 แบ่งระดับความเร็วเฉลี่ยที่บ่งบอกสภาพการจราจรดังนี้ สภาพถนนโล่ง ระดับความเร็วของยานพาหนะอยู่ระหว่าง 60 – 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Green Survey) และสภาพรถติดขัด ระดับความเร็วของยานพาหนะอยู่ระหว่าง 20 – 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (Red Survey) ผู้วิจัยได้ยึดตามแนวทางดังกล่าวข้างต้นในการจำแนกสภาพการจราจร โดยระดับความเร็วของยานพาหนะต่ำกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถือว่ามีสภาพการจราจรติดขัด และระดับความเร็วของยานพาหนะมากกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงขึ้นไป ถือว่ามีสภาพการจราจรคล่องตัว จากตารางที่ 4.4 ทำให้เราทราบว่า สะพานกรุงธน สะพานพระปิ่นเกล้า สะพานพระนั่งเกล้า มีสภาพการจราจรติดขัดโดยเฉลี่ย ทั้ง 2 ทิศทาง (ความเร็วโดยเฉลี่ยทุกรอบต่ำกว่าหรือใกล้เคียง 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) สะพานพระราม 8 มีสภาพการจราจรติดขัดโดยเฉลี่ยในทิศทาง 2 (ความเร็วโดยเฉลี่ยทุกรอบต่ำกว่าหรือใกล้เคียง 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) นอกนั้นแต่ละสะพานมีสภาพการจราจรคล่องตัว (ความเร็วโดยเฉลี่ยทุกรอบมากกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

จากข้อมูลสภาพการจราจรข้างต้น หากพิจารณาค่าผิดพลาดกำลังสองเฉลี่ย และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดเฉลี่ยจากความผิดพลาดสัมบูรณ์ประกอบกัน จะพบความสอดคล้องกันตรงที่ เมื่อสภาพการจราจรติดขัดการประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นจะให้ผลการประมาณค่ามีความผิดพลาดสูง อาทิ สะพานกรุงธน สะพานพระปิ่นเกล้า และสะพานพระนั่งเกล้า ทั้ง 2 ทิศทาง และสะพานพระราม 8 ในทิศทางจากฝั่งซ้ายไปฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา มีค่าความผิดพลาดสูงขึ้น แสดงดังตารางที่ 4.5 ส่วนที่แรเงา ภาพที่ 4.10 และ 4.11

นอกจากนี้ สิ่งที่พบเพิ่มเติมเมื่อสภาพการจราจรคล่องตัว พบว่าการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจากเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม ให้ผลการประมาณค่ามีความผิดพลาดต่ำเช่นเดียวกับเมื่อสภาพการจราจรติดขัด ในขณะที่แนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ให้ผลการประมาณค่าไม่สม่ำเสมอ บางครั้งมีค่าความผิดพลาดสูง อาทิ ทิศทางจากฝั่งขวาไปฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา สะพานพระราม 5 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์มากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ และทิศทางจากฝั่งซ้ายไปฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา สะพานตากสิน มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์มากกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ และสะพานพระราม 7 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์มากกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าสภาพการจราจรจะคล่องตัวก็ตาม และบางครั้งก็มีค่าความผิดพลาดต่ำ อาทิ ทิศทางจากฝั่งขวาไปฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา สะพานพระราม 8 สะพานตากสิน สะพานพระราม 4 และสะพานพระราม 7 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์

น้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ และทิศทางจากฝั่งซ้ายไปฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา สะพานพระราม 4 และสะพานพระราม 5 มีเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์น้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.5

แสดงค่าความผิดพลาด RMSE และ % Absolute Error ทั้ง 2 ทิศทาง ของแต่ละสะพาน

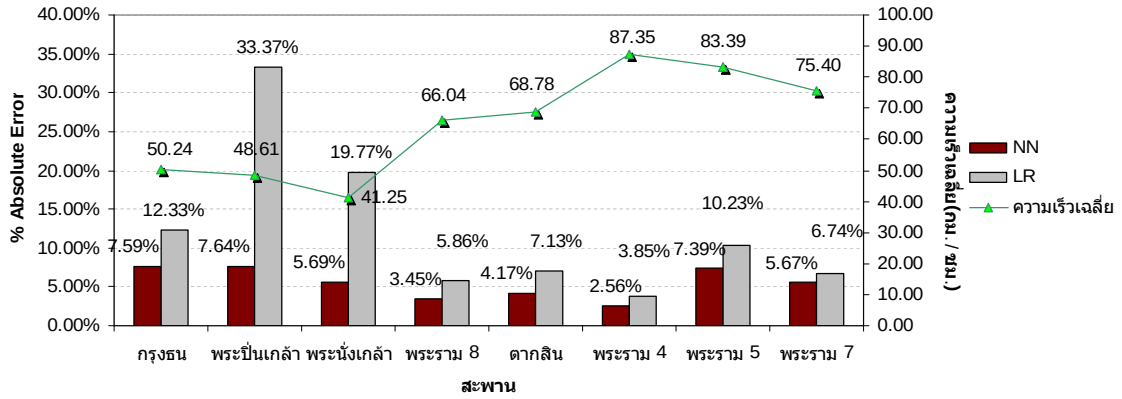
สะพาน	ค่าความผิดพลาดทิศทาง 1		ค่าความผิดพลาดทิศทาง 2	
	NN	LR	NN	LR
	(RMSE / % abs. error)	(RMSE / % abs. error)	(RMSE / % abs. error)	(RMSE / % abs. error)
กรุงธน	5.5, 7.59%	8.75, 12.33%	8.65, 6.58%	22.35, 16.68%
พระปิ่นเกล้า	9.25, 7.64%	34.27, 33.37%	10.42, 8.4%	30.93, 34.4%
พระราม 8	4.01, 3.45%	6.78, 5.86%	10.81, 3.03%	45.24, 9.67%
ตากสิน	4.67, 4.17%	8.05, 7.13%	16.79, 9.38%	19.59, 12.45%
พระราม 4	3.22, 2.56%	4.81, 3.85%	3.59, 3.02%	4.12, 3.8%
พระราม 5	8.61, 7.39%	11.08, 10.23%	8.28, 5.97%	7.49, 7.23%
พระนั่งเกล้า	11.41, 5.69%	37.72, 19.77%	14.88, 5.91%	23.09, 8.48%
พระราม 7	4.6, 5.67%	5.25, 6.74%	6.64, 7.52%	8.73, 9.36%

หมายเหตุ ทิศทาง 1 หมายถึง ทิศทางจากฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายแม่น้ำเจ้าพระยา

ทิศทาง 2 หมายถึง ทิศทางจากฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาแม่น้ำเจ้าพระยา

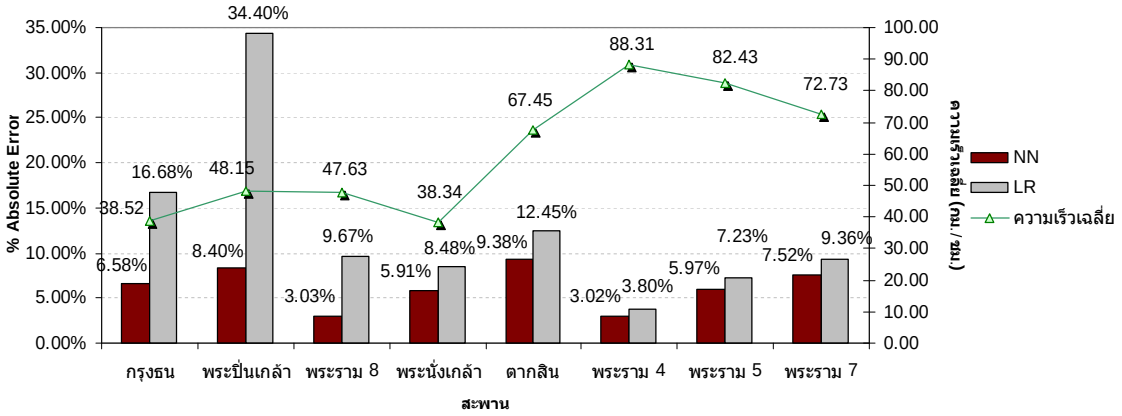
ภาพที่ 4.10

แสดงระดับความเร็วโดยเฉลี่ยกับ % ความผิดพลาดจากการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจาก 2 แนวทาง ทิศทางจากฝั่งขวา-ฝั่งซ้ายแม่น้ำเจ้าพระยา



ภาพที่ 4.11

แสดงระดับความเร็วโดยเฉลี่ยกับ % ความผิดพลาดจากการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจาก 2 แนวทาง ทิศทางจากฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาแม่น้ำเจ้าพระยา



และจากตารางที่ 4.4 สามารถสรุปภาพรวมสภาพการจราจรกับระดับของความผิดพลาดของการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจากทั้ง 2 เทคนิค แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.6

แสดงค่าระยะทาง และความเร็วเฉลี่ยของการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา 8 สะพาน

ระดับความติดขัด	NN		LR	
	RMSE	% absolute error	RMSE	% absolute error
ติดขัด	5-14	3%-8%	8-45	8%-34%
คล่องตัว	3-16	2%-9%	4-19	3%-12%

หมายเหตุ

ติดขัด หมายถึง ยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยน้อยกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

คล่องตัว หมายถึง ยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเฉลี่ยมากกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

จากผลการวิเคราะห์ถึงสภาพการจราจรที่มีผลต่อการประมาณค่าเวลาในการเดินทางของทั้ง 2 เทคนิคที่กล่าวมาแล้วนั้น สามารถสรุปได้ว่าสภาพการจราจรที่ติดขัด จะส่งผลต่อการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น โดยทำให้มีค่าความผิดพลาดสูงขึ้น ในทางตรงกันข้าม ระดับของสภาพการจราจรส่งผลกระทบน้อย หรือไม่มี

ผลกระทบต่อการประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม ทำให้ผลของการประมาณค่าให้ความผิดพลาดต่ำ

ท้ายที่สุดอาจจะสามารถสรุปได้ว่า สมมติฐานข้อที่ 2 เป็นจริง โดยการพิจารณาถึงสภาพการจราจรประกอบไปด้วยดังนี้ สภาพการจราจรติดขัด การประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมจะดีกว่าการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น ส่วนสภาพจราจรคล่องตัว การประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมให้ผลการประมาณค่ามีความถูกต้องไม่แตกต่างกัน หรือดีกว่าเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

งานวิจัยนี้นำเสนอแนวทางการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่เพื่อประมาณค่าเวลาในการเดินทาง และต้องการทดสอบสมติฐาน 2 ข้อ ได้แก่ ข้อมูลเวลาประจำเสา (CDT) จากโทรศัพท์เคลื่อนที่ สามารถใช้ในการประมาณค่าเวลาในการเดินทางได้ (Travel Time) และ "แนวทางที่ใช้ข่ายงานประสาทเทียมในการประมาณค่าเวลาในการเดินทาง มีความถูกต้องมากกว่าแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น" ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้จากบทที่แล้ว สามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการทดสอบสมมติฐาน

หัวข้อย่อยต่อไปนี้จะวิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบสมมติฐานจำนวน 2 ข้อ ที่ได้ผลลัพธ์ และผลการทดสอบสมมติฐานจากบทที่ 4 ดังนี้

5.1.1 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานวิจัยข้อที่ 1

จากผลการวิเคราะห์ในบทที่ 4 สามารถสรุปได้ว่า การประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม พบว่าการประมาณค่าเวลาการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาของทุกสะพาน ได้แก่ สะพานกรุงธน สะพานพระปิ่นเกล้า สะพานพระราม 8 สะพานตากสิน สะพานพระราม 4 สะพานพระราม 5 สะพานพระราม 7 และสะพานพระนั่งเกล้า ในทั้ง 2 ทิศทาง ได้แก่ ทิศทางจากฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยาไปฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยา และทิศทางจากฝั่งซ้ายของแม่น้ำเจ้าพระยาไปฝั่งขวาของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียมสามารถประมาณค่าได้ใกล้เคียงค่าเวลาเดินทางที่แท้จริง ซึ่งได้จากการเก็บข้อมูลตำแหน่งจากอุปกรณ์ GPS หรือสามารถที่จะพูดได้ว่า ข้อมูลจากโทรศัพท์เคลื่อนที่สามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าเวลาในการเดินทางข้ามสะพานข้ามแม่น้ำเจ้าพระยา โดยใช้เทคนิคข่ายงานประสาทเทียมได้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เหตุผลก็เพราะว่าข่ายงานประสาทเทียมสามารถเรียนรู้ถึงปริมาณเวลาประจำเสาสัญญาณ หรือค่า CDT ของแต่ละเซลล์ที่เกิดขึ้นเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านเส้นทาง โดยระบบโครงข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่จะส่งต่อ (Handoff) ไปยังเสาสัญญาณเสา

ใกล้เคียง เพื่อรักษาความต่อเนื่องของการเชื่อมต่อสัญญาณระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่ และสถานีฐาน ทั้งนี้ขอบเขตของพื้นที่ให้บริการเชื่อมต่อสัญญาณของแต่ละสถานีฐาน (Cell Coverage Area) เมื่อพิจารณาจากข้อมูลจริง จะพบว่าบริเวณที่เกิดการส่งต่อไม่ได้เกิดขึ้น ณ จุดเดิมทุกครั้ง แต่จะเกิดขึ้นในบริเวณใกล้เคียงกัน สังเกตจากข้อมูล CDT ณ เส้นทางหนึ่ง จะเกิดจากสถานีฐานหมายเลขเดิม แต่เมื่อเปรียบเทียบข้อมูลตำแหน่ง ณ จุดของเวลาต่างๆ จากข้อมูลจากอุปกรณ์ GPS ในแต่ละรอบของการเดินทาง พบว่าอยู่คนละตำแหน่งหรืออาจอยู่ใกล้เคียงกัน และในบางครั้งจะพบว่า ค่า CDT จากสถานีฐานเดียวกัน เกิดขึ้นซ้ำ สลับกันไปมากับเซลล์ใกล้เคียง สาเหตุเนื่องมาจากสภาพการจราจรที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลถึงความไม่ชัดเจนของ Cell Coverage Area งานวิจัยนี้สนใจปริมาณของเวลา CDT ที่เกิดขึ้นในแต่ละเซลล์ ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตาม Cell Coverage Area ของแต่ละเซลล์ และจากสาเหตุที่กล่าวถึงข้างต้น ค่าเวลา CDT จากความไม่ชัดเจนของ Cell Coverage Area จะถูกปรับโดยการปรับน้ำหนักค่าผิดพลาดของแต่ละบัพ (node) ตามอัลกอริทึมแพร่กระจายย้อนกลับ (Backpropagation) (Rumelhart และ McClelland, 1986) จนกระทั่งค่าผิดพลาดมีค่าต่ำ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ก็คือ ข่ายงานประสาทเทียมสามารถเรียนรู้ และสามารถประมาณค่าเวลาการเดินทางได้ใกล้เคียงค่าเวลาในการเดินทางจริงสำหรับตัวอย่างที่ไม่เคยเห็นได้ (Unseen example)

5.1.2 สรุปผลการทดสอบสมมติฐานวิจัยข้อที่ 2

จากผลการคำนวณค่าผิดพลาดแบบต่างๆ และช่วงของความเชื่อมั่น ตลอดจนการวิเคราะห์ถึงระดับของสภาพการจราจรที่มีผลต่อการประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยเทคนิคต่างๆ ดังปรากฏในบทที่ 4 และได้ข้อสรุปว่า เทคนิคข่ายงานประสาทเทียมสามารถประมาณค่าเวลาในการเดินทางได้ดีกว่าการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นเมื่อสภาพการจราจรติดขัด เหตุผลเพราะว่าการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง ผลรวมของเวลา CDT ของทุกเซลล์ (Sum CDT) กับ เวลาในการเดินทางที่แท้จริง (True travel time) ซึ่งไม่สนใจค่าเวลา CDT ในแต่ละเซลล์ที่เปลี่ยนแปลง ความสัมพันธ์ระหว่างชุดข้อมูลทั้ง 2 ดังกล่าวแทนในรูปของสมการเชิงเส้นอย่างง่าย เมื่อมีตัวอย่างใหม่ที่ไม่เป็นไปตามความสัมพันธ์ของสมการดังกล่าว ผลการทำนายค่าเวลาในการเดินทางจึงมีความผิดพลาดสูง ทั้งนี้ตัวอย่างข้อมูลใหม่ที่ไม่เป็นไปตามความสัมพันธ์ดังกล่าว เกิดขึ้นในช่วงที่เริ่มมีสภาพจราจรหนาแน่นจนถึงติดขัด หรือยานพาหนะหยุดรอสัญญาณไฟจราจร ซึ่งจะทำให้ขนาดของ CDT ของเซลล์ บนเส้นทางดังกล่าวมีค่ามากกว่าปกติ ส่งผลต่อ

ผลรวมสะสมของ CDT สูงตามไปด้วย และทำให้ค่าเวลาในการเดินทางไม่เป็นไปตามสัดส่วนจากสมการดังกล่าว อาจกล่าวได้ว่าความสัมพันธ์เปลี่ยนแปลงไปในรูปแบบไม่ใช่เชิงเส้น (Non-linearly Relationship) ขณะที่เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม มีค่าความถูกต้องจากการประมาณค่าได้ดีกว่า เหตุผลก็เพราะว่าข่ายงานประสาทเทียมมีการปรับน้ำหนักค่าผิดพลาดในแต่ละบัพ (node) ซึ่งก็คือเวลา CDT ของแต่ละเซลล์ แสดงให้เห็นว่าข่ายงานประสาทเทียมสนใจความเปลี่ยนแปลงของเวลา CDT ในแต่ละเซลล์ อาจกล่าวได้ว่าการปรับค่าน้ำหนักผิดพลาดแต่ละเซลล์เป็นการเรียนรู้ของข่ายงานประสาทเทียม ซึ่งจะปรับค่าย้อนกลับไปมาจนมีค่าความผิดพลาดต่ำ ผลการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจึงใกล้เคียงเวลาในการเดินทางที่แท้จริงมากกว่าการประมาณค่าจากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น สอดคล้องกับ บุญเสริม กิจศิริกุล, 2546 ที่กล่าวไว้ว่า ข่ายงานประสาทเทียมที่ใช้อัลกอริทึมแพร่กระจายย้อนกลับ (Backpropagation) มีลักษณะพิเศษที่สามารถสร้างพื้นผิวการตัดสินใจแบบไม่เป็นเชิงเส้นได้ (Nonlinear Decision Surface) และสามารถแบ่งแยกตัวอย่างได้ดีกว่าพื้นผิวการตัดสินใจแบบเชิงเส้น (Linearly Decision Surface) จากทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น จึงทำให้สรุปได้ว่าการประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียม มีความถูกต้องมากกว่าแนวทางการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น

ส่วนเมื่อสภาพการจราจรคล่องตัว การประมาณค่าเวลาในการเดินทางจากทั้ง 2 เทคนิคให้ผลความถูกต้องไม่แตกต่างกันมากนัก เหตุผลเพราะว่าผลรวมของค่าเวลา CDT เป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับค่าเวลาเดินทางที่แท้จริง ดังนั้นการประมาณค่าเวลาในการเดินทางจากการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้นจึงให้ค่าความผิดพลาดต่ำ ส่วนการประมาณค่าเวลาในการเดินทางโดยเทคนิคข่ายงานประสาทเทียมสามารถทำได้ดีอยู่แล้ว ดังแสดงในผลการทดสอบสมมติฐานที่ 1

5.2 ข้อเสนอแนะ

ส่วนนี้นำเสนอข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต

เสนอการลดจำนวนชุดข้อมูล (Data Set) ลง เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่ข่ายงานประสาทเทียมยังสามารถประมาณค่าเวลาในการเดินทางได้ถูกต้องเทียบเท่ากับผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ จากบทที่ 3 เราทราบจำนวนชุดข้อมูลที่ใช้ คือ 75 ชุดข้อมูล ดังนั้น แนวทางพัฒนางานวิจัยต่อไป มุ่งไปที่การลดจำนวนข้อมูลลงให้น้อยกว่า 75 ชุดข้อมูล และโครงสร้างข่ายงานประสาทเทียมที่ได้ยังสามารถประมาณค่าเวลาในการเดินทางได้ผลถูกต้องเทียบเท่ากับผลที่ได้งานวิจัยนี้

เสนอการใช้ค่าเวลา CDT ของเซลล์ที่เกิดขึ้นบ่อย (Always Active Cell) จำนวน 1 – 2 เซลล์ เพื่อสอนข่ายงานประสาทเทียม ทั้งนี้พิจารณาผลของความถูกต้องในการประมาณค่าเวลากับจำนวนเซลล์ที่เหมาะสม แนวทางพัฒนางานวิจัยต่อไป มุ่งไปที่การใช้ค่าเวลา CDT จากจำนวนเซลล์เพียงไม่กี่เซลล์ แต่สามารถประมาณค่าเวลาในการเดินทางให้ผลความถูกต้องได้ใกล้เคียงกับเมื่อใช้ค่าเวลา CDT จากจำนวนเซลล์ทั้งหมดที่เกิดขึ้นบนเส้นทางนั้น

เสนอการพัฒนางานวิจัยที่มุ่งไปที่การประมาณค่าเวลาในการเดินทางบนทางด่วนทางยกระดับ หรือถนนที่มีสัญญาณไฟจราจร จากข้อมูลโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยประยุกต์เทคนิคข่ายงานประสาทเทียม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การใช้งานโปรแกรม Weka 3.4.11 สำหรับข่ายงานประสาทเทียม

การใช้งานโปรแกรม Weka เพื่อประมวลผลข่ายงานประสาทเทียม เริ่มต้นจากการจัดรูปแบบข้อมูลจากการเก็บข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบ arff ไฟล์ (Preprocessing Data) ตารางที่ ก.1 แสดงตัวอย่างข้อมูลก่อนจัดรูปแบบ ภาพที่ ก.1 แสดงตัวอย่างที่จัดรูปแบบเป็น arff ไฟล์แล้ว และภาพที่ ก.2 แสดงไอคอนของไฟล์ข้อมูล arff ที่เตรียมไว้ จากนั้นจึงทำการสอนข่ายงานประสาทเทียม ซึ่งโปแกรม Weka จะสร้างข่ายงานประสาทเทียมตามพารามิเตอร์ที่เรากำหนดไว้ ภาพที่ ก.3 – ก.7 แสดงการใช้งานโปรแกรม Weka ในการสร้าง และทดสอบข่ายงานประสาทเทียม

ตารางที่ ก.1
แสดงชุดข้อมูลเวลา CDT ของ Training Set ก่อนการแปลงเป็นรูปแบบ arff
สะพานพระราม 4 ทิศทางจากฝั่งซ้าย-ฝั่งขวาแม่น้ำเจ้าพระยา

ตัวอย่าง	Cell ID							True
ลำดับที่	5203	22442	5202	5191	21263	5192	721	Travel Time
1	66	0	0	47	0	23	29	96
2	65	0	0	51	0	25	29	101
3	19	0	0	52	0	25	30	102
4	65	0	0	59	0	24	26	101
5	28	0	30	22	0	24	0	92
6	22	0	0	55	0	27	0	94
7	22	0	0	51	0	25	0	91
8	22	0	0	56	0	25	0	97
9	25	0	0	59	0	25	0	101
10	22	0	0	58	0	24	0	102
11	25	0	0	51	0	26	0	94
12	20	8	0	36	14	14	28	101
13	22	0	0	41	0	22	29	92
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.

การจัดรูปแบบข้อมูลรูปแบบตารางให้อยู่ในรูปแบบ arff ทำได้โดยการบันทึกในรูปแบบ .csv หรือรูปแบบที่มีเครื่องหมาย “,” เป็นตัวคั่นแบ่งเขตข้อมูล

ภาพที่ ก.1
แสดงตัวอย่างข้อมูลในรูปแบบ arff สำหรับโปรแกรม Weka

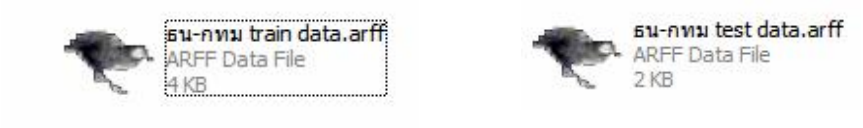
```
@RELATION traveltime

@ATTRIBUTE 5203 NUMERIC
@ATTRIBUTE 22442 NUMERIC
@ATTRIBUTE 5202 NUMERIC
@ATTRIBUTE 5191 NUMERIC
@ATTRIBUTE 21263 NUMERIC
@ATTRIBUTE 5192 NUMERIC
@ATTRIBUTE 721 NUMERIC
@ATTRIBUTE traveltime NUMERIC

@DATA
29,0,0,44,0,27,34,101                ตัวอย่างที่ 1
65,0,0,54,0,28,33,101                  .
28,0,0,60,0,30,29,105                  .
64, 0, 0,54,0,23,29,96                 .
41, 0, 0,54,0,26,26,94                 .
61, 0, 0,56,0,25,28,94                 .
38, 0, 0,52,0,25,27,96                 .
30,0,0,59,0,28,27,101                  .
39,0,0,57,0,28,28,102                  .
72, 0, 0,55,0,30,0,101                 .
28, 0, 0,55,0,35,0,101                 .
64,0,0,61,0,30,24,101                  .
61,0,0,61,0,30,29,105                ตัวอย่างที่ 13
  .
  .
  .
```

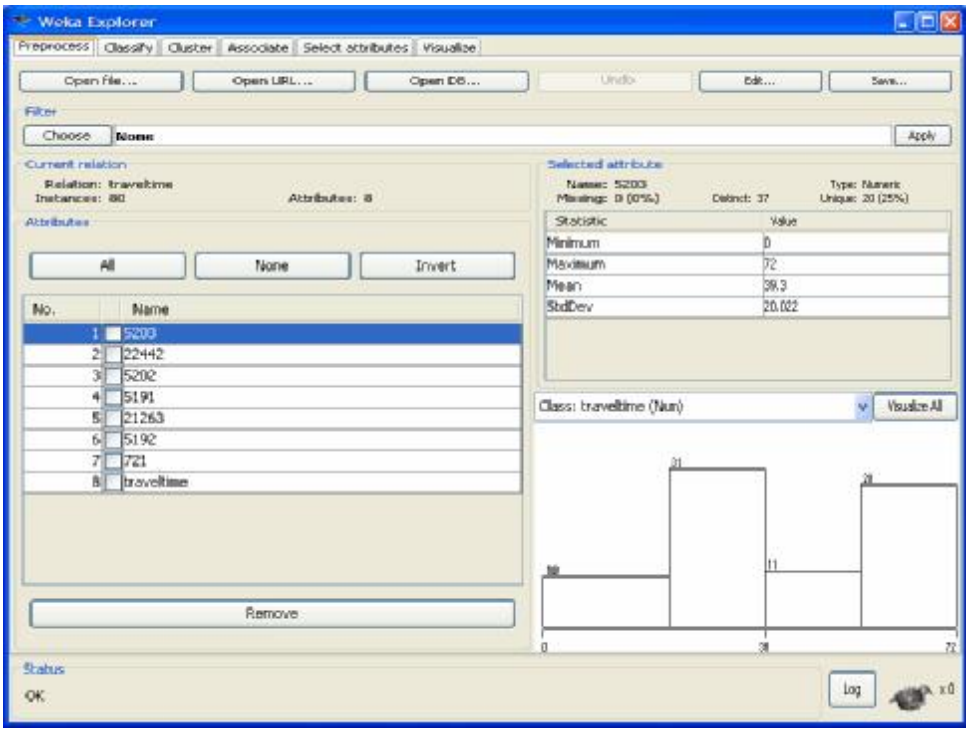
ภาพที่ ก.2

แสดงสัญลักษณ์ของไฟล์รูปแบบ arff สำหรับโปรแกรม Weka



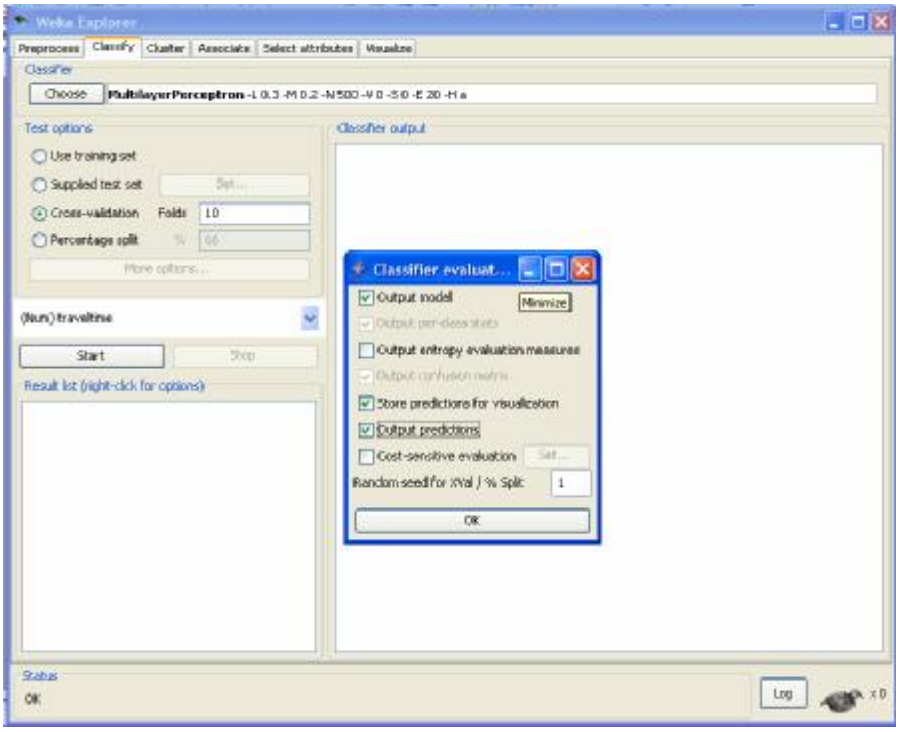
ภาพที่ ก.3

แสดงหน้าตาโปรแกรม Weka เมื่อนำ Training File เข้ามาสอนข่ายงานประสาทเทียม



ภาพที่ ก.4

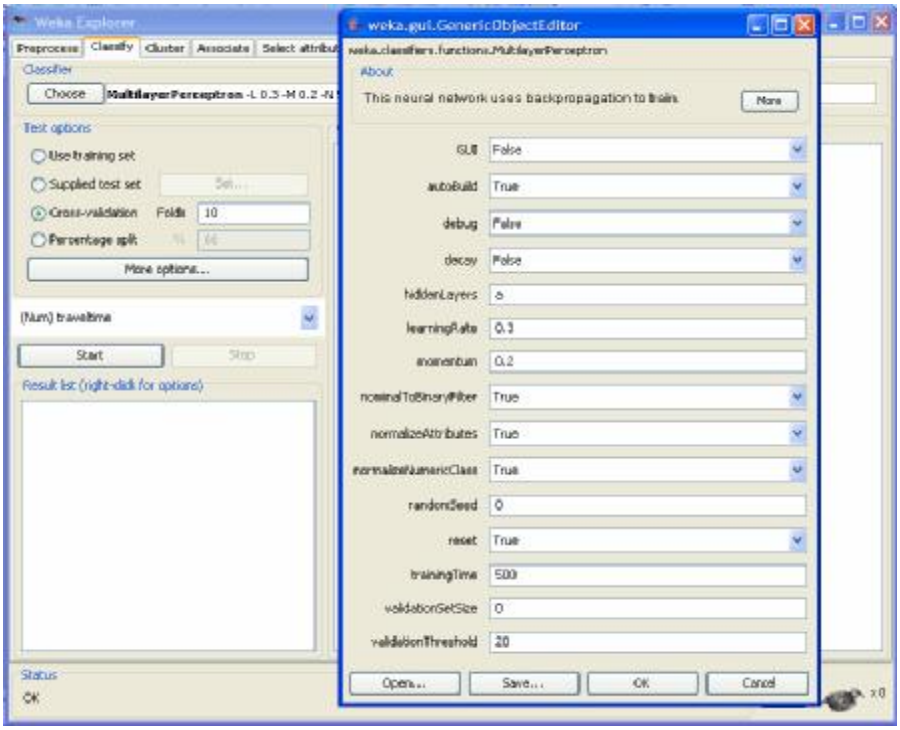
แสดงหน้าตาโปรแกรม Weka ในการปรับแต่งค่าการแสดงผล และการเลือกวิธีประเมิน แบบ 10 Folds Cross-validation



เลือก Cross-validation แล้วเลือกค่า 10 Folds จากนั้นเลือก More Options แล้วปรับแต่งค่าผลลัพธ์ที่ต้องการได้แก่ Output model, Store predictions for visualization และ Output predictions

ภาพที่ ก.5

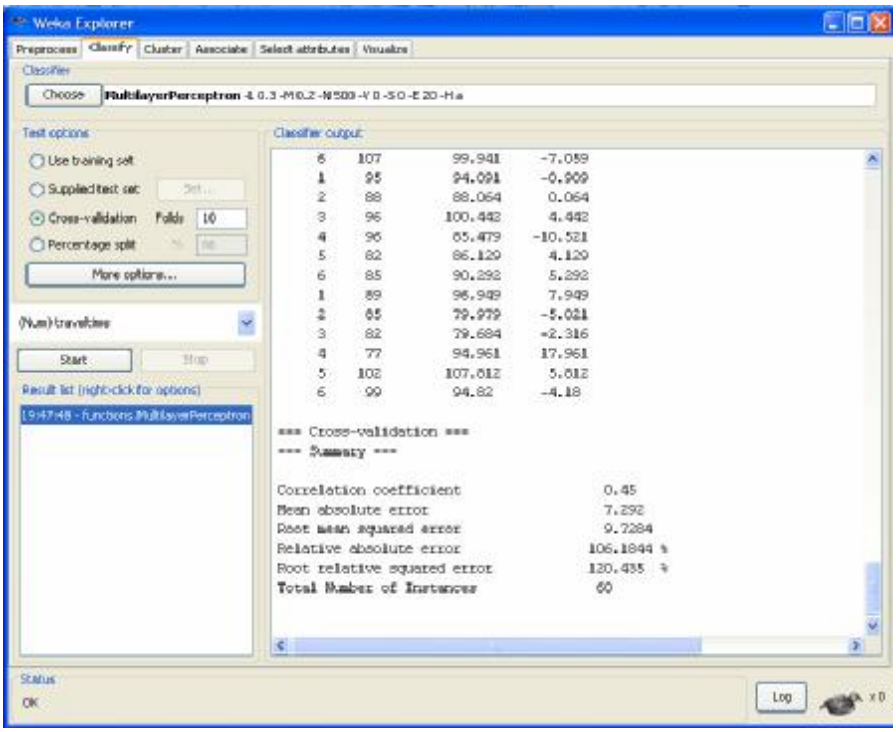
แสดงหน้าตาโปรแกรม Weka ในการปรับแต่งค่าพารามิเตอร์ต่างๆของข่ายงานประสาทเทียม



เลือกข่ายงานประสาทเทียม (Multi Layer Perceptron) จากนั้นปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ hidden layers, learning rate, momentum และ training time (epochs)

ภาพที่ ก.6

แสดงหน้าตาโปรแกรม Weka เมื่อสร้างข่ายงานประสาทเทียมเสร็จ



เลือก Start เพื่อเริ่มสอนข่ายงานประสาทเทียม

บรรณานุกรม

หนังสือ

กัลยา วาณิชย์บัญชา, สถิติสำหรับงานวิจัย, ภาควิชาสถิติ คณะพาณิชยศาสตร์และการบัญชี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2549.

บุญเสริม กิจศิริสกุล, ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligent), สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

ไพโรจน์ ไววานิชกิจ, เปิดโลกมือถือ GSM สู่ UMTS, กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน), 2545.

ไพโรจน์ ไววานิชกิจ และ กมล เขมะรังษี, เปิดโลกการสื่อสารไร้สาย, กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน), 2539.

ลัญฉกร วุฒิสิทธิกุลกิจ, หลักการโทรศัพท์เคลื่อนที่. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

Book

Mitchell, T. M. Machine Learning, McGraw-Hill Companies, Inc, 1997

Articles

Applied Generics (2004) “RoDIN24 road traffic monitor”, http://www.appliedgenerics.com/ (Accessed 12/5/2007)

Cayford, R., Yim, Y., “A Field Operation Test Using Anonymous Cell Phone Tracking for Generating Traffic Information”, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, 2006

Cayford, R., Johnson, T., “Operational Parameter Affecting the use of Anonymous Cell Phones Tracking for Generating Traffic Information”, 2003

Hansapalangkul, T., Keeratiwintakorn, P. and Pattara-Atikom, W., “Detection and Estimation of Road Congestion Using Cellular Phones”, 2007

Jain, A. K., Mao, J. and Mohiuddin, K., “Artificial Neural Network: A Tutorial”, IEEE Computer Special Issue on Neural Computation, 1996

Kisgyorgy, L., Rilett, R., “Travel Time Prediction by Advanced Neural Network”, Depart of Highway and Railway Engineering, University of Technology and Economics, Budapest, Hungary, Department of Civil Engineering, Texas A&M University College Station, Texas, USA, 2001

Kummala, J., “Travel Time Service Utilizing Mobile Phones”, Finish Road Administration, Helsinki. Finnra Report, 2002

Larsen, R. “Capital: Using Cellular Phones as Traffic Probes”, In Traffic Technology International, 1996

Lin, H., Zito, R. and Taylor, A P M., "A Review of Travel-Time Prediction in Transport and Logistics", Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp 1433-1448, 2005

Nelson-Nygaard, W., Horn, K., Lomax, T. and Turner, S., "Metropolitan Transportation Commission Travel Time Data Collection Pilot Project", Final Report, 1999

Pattara-Atikom, W., Peachavanish, R., "Estimating Road Traffic Congestion from Cell Dwell Time using Neural Network", 2007

Rose, G. "Mobile Phones as Traffic Probes", Institute of Transport Studies, The University of Sydney and Monash Universities, Working Paper, 2004

Thajchayapong, S., Pattara-Atikom, W., Chadil, N. and Mitrpant, C., "Enhanced Detection of Road Traffic Congestion Areas using Cell Dwell Times", 2007

Virtanen, J., "Mobile Phones as Probes in Travel Time Monitoring", Finish Road Administration, Helsinki, 2002

Wunnava, S. V., Yen, K., Babij, T., Zavaleta, R., Romeo, R., Archilla, C., "Travel Time Estimation Using Cell Phones (TTECP) for Highways and Roadways", Electrical and Computer Engineering Department, Florida International University, 2006

Yagnace, J., "Travel Time/Speed Estimates on The French Rhone Corridor Network using Cellular Phones as Probes", INRETS, Lyon, France, 2001

Yim, Y., "The State of Cellular Probes", California PATH Research Report., UCB-ITS-PRR-2003-25. 29pp, 2003

ประวัตินักศึกษา

ชื่อ (ไทย)	นายไพโรจน์ พาสพิษณุ
ชื่อ (อังกฤษ)	Mister Pairote Paspitsanu
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (วศ.บ.) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	เสนอผลงานและเข้าร่วมการประชุมทางวิชาการ The 2008 International Conference on Embedded Systems and Intelligent Technology (ICESIT 2008) February 27-29, 2008, Grand Mercure Fortune Hotel, Bangkok, Thailand