บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบตรวจนับ วัดความเร็ว และแยกประเภทรถยนต์ โดยเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สาย เพื่อนำค่าสนามแม่เหล็กโลกที่แมกเนติคเซ็นเซอร์ตรวจจับได้มาวิเคราะห์ผล 5 ประการ ดังนี้

(1) นับจำนวนรถยนต์

(2) แยกประเภทรถยนต์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถเก๋ง รถกระบะ และรถตู้

(3) วัดความเร็วรถยนต์

(4) ศึกษาผลกระทบที่เกิดจากรถยนต์ในช่องทางจราจรข้างเคียง

(5) ทดสอบการทำงานของเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สาย

การทดลองข้างต้นได้ทำการเก็บข้อมูลและวัดประสิทธิภาพจากสถานที่จริง โดยกระบวนการดำเนินงานจะแบ่งเป็นตอนต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือชนิดต่างๆที่งานวิจัยนี้ใช้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ เครื่องมือฮาร์ดแวร์และเครื่องมือซอร์ฟแวร์ โดยทั้ง 2 ส่วนดังกล่าวประกอบด้วย

1.1 เครื่องมือฮาร์ดแวร์

(1) แมกเนติคเซ็นเซอร์ของบริษัท Honeywell รุ่น HMC1052L [18]

(2) วงจรขยายสัญญาณ (Operation Amplifier)

(3) วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล (ADC) รุ่น LTC1298

(4) ไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น ATmega168

(5) ZigBee ของบริษัท Digi ชื่อ XBee Pro [24]

1.2 เครื่องมือซอร์ฟแวร์

(1) Arduino

(2) X-CTU

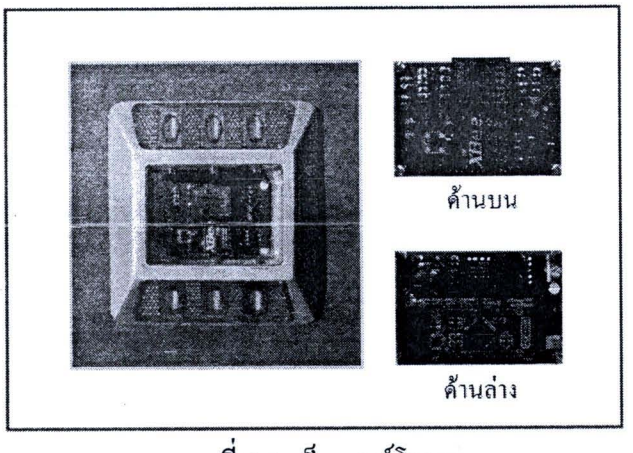
(3) ภาษา C

2. การออกแบบระบบ

งานวิจัยนี้อาศัยเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายในการรับ-ส่งข้อมูลภายในเครือข่าย ดังนั้น ระบบที่สร้างขึ้นจึงประกอบด้วยส่วนหลักๆ 2 ส่วน คือ เซ็นเซอร์โหนดและแอคเซสพอยต์ โดยแต่ละส่วนมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 เซ็นเซอร์โหนด

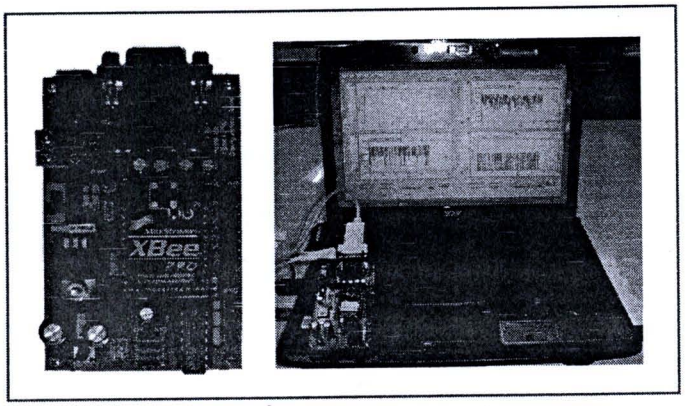
เซ็นเซอร์โหนด คือ ชุดอุปกรณ์ที่นำไปติดตั้งในถนนบริเวณกึ่งกลางช่องทางจราจรในแต่ละช่องทาง เพื่อตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กโลกในบริเวณนั้นเมื่อมีรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านด้านบนแมกเนติคเซ็นเซอร์ เซ็นเซอร์โหนด 1 โหนด ประกอบด้วย แมกเนติคเซ็นเซอร์แบบ 2 แกน รุ่น HMC1052L วงจรขยายสัญญาณ วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ไมโครคอนโทรลเลอร์ ZigBee และแบตเตอร์รี่ เซ็นเซอร์โหนดที่สร้างขึ้นแสดงดังภาพที่ 3.1 ทางซ้ายมือเป็นรูปด้านบนและด้านล่างของเซ็นเซอร์โหนด ทางขวามือเป็นรูปหมุดถนนที่ใช้ในการทดลองโดยมีเซ็นเซอร์โหนดอยู่ภายใน



ภาพที่ 3.1 เซ็นเซอร์โหนด

2.2 แอคเซสพอยต์

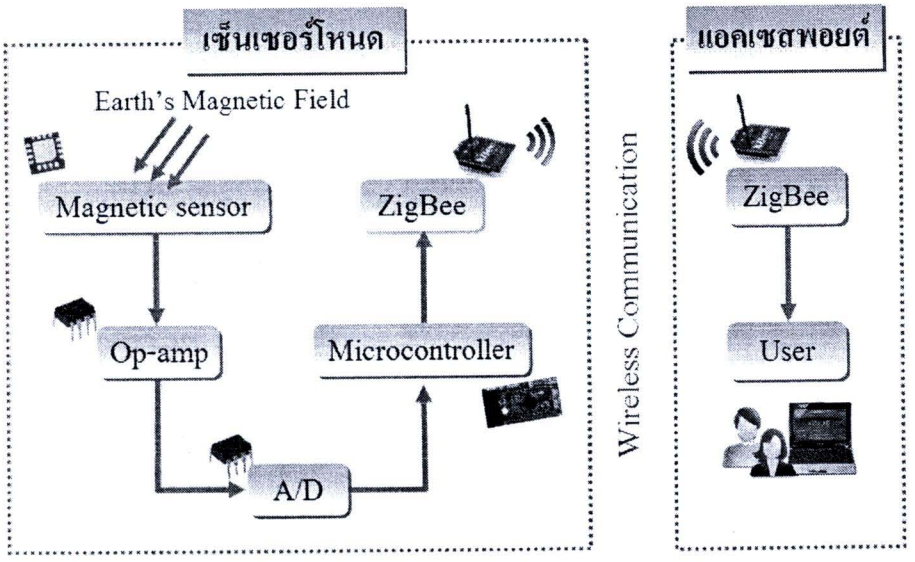
แอคเซสพอยต์ คือ ชุดอุปกรณ์ที่ติดตั้งบริเวณริมถนน หรือจุดที่ต้องการแสดงผล ทำหน้าที่รับข้อมูลจากเซ็นเซอร์โหนด จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์พร้อมทั้งแสดงผล โดยแอคเซสพอยต์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เพื่อความสะดวกในการติดตั้งและแสดงผล แต่งานวิจัยนี้ได้นำคอมพิวเตอร์มาใช้งานร่วมกับแอคเซสพอยต์เพื่อวิเคราะห์และแสดงผล โดยแอคเซสพอยต์ 1 โหนดของงานวิจัยนี้ประกอบด้วย ZigBee แบตเตอร์รี่ และคอมพิวเตอร์แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แอคเซสพอยต์

3. หลักการทำงานของระบบ

เครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สายที่ประกอบด้วย เซ็นเซอร์โหนด 1 โหนด และแอคเซสพอยต์ 1 โหนด มีหลักการทำงาน ดังนี้ แมกเนติคเซ็นเซอร์จะตรวจจับค่าสนามแม่เหล็กโลกในบริเวณนั้น โดยส่งเอาท์พุตออกมาเป็นค่าแรงดันไฟฟ้า จากนั้นส่งต่อค่านี้ไปยังวงจรขยายสัญญาณ เพื่อขยายสัญญาณอนาล็อกให้มีค่าที่เหมาะสมกับการใช้งาน แล้วทำการแปลงค่าจากรูปแบบที่เป็นสัญญาณอนาล็อกให้อยู่ในรูปแบบของเลขดิจิตอล จากนั้นนำค่าที่ได้รับการแปลงแล้วส่งต่อไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ ATmega168 เพื่อให้เก็บไว้ในตัวแปรพร้อมทั้งสร้างและควบคุมการจัดส่งเฟรมให้กับ ZigBee จากนั้น ZigBee ที่เซ็นเซอร์โหนดจะส่งข้อมูลนี้เป็นแบบไร้สายไปยัง ZigBee ที่แอคเซสพอยต์ โดยผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้รับนี้ไปวิเคราะห์ผลในการทดลองต่างๆ โครงสร้างและการทำงานของระบบแสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 โครงสร้างและการทำงานของระบบ

4. วิธีการทดลองนับจำนวนรถยนต์

การทดลองนับจำนวนรถยนต์ของงานวิจัยนี้ ได้สร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ซึ่งประกอบด้วยเซ็นเซอร์โหนด 2 โหนด และแอคเซสพอยต์ 1 โหนด เพื่อนับจำนวนรถยนต์ประเภทต่างๆ ได้แก่ รถเก๋ง รถกระบะ และรถตู้ ที่ขับเข้า-ออกลานจอดรถของศูนย์อาหารและบริการในมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยการทดลองได้ติดตั้งเซ็นเซอร์โหนดในรางน้ำบริเวณกลางช่องทางขาเข้า 1 โหนด และขาออก 1 โหนด ดังแสดงในภาพที่ 3.4 โดยเซ็นเซอร์โหนดจะส่งข้อมูลที่ตรวจจับได้ไปยังแอคเซสพอยต์ที่ติดตั้งบริเวณริมทางเข้าลานจอดรถ ซึ่งมีระยะห่างจากเซ็นเซอร์โหนดขาเข้าประมาณ 7 เมตร และห่างจากเซ็นเซอร์โหนดขาออกประมาณ 12 เมตร

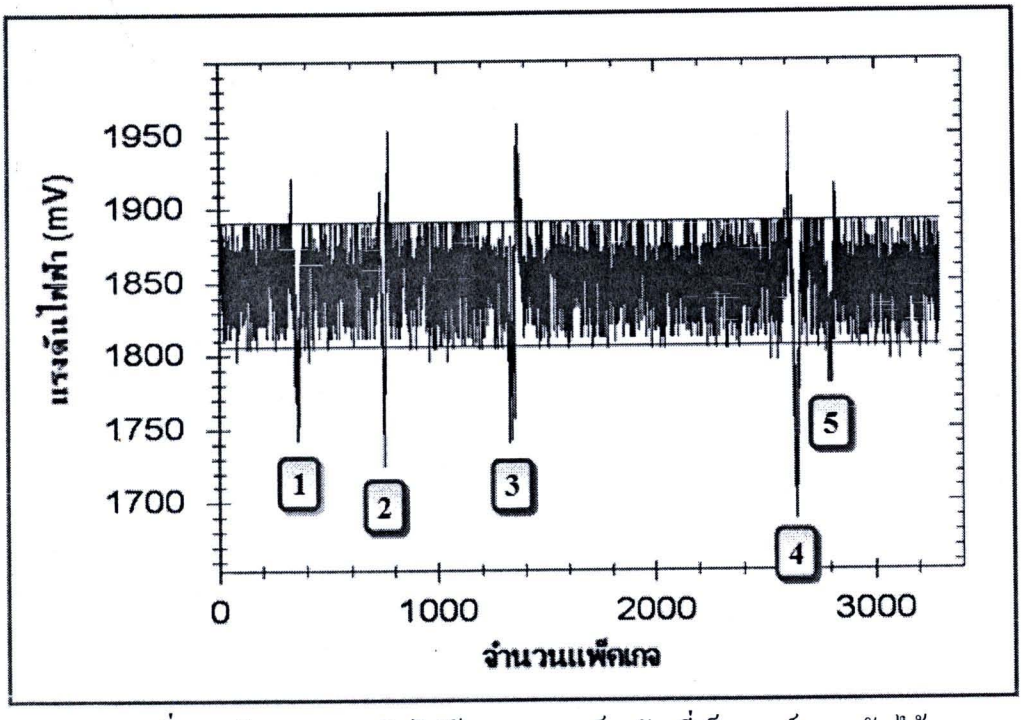
ในระหว่างการทดลองเซ็นเซอร์โหนดจะตรวจจับค่าสนามแม่เหล็กโลกในบริเวณนั้นและส่งเอาท์พุตออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้าให้แอคเซสพอยต์ตลอดเวลา โดยรถยนต์แต่ละคันจะประกอบไปด้วยข้อมูล 2 ชุด คือ ข้อมูลแกน X และแกน Y ของแมกเนติคเซ็นเซอร์ ซึ่งแอคเซสพอยต์จะนำข้อมูลทั้ง 2 ชุดนี้มาวิเคราะห์ผล โดยในแต่ละแกนจะทำการนับรถแยกกัน แต่กระบวนการที่ใช้นับรถจะเหมือนกัน และเมื่อทั้ง 2 แกนวิเคราะห์ผลเสร็จแล้วจะนำผลของทั้ง 2 แกนนี้มาวิเคราะห์ร่วมกันภายหลัง ในกระบวนการวิเคราะห์ขั้นตอนแรกจะคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้าขณะที่ไม่มีรถยนต์ขับอยู่ในบริเวณนั้นเพื่อหาค่าอ้างอิงของแต่ละแกน โดยค่าอ้างอิงนี้จะเป็นช่วงระหว่างค่ามากที่สุดถึงค่าน้อยที่สุด แต่ถ้ามีรถยนต์เคลื่อนที่ค่าแรงดันไฟฟ้าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนดังเช่นในภาพที่ 3.5 แสดงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าของรถยนต์จำนวน 5 คัน ที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้ และภาพที่ 3.6 แสดงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปในขณะที่มีรถยนต์ขับผ่าน 1 คัน ผู้วิจัยจึงอาศัยค่าที่เปลี่ยนแปลงนี้ไปวิเคราะห์เพื่อนับจำนวนรถยนต์ โดยในกระบวนการวิเคราะห์จะอาศัยตัวแปรที่สำคัญ 4 ตัวแปรด้วยกัน ดังนี้

countOutThreshold	คือ	ตัวแปรที่ใช้เก็บจำนวนข้อมูลที่อยู่นอกช่วงอ้างอิง
countInThreshold	คือ	ตัวแปรที่ใช้นับจำนวนข้อมูลที่อยู่ในช่วงอ้างอิง โดยเริ่มนับจากข้อมูลแรกที่กลับเข้ามาอยู่ในช่วงอ้างอิง
checkOutThreshold	คือ	ตัวแปรที่ได้กำหนดค่าไว้แล้วในโปรแกรม เพื่อใช้เปรียบเทียบกับ *countOutThreshold*
checkInThreshold	คือ	ตัวแปรที่ได้กำหนดค่าไว้แล้วในโปรแกรม เพื่อใช้เปรียบเทียบกับ *countInThreshold*

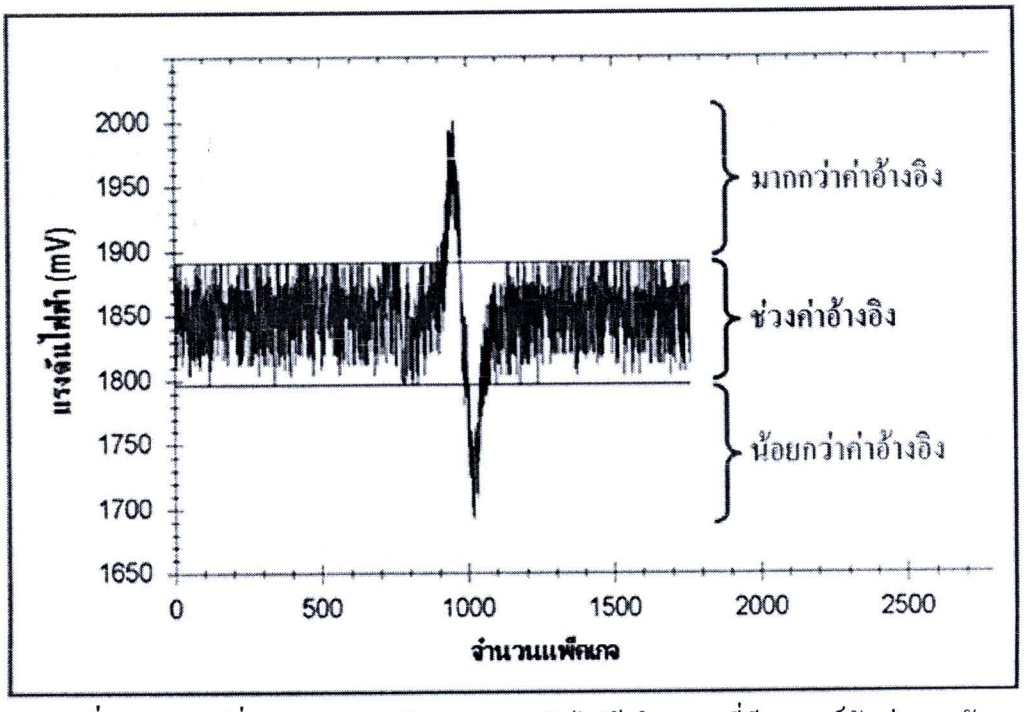
โดยทั้ง 2 แกนจะทำตามขั้นตอนที่เหมือนกัน คือ เมื่อได้รับข้อมูลที่มีค่าอยู่นอกช่วงอ้างอิงจะเริ่มนับจำนวนข้อมูลชุดนั้นตั้งแต่ข้อมูลแรกจนถึงข้อมูลสุดท้ายก่อนกลับเข้ามาอยู่ในช่วงอ้างอิงแล้วเก็บในตัวแปรที่ชื่อ *countOutThreshold* และเมื่อข้อมูลกลับเข้ามาอยู่ในช่วงอ้างอิงจะเริ่มนับจำนวน

ข้อมูลที่อยู่ในช่วงนี้แล้วเก็บในตัวแปรที่ชื่อ *countInThreshold* จากนั้นนำค่าที่ได้ของตัวแปรทั้ง 2 ไปเปรียบเทียบกับค่าของตัวแปรที่กำหนดไว้แล้วในโปรแกรม โดยนำค่าของตัวแปร *countOutThreshold* ไปเปรียบเทียบกับค่าของตัวแปร *checkOutThreshold* และนำค่าของตัวแปร *countInThreshold* ไปเปรียบเทียบกับค่าของ *checkInThreshold* ถ้าค่าของ *countOutThreshold* มากกว่าค่าของ *checkOutThreshold* และค่าของ *countInThreshold* มากกว่าค่าของ *checkInThreshold* เช่นกันจะนับเป็นรถยนต์ 1 คัน แต่ถ้าเปรียบเทียบแล้วไม่เป็นไปตามที่กล่าวมาข้างต้นจะยังไม่นับเป็นรถยนต์ 1 คัน จากนั้นนำผลที่ได้ของทั้ง 2 แกนมาเปรียบเทียบกันอีกครั้ง โดยในกรณีที่ผลการนับรถของแกนใดแกนหนึ่งหรือทั้ง 2 แกน นับรถได้ 1 คัน จะถือว่ามีรถยนต์ผ่านไป 1 คัน แต่ในกรณีที่ทั้ง 2 แกนตรวจนับรถไม่ได้จะถือว่ายังไม่มีรถยนต์ผ่านไป flow chart ของขั้นตอนการนับรถใน 1 แกน แสดงดังภาพที่ 3.7

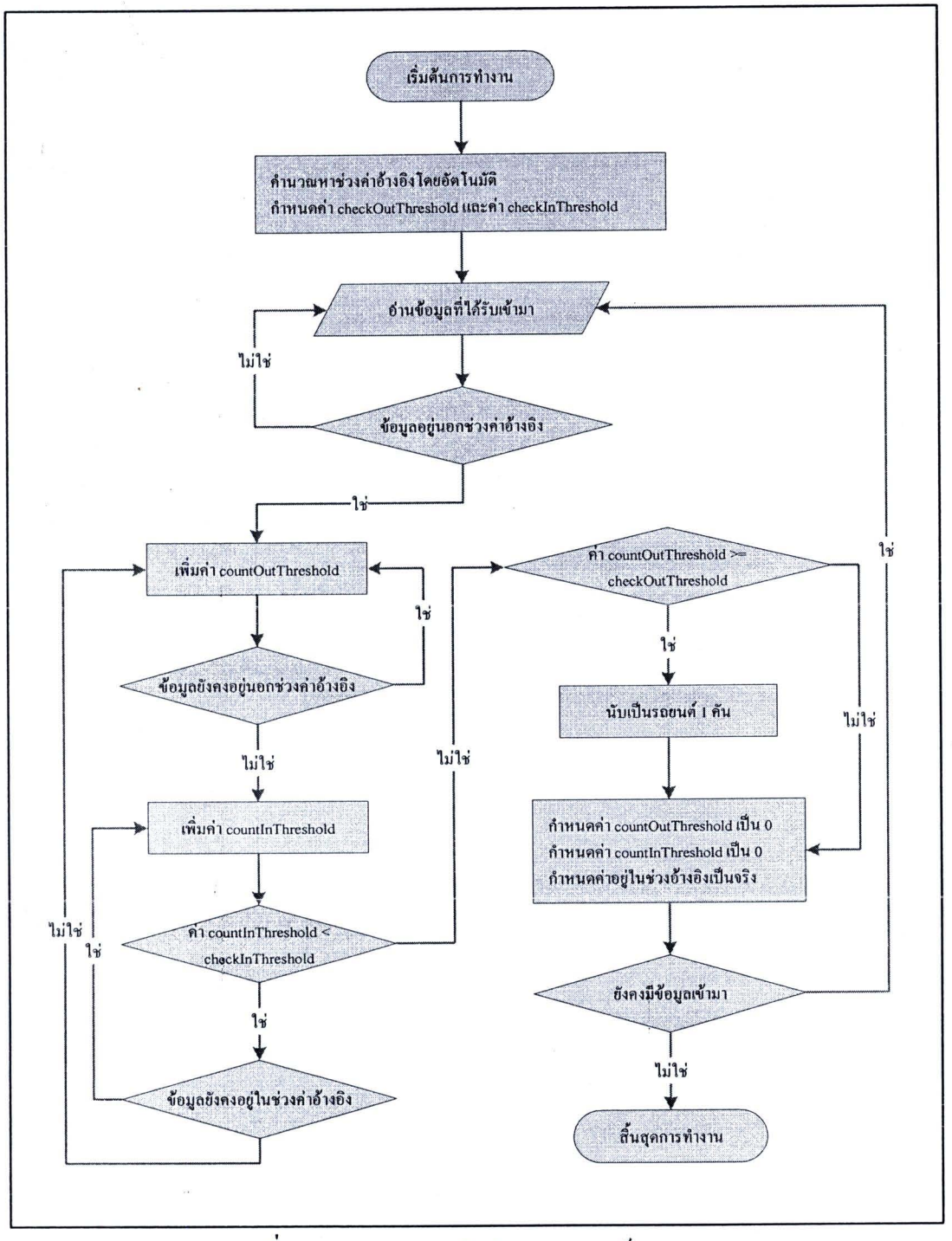
ภาพที่ 3.4 สถานที่และการติดตั้งในการทดลองนับจำนวนรถยนต์



ภาพที่ 3.5 สัญญาณแรงดันไฟฟ้าของรถยนต์ 5 คัน ที่เซ็นเซอร์ตรวจจับได้



ภาพที่ 3.6 การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าในขณะที่มีรถยนต์ขับผ่าน 1 คัน



ภาพที่ 3.7 กระบวนการนับจำนวนรถยนต์ของ 1 แกน

5. วิธีการทดลองแยกประเภทรถยนต์

การทดลองแยกประเภทรถยนต์ของงานวิจัยนี้เลือกใช้อัลกอริทึม Back-propagation Neural Network กับอัลกอริทึม Hill climbing เนื่องจากทั้ง 2 อัลกอริทึมเหมาะสมสำหรับใช้ในการจำแนกหรือพยากรณ์ข้อมูล ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการแยกประเภท

รถยนต์ระหว่างอัลกอริทึมทั้ง 2 ซึ่งในการทดลองนี้จะแยกประเภทรถยนต์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถเก๋ง รถกระบะ และรถตู้ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลองนับจำนวนรถยนต์เป็นข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้แยกรถยนต์แต่ละประเภทออกจากกัน

5.1 การทดลองแยกประเภทรถยนต์โดยใช้อัลกอริทึม Neural Network

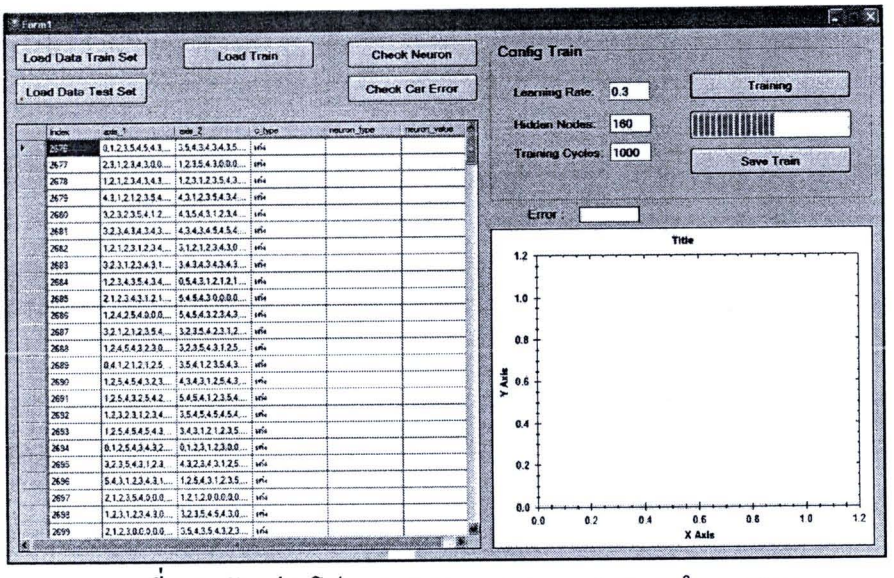
การทดลองนี้จะทำการแยกประเภทรถยนต์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถเก๋ง รถกระบะ และรถตู้ โดยใช้วิธี Back-propagation Neural Network ทำการทดลองโดยแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ใช้สอนให้รู้จำ (Training Set) และกลุ่มที่ใช้ทดลอง (Test Set) โดยกลุ่มที่ใช้สอนให้รู้จำจะมีข้อมูลของรถยนต์แต่ละประเภทจำนวน 100 คัน รวมทั้งหมด 300 คัน และกลุ่มที่ใช้ทดลองจะมีข้อมูลของรถยนต์แต่ละประเภทจำนวน 40 คัน รวมทั้งหมด 120 คัน โดยข้อมูลของรถทุกคันจะดึงมาจากฐานข้อมูลซึ่งมีคอลัมน์สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่

index	อ้างอิงตำแหน่งของรถยนต์แต่ละคัน
axis_1	เก็บข้อมูลแกน X ของรถยนต์แต่ละคัน
axis_2	เก็บข้อมูลแกน Y ของรถยนต์แต่ละคัน
c_type	เก็บประเภทรถยนต์ที่ถูกต้องของรถยนต์แต่ละคัน
neuron_value	เก็บผลลัพธ์เป็นตัวเลขที่โปรแกรมคำนวณได้ของรถยนต์แต่ละคัน
neuron_type	เก็บผลลัพธ์ประเภทรถที่โปรแกรมประมวลผลได้ของรถยนต์แต่ละคัน

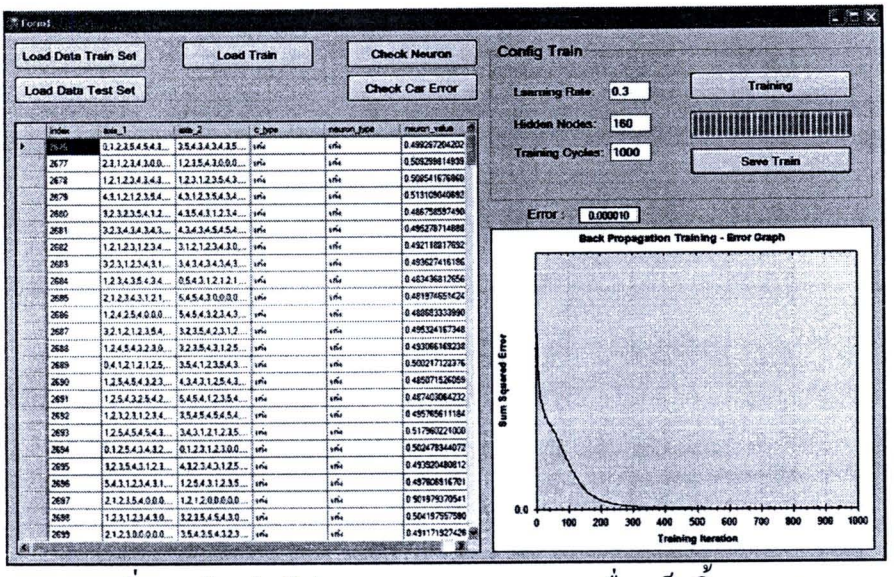
กระบวนการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการใหญ่ๆ คือ กระบวนการสอนให้รู้จำ และกระบวนการแยกประเภท ดังนี้

(1) กระบวนการสอนให้รู้จำ จะทำการสอนให้กับกลุ่มที่ใช้สอนให้รู้จำ โดยการเรียนรู้นี้จะอาศัยข้อมูลต่างๆที่อยู่ในฐานข้อมูล ได้แก่ index เพื่อใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งรถยนต์แต่ละคัน ข้อมูลของ axis_1 และ axis_2 เป็นข้อมูลอินพุตเพื่อใช้ในการสอน และ c_type เป็นผลลัพธ์ที่ต้องการให้รู้จำ แต่ข้อมูลข้างต้นไม่เพียงพอในการสอน คือ ไม่มีค่าตัวแปร *learning rate*, *hidden nodes* และ *training cycles* ซึ่งต้องกำหนดเองก่อนการสอน โดยในการทดลองผู้วิจัยกำหนดค่าดังกล่าว ดังนี้ *learning rate* = 0.3, *hidden nodes* = 160 และ *training cycles* = 1000 และเมื่อเสร็จสิ้นการสอนโปรแกรมจะแสดงค่าผลลัพธ์ของรถยนต์แต่ละคันเป็นตัวเลขที่คำนวณได้จากการสอนในช่อง neuron_value และแสดงผลเป็นประเภทรถยนต์ในช่อง neuron_type พร้อมทั้งแสดงค่าความผิดพลาดในแต่ละรอบของการสอนเป็นกราฟ ตัวอย่างโปรแกรมขณะทำการสอนแสดงดังภาพที่ 3.8 และภาพที่ 3.9 แสดงตัวอย่างโปรแกรมเมื่อทำการสอนเสร็จแล้ว กราฟด้านล่างทางซ้ายแสดงค่าความผิดพลาดในแต่ละรอบของการสอน

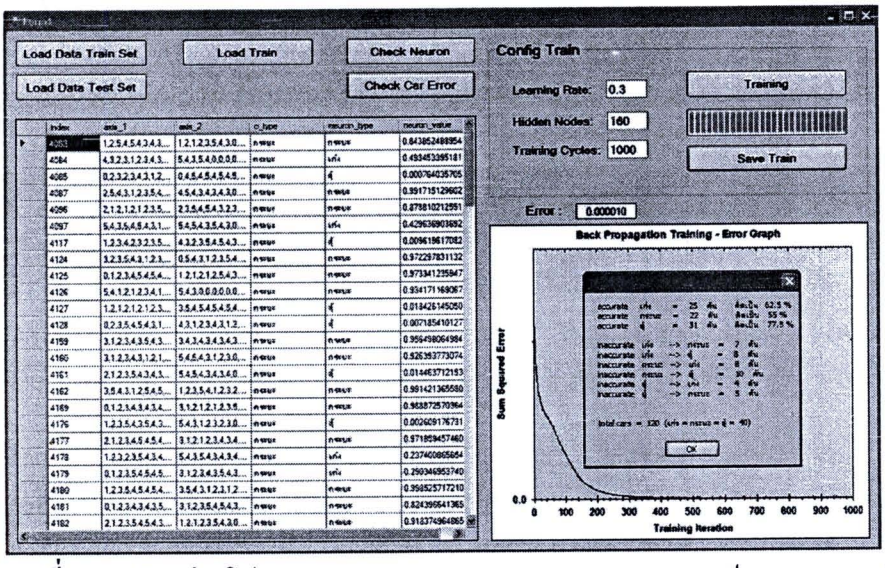
(2) กระบวนการแยกประเภท นำข้อมูลกลุ่มที่ใช้ทดลองมาทำการทดลองแยกประเภทรถยนต์ โดยกระบวนการแยกประเภทนี้อาศัยผลการรู้จำที่ได้จากการสอนข้างต้นมาประมวลผล ตัวอย่างโปรแกรมแยกประเภทรถยนต์โดยใช้อัลกอริทึม Back-propagation Neural Network แสดงดังภาพที่ 3.10 ซึ่งกระบวนการทดลองทั้งหมดตั้งแต่การสอนให้รู้จำจนถึงผลการทดลองที่ได้แสดงดัง block diagram ในภาพที่ 3.11



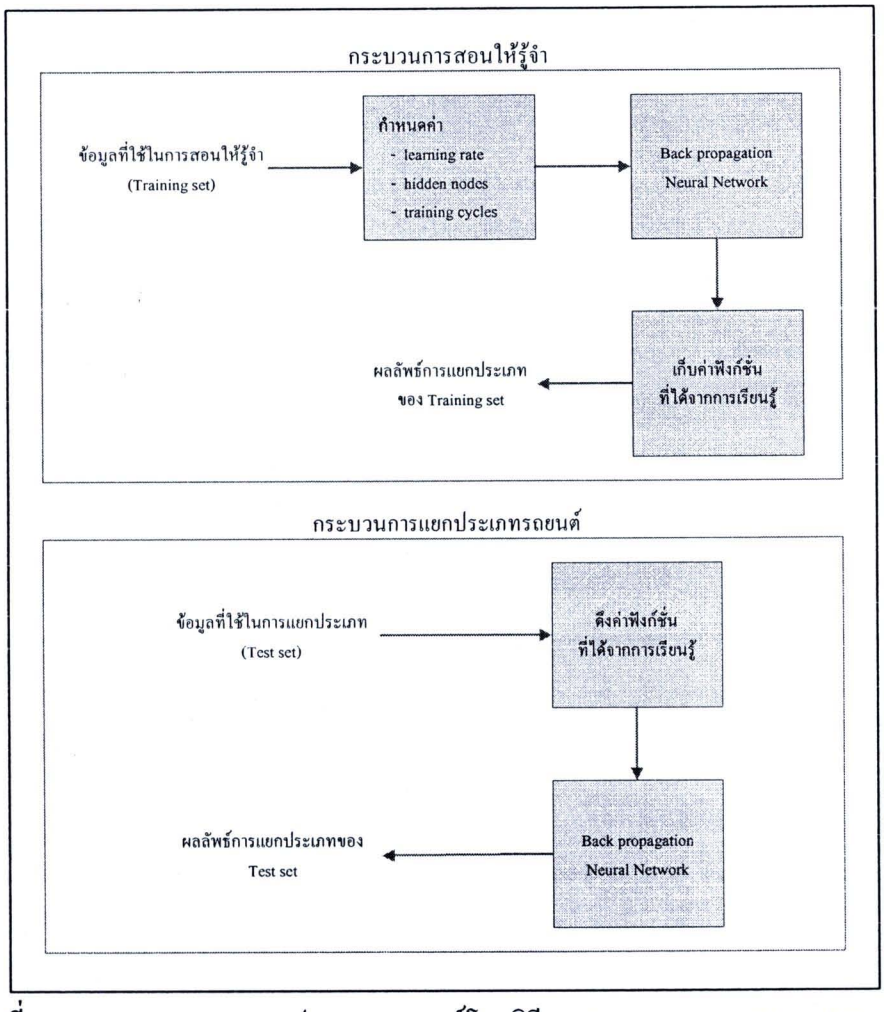
ภาพที่ 3.8 ตัวอย่างโปรแกรม Neural Network ขณะทำการสอน



ภาพที่ 3.9 ตัวอย่างโปรแกรม Neural Network เมื่อเสร็จสิ้นการสอน



ภาพที่ 3.10 ตัวอย่างโปรแกรม Neural Network แสดงผลการแยกประเภทรถยนต์



ภาพที่ 3.11 กระบวนการแยกประเภทรถยนต์โดยวิธี Back-propagation Neural Network

5.2 การทดลองแยกประเภทรถยนต์โดยใช้อัลกอริทึม Hill Climbing

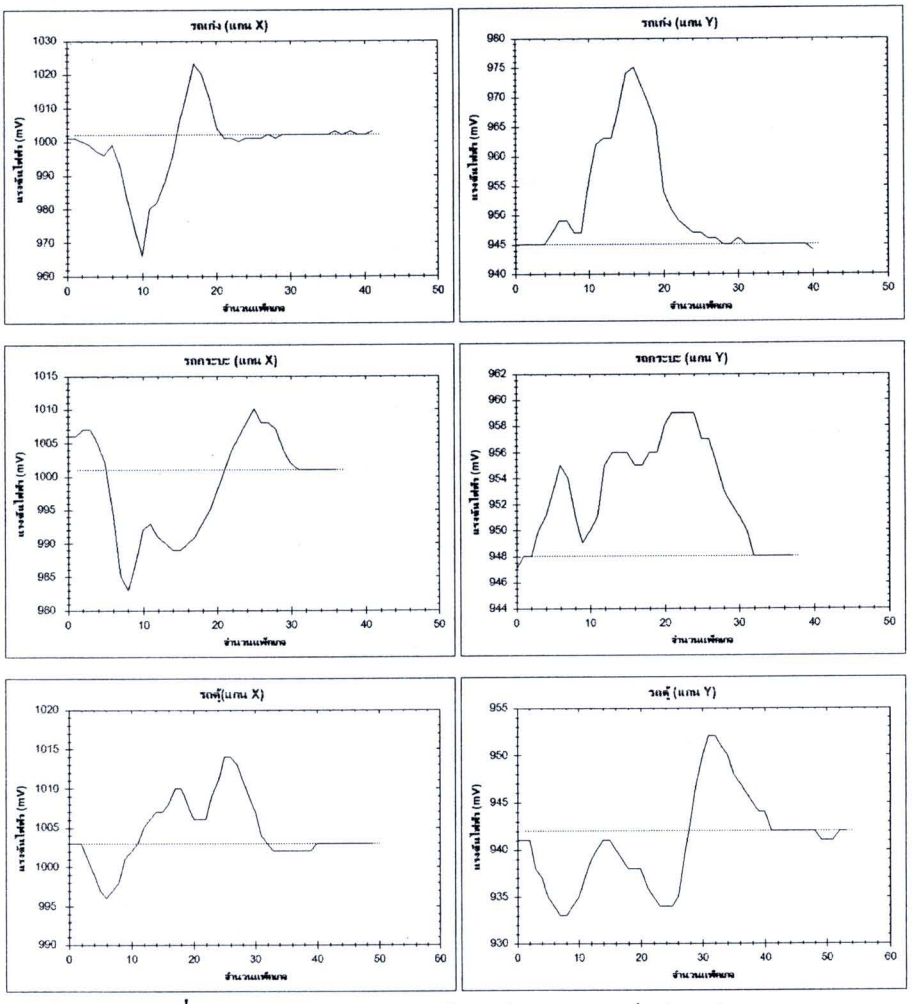
การทดลองแยกประเภทรถยนต์โดยใช้อัลกอริทึม Hill climbing จะแยกประเภทรถยนต์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถเก๋ง รถกระบะ และรถตู้ เช่นเดียวกับวิธี Back-propagation Neural Network ในการทดลองต้องอาศัยข้อมูลของรถยนต์แต่ละคันที่อยู่ในฐานข้อมูลซึ่งมีคอลัมน์สำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่

index	อ้างอิงตำแหน่งของรถยนต์แต่ละคัน
c_hill3	เก็บข้อมูลแกน X ของรถยนต์แต่ละคัน
c_hill4	เก็บข้อมูลแกน Y ของรถยนต์แต่ละคัน
class_hill	เก็บผลลัพธ์ประเภทรถที่โปรแกรมประมวลผลได้ของรถยนต์แต่ละคัน

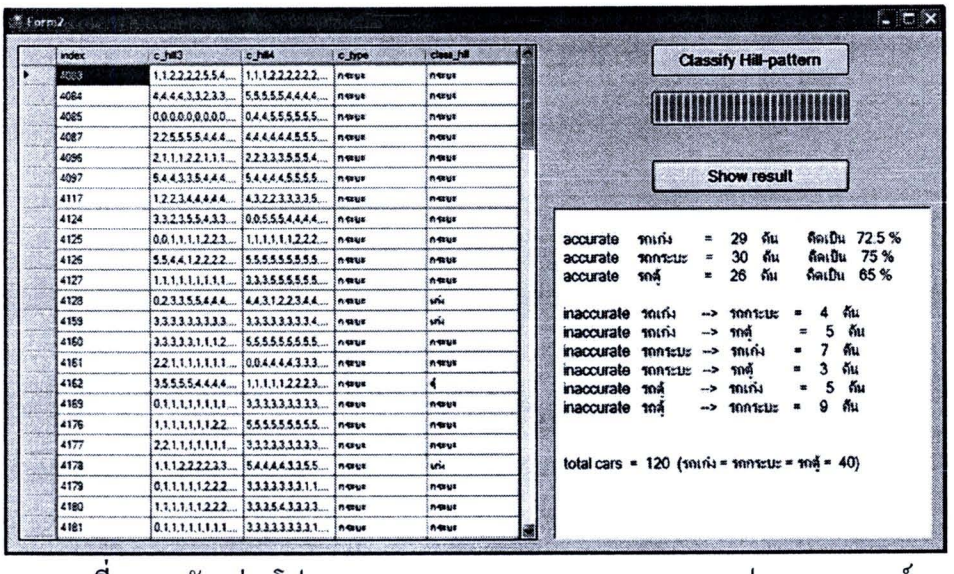
กระบวนการทดลองจะแบ่งออกเป็น 2 กระบวนการหลัก คือ กระบวนการหารูปแบบอ้างอิงของรถแต่ละประเภท และกระบวนการแยกประเภทรถยนต์ ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

(1) กระบวนการหารูปแบบอ้างอิงของรถยนต์แต่ละประเภท ขั้นตอนแรกจะนำข้อมูลของกลุ่มที่ใช้หารูปแบบอ้างอิงซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับกลุ่มที่ใช้สอนให้รู้จำของวิธี Back-propagation Neural Network โดยรถยนต์แต่ละคันจะมีข้อมูล 2 ชุด คือ ข้อมูลแกน X เก็บอยู่ในคอลัมน์ c_hill3 และข้อมูลแกน Y เก็บอยู่ในคอลัมน์ c_hill4 นำข้อมูลทั้ง 2 แกนของรถทุกคันมาแสดงเป็นกราฟเพื่อใช้วิเคราะห์หารูปแบบอ้างอิงของรถยนต์แต่ละประเภท จากนั้นจะวิเคราะห์หารูปแบบอ้างอิงโดยพิจารณาจากคุณลักษณะที่เหมือนกันของรถยนต์ประเภทเดียวกัน และลักษณะที่แตกต่างกันของรถต่างประเภทกัน จนกระทั่งได้รูปแบบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับรถยนต์ในประเภทนั้นๆ ขั้นตอนสุดท้ายบันทึกรูปแบบอ้างอิงของรถยนต์ทุกประเภทเพื่อนำไปใช้ในการทดลองแยกประเภทรถยนต์ ตัวอย่างรูปแบบอ้างอิงของรถยนต์แต่ละประเภทแสดงดังภาพที่ 3.12 จากภาพจะสังเกตุเห็นว่ารถยนต์แต่ละประเภทมีรูปแบบที่ค่อนข้างแตกต่างกัน จึงอาศัยความแตกต่างนี้เป็นตัวกำหนดประเภทของรถยนต์

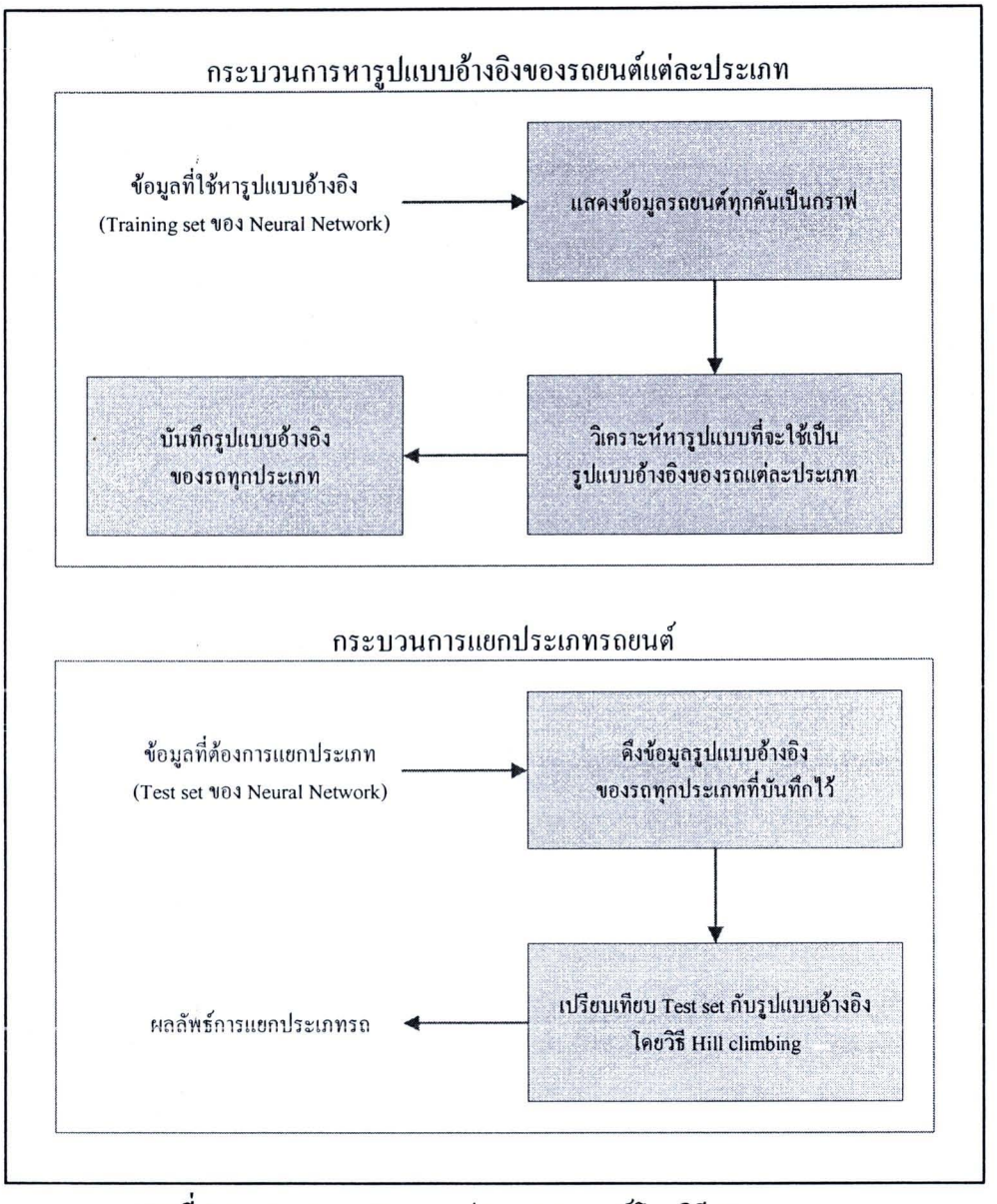
(2) กระบวนการแยกประเภทรถยนต์ ขั้นตอนแรกนำข้อมูลของกลุ่มที่ใช้ทดลองซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับกลุ่มที่ใช้ทดลองของวิธี Back-propagation Neural Network จากฐานข้อมูลในคอลัมน์ c_hill3 และ c_hill4 เข้าสู่โปรแกรม จากนั้นดึงรูปแบบอ้างอิงของรถยนต์ทุกประเภทที่บันทึกไว้เข้าสู่โปรแกรม ขั้นตอนต่อไปจะทำการแยกประเภทรถยนต์โดยอัลกอริทึม Hill climbing ซึ่งเป็นการพิจารณารูปแบบรถแต่ละคันของกลุ่มที่ใช้ทดลองมีลักษณะใกล้เคียงกับรูปแบบอ้างอิงของรถประเภทใดมากที่สุด เมื่ออัลกอริทึม Hill climbing ประมวลผลเสร็จแล้วจะแสดงผลลัพธ์เป็นประเภทรถยนต์ในคอลัมน์ class_hill ตัวอย่างโปรแกรมแสดงผลการแยกประเภทรถยนต์แสดงดังภาพที่ 3.13 และกระบวนการทั้ง 2 ที่กล่าวมาข้างต้นแสดงเป็น block diagram ได้ดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.12 ตัวอย่างรูปแบบอ้างอิงของรถยนต์แต่ละประเภท



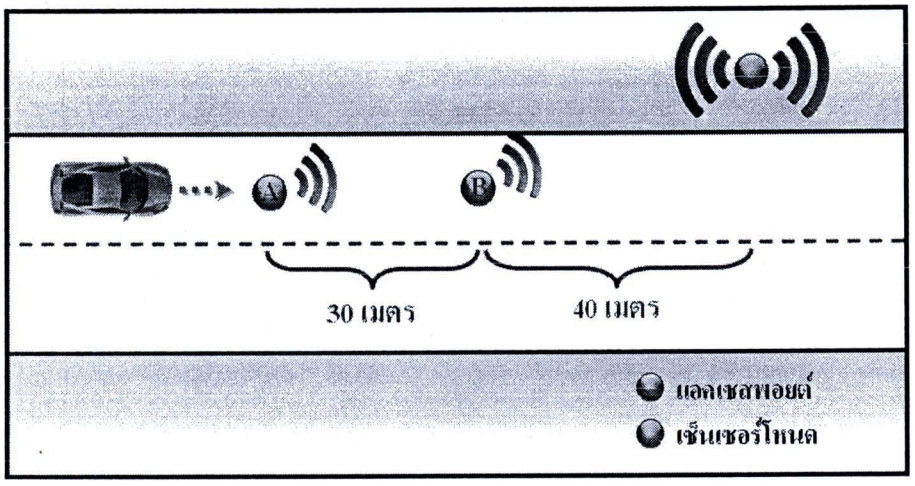
ภาพที่ 3.13 ตัวอย่างโปรแกรม Hill climbing แสดงผลการแยกประเภทรถยนต์



ภาพที่ 3.14 กระบวนการแยกประเภทรถยนต์โดยวิธี Hill climbing

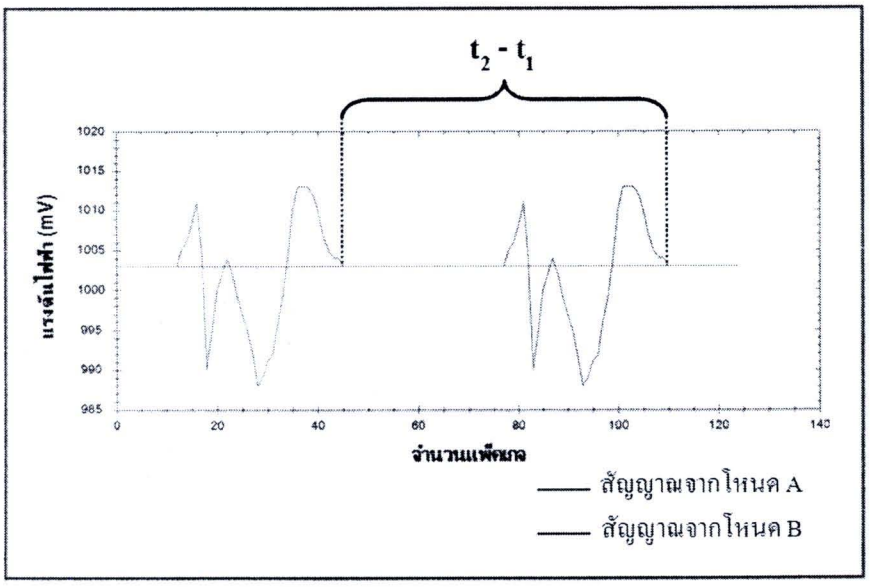
6. วิธีการทดลองวัดความเร็วรถยนต์

การทดลองวัดความเร็วรถยนต์ของงานวิจัยนี้ได้ทดลองที่ถนนหลังหอประชุมกาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยขอนแก่น ทำการทดลองโดยติดตั้งเซ็นเซอร์โหนด 2 โหนด (เซ็นเซอร์โหนด A และ B) ในช่องทางจราจรเดียวกัน มีระยะห่างระหว่างโหนด 30 เมตร และติดตั้งแอคเซสพอยต์ 1 โหนด บริเวณริมช่องทางจราจรนั้น โดยมีระยะห่างจากเซ็นเซอร์โหนด A 70 เมตร และมีระยะห่างจากเซ็นเซอร์โหนด B 40 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.15 ทำการทดลองวัดความเร็วรถกระบะ 1 คัน โดยขับรถผ่านโหนด A ก่อนแล้วจึงผ่านโหนด B ด้วยความเร่งคงที่ ซึ่งมีความเร็วไม่เกิน 70 กม./ชม. ทำการทดลองทั้งหมด 55 ครั้ง โดยในการทดลองแต่ละครั้งไม่มีรถคันอื่นขับอยู่ในช่องทางจราจรนั้น

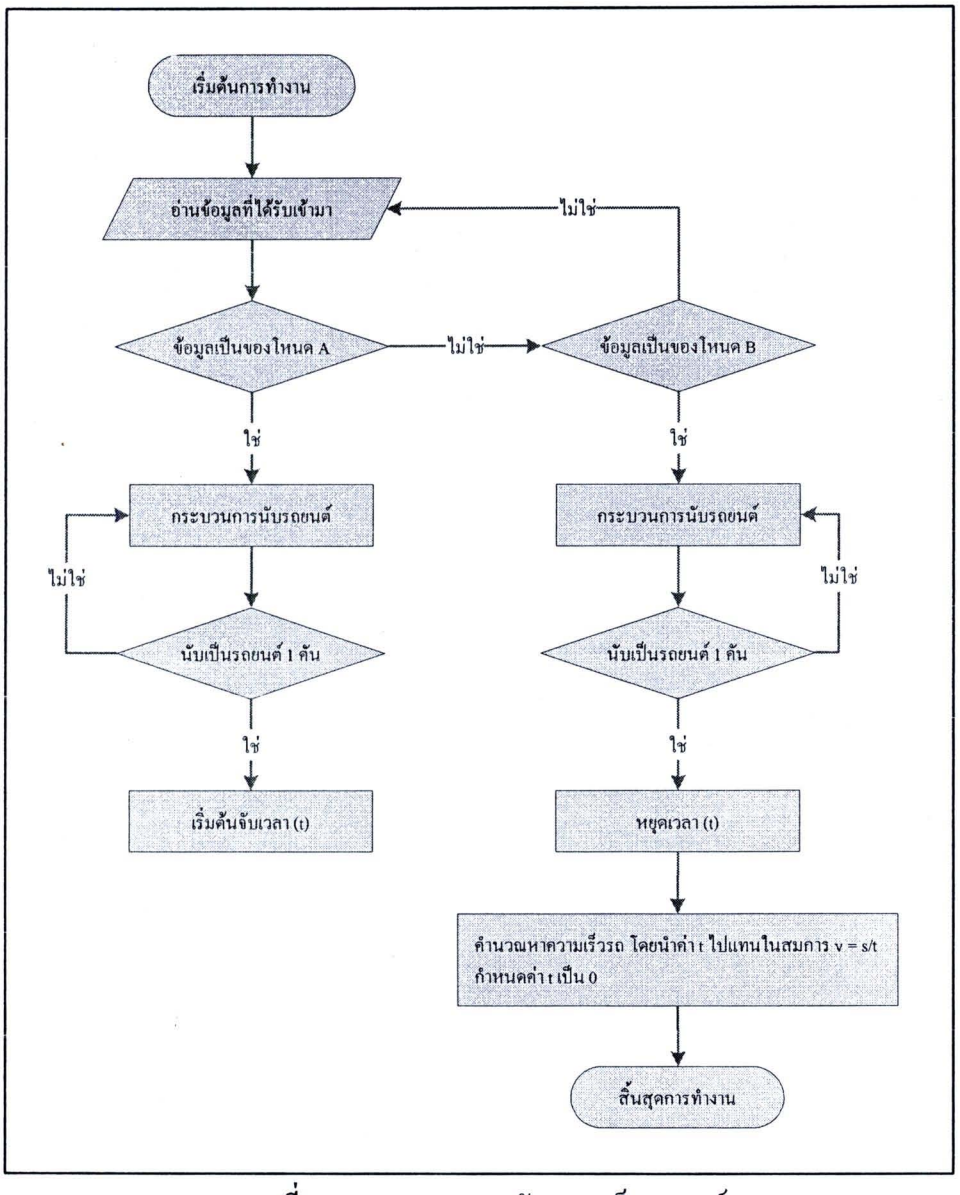


ภาพที่ 3.15 การติดตั้งโหนดต่างๆในการทดลองวัดความเร็วรถยนต์

การหาความเร็วรถยนต์ คำนวณได้จากสมการ $V = S / (t_2 - t_1)$ ตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นในบทที่ 2 หัวข้อที่ 9 โดย S ในการทดลองนี้มีค่า 30 เมตร ทำการหาค่า t_1 และ t_2 ได้จาก เมื่อแอคเซสพอยต์นับรถที่ขับผ่านเซ็นเซอร์โหนด A ได้ 1 คัน จะเริ่มต้นจับเวลาโดยมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที และเมื่อแอคเซสพอยต์นับรถที่ขับผ่านเซ็นเซอร์โหนด B ได้ 1 คัน จะหยุดจับเวลา โดยระยะเวลานี้ คือ $t_2 - t_1$ ในสมการหาความเร็วรถยนต์ และนำผลการทดลองที่ได้ไปเปรียบเทียบกับความเร็วอ้างอิงเพื่อหาความเร็วคลาดเคลื่อน การคำนวณหาความเร็วอ้างอิงจะใช้หลักการเดียวกัน แต่ระยะเวลา $t_2 - t_1$ ได้จากการจับเวลาของผู้วิจัยมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที ตัวอย่างกราฟรถยนต์ 1 คันที่ขับผ่านเซ็นเซอร์โหนดทั้ง 2 แสดงดังภาพที่ 3.16 และกระบวนการวัดความเร็วรถยนต์แสดงดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.16 กราฟรถยนต์ 1 คัน ในการทดลองวัดความเร็ว



ภาพที่ 3.17 กระบวนการวัดความเร็วรถยนต์

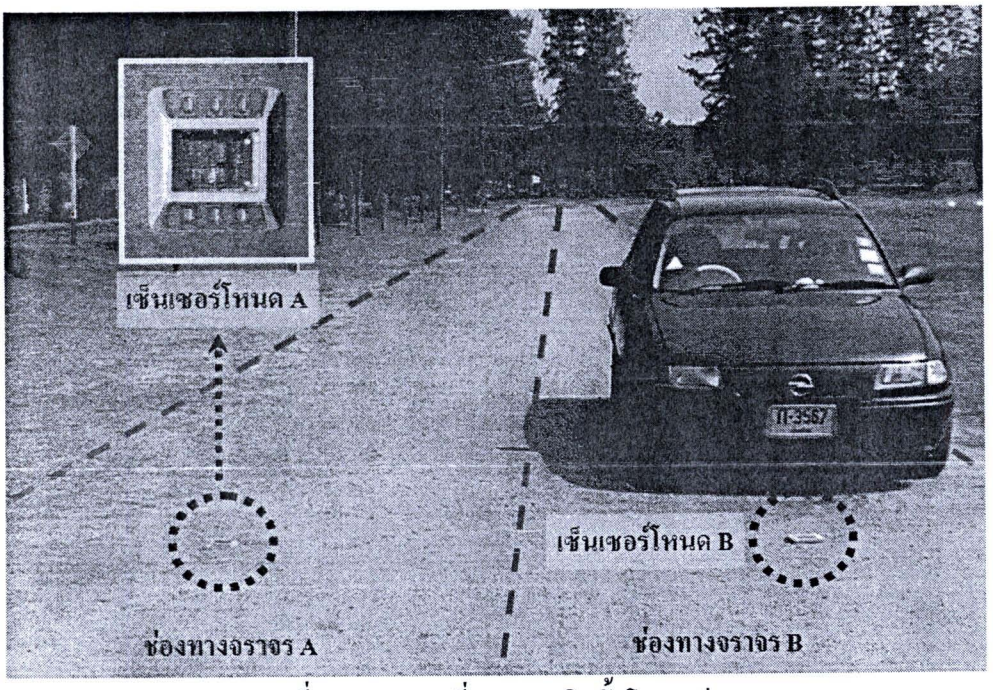
7. วิธีการทดลองผลกระทบที่เกิดจากรถยนต์ในช่องทางจราจรข้างเคียง

การทดลองผลกระทบที่เกิดจากรถยนต์ในช่องทางจราจรข้างเคียงของงานวิจัยนี้ได้ทดลองบริเวณริมบึงสีฐานในมหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยสร้างเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย ซึ่งประกอบด้วยเซ็นเซอร์โหนด 2 โหนด (เซ็นเซอร์โหนด A และ B) และแอคเซสพอยต์ 1 โหนด โดยติดตั้งเซ็นเซอร์โหนด A ในถนนบริเวณกลางช่องทางจราจร A โหนด B ติดตั้งในถนนบริเวณกลางช่องทางจราจร B ซึ่งเป็นช่องทางข้างเคียงของช่องทาง A โดยทั้ง 2 โหนดมีระยะห่างระหว่างกัน 3 เมตร และติดตั้งแอคเซสพอยต์ 1 โหนด บริเวณริมช่องทางจราจร A และห่างจากโหนด A เป็นระยะทาง 10 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.18

วิธีการทดลองแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

(1) มีรถยนต์ขับในช่องทางจราจรใดช่องทางหนึ่งเท่านั้น

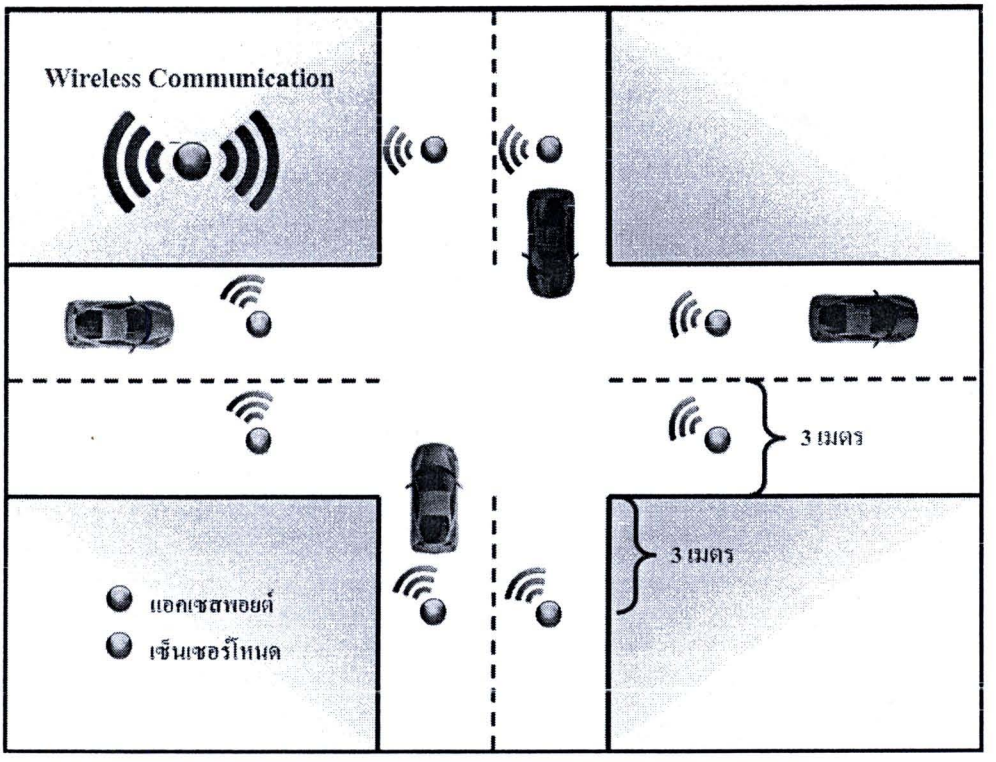
(2) มีรถยนต์ขับในช่องทางจราจรทั้งสอง โดยขับสวนกันพอดีขณะค่อมเซ็นเซอร์โหนด



ภาพที่ 3.18 สถานที่และการติดตั้งโหนดต่างๆ

8. วิธีการทดลองการทำงานของเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สาย

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สายที่สร้างขึ้น โดยพิจารณาประสิทธิภาพของเครือข่ายจากความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการประมวลผลของแอคเซสพอยต์ในเวลาต่างๆ การทดลองนี้ได้ทำการทดลองที่บริเวณลานจอดรถหลังหอประชุมกาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยขอนแก่น เริ่มทดลองโดยขยายขนาดเครือข่ายให้มีเซ็นเซอร์โหนด 8 โหนด แอคเซสพอยต์ 1 โหนด และมีโทโปโลยีเป็นแบบสตาร์ จากนั้นติดตั้งโหนดทั้งหมดโดยจำลองให้เหมือนกับบริเวณสี่แยกของถนนที่มีไฟสัญญาณจราจรควบคุม โดยในแต่ละทางแยกมี 2 ช่องทาง แต่ละช่องทางกว้าง 3 เมตร ติดตั้งเซ็นเซอร์โหนดทุกช่องทาง ช่องทางละ 1 โหนด โดยห่างจากบริเวณสี่แยก 3 เมตร และติดตั้งแอคเซสพอยต์นอกพื้นที่ถนน โดยห่างจากเซ็นเซอร์โหนดที่อยู่ไกลสุด 15 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.19 วิธีการทดลองทำโดยในแต่ละช่องทางจะมีจำนวนรถยนต์ที่ได้จากการสุ่ม และขับด้วยความเร็วไม่เท่ากัน โดยทำการกำหนดระยะเวลาและช่องทางปล่อยรถให้เหมือนกับบริเวณสี่แยกไฟแดงของถนน



ภาพที่ 3.19 การติดตั้งโหนดต่างๆเพื่อทดสอบการทำงานของเครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สาย