บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการทดลองนับจำนวนรถยนต์

จากการติดตั้งเซ็นเซอร์โหนดทั้ง 2 โหนด และแอคเซสพอยต์ 1 โหนด เพื่อนับจำนวนรถยนต์ที่เข้า-ออกลานจอดรถของศูนย์อาหารและบริการในมหาวิทยาลัยขอนแก่น และทำการวิเคราะห์นับจำนวนรถโดยใช้วิธีการตามที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 หัวข้อที่ 4 ได้ผลการทดลองนับจำนวนรถยนต์ประเภทต่างๆ ได้แก่ รถเก๋ง รถกระบะ และรถตู้ ที่ขับผ่านเซ็นเซอร์โหนดทั้ง 2 โหนด มีรถยนต์ขับผ่านทั้งหมด 1,492 คัน สามารถนับจำนวนได้ 1,469 คัน คิดเป็นอัตราส่วนได้ร้อยละ 98.46 โดยแบ่งตามประเภทได้ดังนี้ รถเก๋งนับจำนวนได้ร้อยละ 98.19 รถกระบะนับจำนวนได้ร้อยละ 98.46 และรถตู้นับจำนวนได้ร้อยละ 100 ผลการทดลองทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งจำนวนทั้งหมดของรถยนต์แต่ละประเภทที่ใช้ในการทดลองได้จากการจดบันทึกของผู้วิจัย จากการทดลอง พบว่าสาเหตุที่สามารถนับรถตู้ได้ทุกคัน เนื่องจาก ขณะที่รถตู้เคลื่อนที่จะส่งผลให้ค่าสนามแม่เหล็กโลกมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่ารถเก๋งกับรถกระบะ และสนามแม่เหล็กโลกใช้เวลาในการกลับสู่สภาวะเดิม หรือเข้าสู่ช่วงค่าอ้างอิงนานกว่ารถอีก 2 ประเภทเช่นกัน ส่งผลให้โปรแกรมสามารถนับจำนวนรถตู้ได้อย่างแม่นยำ ส่วนรถยนต์ที่ไม่สามารถนับได้เกิดจาก ระยะห่างระหว่างรถยนต์มีค่าน้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ทำให้ผลการนับเกิดความผิดพลาด คือ นับเป็นรถยนต์ 1 คัน กล่าวคือ เมื่อมีรถยนต์หลายคันขับติดกันมากเกินระยะที่กำหนดไว้จะทำให้โปรแกรมนับจำนวนรถยนต์ได้ 1 คัน แต่ถ้ากำหนดระยะห่างระหว่างรถยนต์ให้น้อยลงจะส่งผลให้เกิดความผิดพลาดได้เช่นกัน คือ รถยนต์ 1 คัน จะนับได้ 2 คัน

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองนับจำนวนรถยนต์

ประเภทรถยนต์	จำนวนรถในการทดลอง (คัน)	นับจำนวนได้ (คัน)	คิดเป็นร้อยละ (%)
รถเก๋ง	939	922	98.19
รถกระบะ	386	380	98.46
รถตู้	167	167	100
ทั้งหมด	1492	1469	98.46

2. ผลการทดลองแยกประเภทรถยนต์

งานวิจัยนี้ทำการแยกประเภทรถยนต์ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถเก๋ง รถกระบะ และรถตู้ โดยเปรียบเทียบความถูกต้องของผลการทดลองระหว่างอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network กับอัลกอริทึม Hill climbing ได้ผลการทดลองของทั้ง 2 อัลกอริทึมเป็นดังนี้

2.1 ผลการทดลองแยกประเภทรถยนต์โดยอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network

ผลการทดลองแยกประเภทรถยนต์โดยอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network เมื่อได้ทำตามกระบวนการสอนให้รู้จำและกระบวนการแยกประเภทตามที่ได้กล่าวในบทที่ 3 หัวข้อที่ 5.1 ได้ผลการทดลอง คือ สามารถแยกประเภทรถยนต์ของกลุ่มที่ใช้สอนให้รู้จำได้ถูกต้องทุกคัน และแยกประเภทกลุ่มที่ใช้ทดลองได้ถูกต้องร้อยละ 65 ซึ่งแบ่งตามประเภทได้ดังนี้ รถเก๋งถูกต้องร้อยละ 62.5 รถกระบะถูกต้องร้อยละ 55 และรถตู้ถูกต้องร้อยละ 77.5 ผลการทดลองทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.2 จากการทดลองความผิดพลาดที่เกิดขึ้นอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ความเร็วรถยนต์ในขณะตรวจจับ ถ้ารถยนต์ขับมาด้วยความเร็วไม่เท่าเดิมจะทำให้ข้อมูลที่ได้มีความแตกต่างกัน ซึ่งจะแตกต่างกันมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วในขณะนั้น เมื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นอินพุตในการแยกประเภทโดยอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ไม่ถูกต้อง อีกสาเหตุ คือ รถยนต์บางคันที่ได้ทำการปรับแต่งโครงสร้างรถยนต์อาจทำให้ข้อมูลที่ได้ไม่ตรงกับความเป็นจริง ทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ผิดพลาด หรือความผิดพลาดที่เกิดจากผู้วิจัย เนื่องจากกระบวนการสอนให้รู้จำของอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network มีตัวแปรและกระบวนการต่างๆมากมาย ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องกำหนดค่าตัวแปรเหล่านั้นให้เหมาะสมเพื่อให้เกิดความผิดพลาดน้อยที่สุด รวมทั้งอินพุตที่ใช้สอนให้กับอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network ต้องมีจำนวนและคุณภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการทดสอบจริงได้

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองแยกประเภทรถยนต์โดยอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network

ประเภทรถยนต์	กลุ่มสอนให้รู้จำ (ประเภทละ 100 คัน)		กลุ่มทดลอง (ประเภทละ 40 คัน)	
	แยกประเภทได้ถูกต้อง (คัน)	คิดเป็นร้อยละ (%)	แยกประเภทได้ถูกต้อง (คัน)	คิดเป็นร้อยละ (%)
รถเก๋ง	100	100	25	62.5
รถกระบะ	100	100	22	55
รถตู้	100	100	31	77.5
ทั้งหมด	300	100	78	65

2.2 ผลการทดลองแยกประเภทรถยนต์โดยอัลกอริทึม Hill climbing

ผลการทดลองแยกประเภทรถยนต์โดยอัลกอริทึม Hill climbing เมื่อได้วิเคราะห์หารูปแบบอ้างอิงของรถยนต์แต่ละประเภทโดยทำตามกระบวนการหารูปแบบอ้างอิง และทำการแยกประเภทตามกระบวนการทดลองแยกประเภทรถยนต์ตามที่ได้กล่าวในบทที่ 3 หัวข้อที่ 5.2 ได้ผลการทดลอง คือ สามารถแยกประเภทรถยนต์ทั้งหมดได้ถูกต้องร้อยละ 70.83 ซึ่งแบ่งตามประเภทได้ดังนี้ รถเก๋งถูกต้องร้อยละ 72.5 รถกระบะถูกต้องร้อยละ 75 และรถตู้ถูกต้องร้อยละ 65 โดยผลการทดลองทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.3 จากการทดลองความผิดพลาดเกิดขึ้นจากหลายสาเหตุ เช่น รูปแบบของรถยนต์ในประเภทเดียวกันมีหลายรูปแบบ ซึ่งบางรูปแบบอาจไปคล้ายคลึงกับรถยนต์ประเภทอื่นจึงทำให้ผลการวิเคราะห์เกิดความผิดพลาด สาเหตุอื่นเกิดขึ้นคล้ายกับการแยกประเภทรถยนต์โดยใช้อัลกอริทึม Back-propagation Neural Network คือ ความเร็วรถยนต์ หรือการปรับแต่งโครงสร้างรถยนต์

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองแยกประเภทรถยนต์โดยอัลกอริทึม Hill climbing

ประเภทรถยนต์ (ประเภทละ 40 คัน)	แยกประเภทได้ถูกต้อง (คัน)	คิดเป็นร้อยละ (%)
รถเก๋ง	29	72.5
รถกระบะ	30	75
รถตู้	26	65
ทั้งหมด	85	70.83

จากผลการทดลองทั้ง 2 พบว่า อัลกอริทึม Hill climbing สามารถแยกประเภทรถยนต์ทั้งหมดได้ถูกต้องร้อยละ 70.83 ซึ่งมากกว่าอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network ที่แยกประเภทได้ถูกต้องร้อยละ 65 และเมื่อพิจารณารถยนต์แต่ละประเภท พบว่า อัลกอริทึม Hill climbing สามารถแยกรถเก๋ง และรถกระบะได้ดีกว่าอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network แต่แยกรถตู้ได้น้อยกว่า Back-propagation Neural Network ดังแสดงในตารางที่ 4.4 อีกทั้งอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network มีขั้นตอนและตัวแปรต่างๆที่ต้องควบคุมให้เหมาะสมและมีคุณภาพเพียงพอในการนำมาใช้งานมากกว่าอัลกอริทึม Hill climbing ดังนั้น อัลกอริทึม Hill climbing มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้แยกประเภทรถยนต์มากกว่าอัลกอริทึม Back-propagation Neural Network แต่จากผลการทดลองข้างต้นจะสังเกตุเห็นว่าความถูกต้องของทั้ง 2 อัลกอริทึมนี้มีน้อยกว่าร้อยละ 71 ซึ่งถ้าจะนำไปใช้งานจริงควรพัฒนาปรับปรุงในด้านต่างๆ เช่น เพิ่มความเร็วในการส่ง

ข้อมูลของเซ็นเซอร์โหนดเพื่อให้ข้อมูลของรถแต่ละคันที่บันทึกได้มีจำนวนข้อมูลมากขึ้น หรืออาจเพิ่มเซ็นเซอร์ชนิดอื่นในเซ็นเซอร์โหนดเพื่อให้ข้อมูลมีความหลากหลายมากขึ้น มีความแม่นยำมากขึ้น การพัฒนาในส่วนของกระบวนการวิเคราะห์อาจใช้หลายอัลกอริทึมวิเคราะห์ร่วมกันหรือเปลี่ยนไปใช้อัลกอริทึมอื่นเพื่อให้เกิดความถูกต้องมากขึ้น มีความน่าเชื่อถือมากขึ้นจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้จริง

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบผลการแยกประเภทรถยนต์ของ 2 อัลกอริทึม

ประเภทรถยนต์	Back-propagation Neural Network		Hill climbing	
	แยกประเภทได้ถูกต้อง (คัน)	คิดเป็นร้อยละ (%)	แยกประเภทได้ถูกต้อง (คัน)	คิดเป็นร้อยละ (%)
รถเก๋ง	25	62.5	29	72.5
รถกระบะ	22	55	30	75
รถตู้	31	77.5	26	65
ทั้งหมด	78	65	85	70.83

3. ผลการทดลองวัดความเร็วรถยนต์

จากการติดตั้งเซ็นเซอร์โหนดทั้ง 2 โหนด และแอคเซสพอยต์ 1 โหนด ที่ถนนหลังหอประชุมกาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยขอนแก่น และวิเคราะห์ความเร็วรถโดยใช้สมการ $V = S / (t_2 - t_1)$ ตามที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 หัวข้อที่ 6 ได้ผลการทดลอง คือ ระบบสามารถวัดความเร็วรถยนต์ได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ โดยมีความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยประมาณ 2 กม./ชม. ซึ่งรถยนต์ที่ขับช้าจะวัดความเร็วได้ค่อนข้างถูกต้อง แต่รถยนต์ที่ขับเร็วขึ้นจะมีความคลาดเคลื่อนมากขึ้น โดยผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.5 และจากการทดลองพบว่าความผิดพลาดเกิดขึ้นจากแอคเซสพอยต์ได้ผลการนับรถของเซ็นเซอร์โหนดใดโหนดหนึ่ง หรือทั้ง 2 โหนด เร็วหรือช้ากว่าปกติ ทำให้ระยะเวลาที่รถยนต์ขับผ่านทั้ง 2 โหนด มีความคลาดเคลื่อนโดยอาจมากหรือน้อยกว่าความเป็นจริง เมื่อนำระยะเวลานี้ไปคำนวณเพื่อหาความเร็วจะส่งผลให้ได้ความเร็วที่คลาดเคลื่อน การแก้ปัญหาทำได้โดยต้องกำหนดระยะห่างระหว่างเซ็นเซอร์โหนดทั้ง 2 โหนด ให้เหมาะสม เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของเวลา อีกสาเหตุหนึ่งของความผิดพลาดเกิดจากผู้วิจัย เนื่องจากเวลาที่ใช้คำนวณความเร็วอ้างอิงได้จากการจับเวลาของผู้วิจัย ซึ่งส่งผลให้ความเร็วอ้างอิงนี้คลาดเคลื่อนได้เช่นกัน

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองวัดความเร็วรถยนต์

ความเร็วทดลอง (กม./ชม.)	จำนวนครั้งที่ทดลอง	คลาดเคลื่อนเฉลี่ย (กม./ชม.)
1 - 10	5	0.8
11 - 20	17	0.94
21 - 30	9	2.78
31 - 40	15	2.67
41 - 50	5	1.4
51 - 60	3	5.33
61 - 70	1	1

4. ผลการทดลองผลกระทบที่เกิดจากรถยนต์ในช่องทางจราจรข้างเคียง

การทดลองผลกระทบที่เกิดจากรถยนต์ในช่องทางจราจรข้างเคียงได้ทดลองบริเวณริมบึงสีฐาน มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยติดตั้งเซ็นเซอร์โหนด 2 โหนด และแอคเซสพอยต์ 1 โหนด พร้อมทั้งทำการทดลองตามที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 หัวข้อที่ 7 ได้ผลการทดลองดังนี้ ผลการทดลองแบบที่ 1 มีรถยนต์ขับในช่องทางจราจรใดช่องทางหนึ่งเท่านั้น พบว่า สัญญาณที่ได้รับจากเซ็นเซอร์โหนดในช่องทางที่ไม่มีรถยนต์ยังคงเหมือนเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง นั่นคือ เซ็นเซอร์โหนดในช่องทางนี้ไม่สามารถตรวจจับรถยนต์ที่อยู่ในช่องทางจราจรข้างเคียงได้ และจากการทดลองในแบบที่ 2 มีรถยนต์ขับในช่องทางจราจรทั้งสองโดยขับสวนกันพอดีขณะค่อมเซ็นเซอร์โหนด พบว่า สัญญาณที่ได้จากเซ็นเซอร์โหนดทั้งสองในขณะที่รถยนต์ขับสวนกันพอดีจะมีเฉพาะข้อมูลที่ตรวจจับได้ในช่องทางของตนเองเท่านั้น ไม่มีข้อมูลของรถยนต์ในช่องทางข้างเคียง และจากการทดลองนี้ พบว่า เซ็นเซอร์โหนดสามารถตรวจจับรถยนต์ที่ขับไม่ค่อมเซ็นเซอร์โหนดได้ แต่ระยะห่างระหว่างรถยนต์กับเซ็นเซอร์โหนดต้องไม่เกิน 1 เมตร โดยปกติช่องทางจราจรมีความกว้างประมาณ 2.6-3 เมตร เมื่อติดตั้งเซ็นเซอร์โหนดบริเวณกลางช่องทางซึ่งมีระยะห่างจากช่องทางข้างเคียงประมาณ 1.3-1.5 เมตร ทำให้ทราบว่าเซ็นเซอร์โหนดในช่องทางใดๆจะตรวจจับรถยนต์ได้เฉพาะคันที่อยู่ในช่องทางของตนเองเท่านั้น ไม่สามารถตรวจจับคันที่อยู่ในช่องทางอื่นได้ ดังนั้น จึงสรุปผลการทดลองนี้ได้ว่า รถยนต์ที่อยู่ในช่องทางจราจรใดๆจะไม่ส่งผลกระทบต่อช่องทางจราจรข้างเคียง แต่อาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ เช่น ในกรณีที่รถยนต์ขับแซงคันหน้า หรือขับเปลี่ยนช่องทางจราจรทำให้รถไม่ค่อมเซ็นเซอร์โหนดทำให้เซ็นเซอร์โหนดในช่องทางนี้ตรวจจับรถยนต์คันดังกล่าวไม่ได้ กล่าวคือ

เซ็นเซอร์โหนดจะตรวจจับรถยนต์ไม่ได้ก็ต่อเมื่อรถยนต์ขับไม่ค่อมเซ็นเซอร์โหนด และมีระยะห่างจากเซ็นเซอร์โหนดมากกว่า 1 เมตร เนื่องจากเกินระยะที่แมกเนติคเซ็นเซอร์สามารถตรวจจับรถยนต์ได้

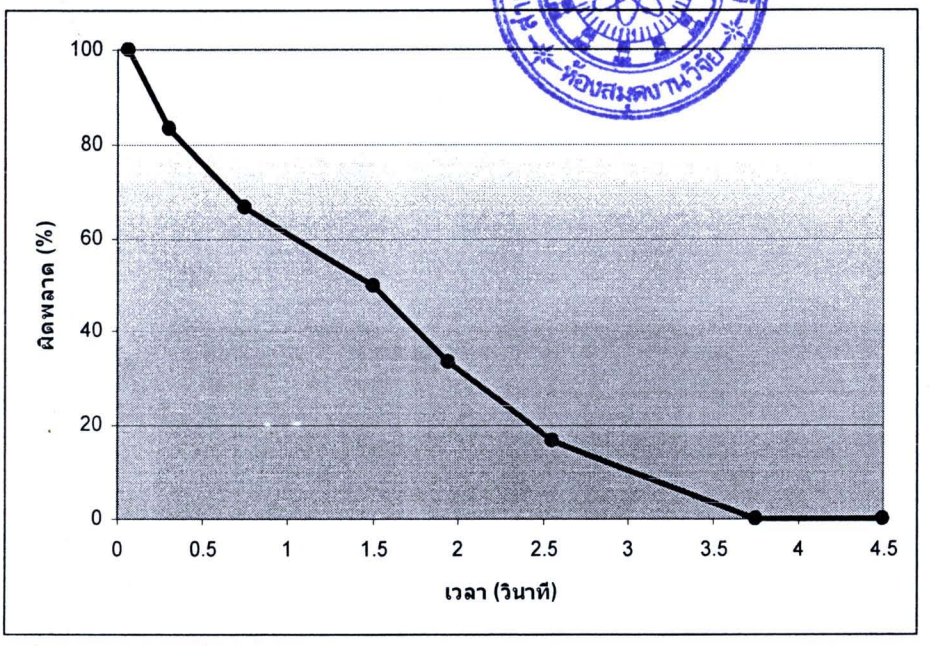
5. ผลการทดลองการทำงานของเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สาย

การทดลองการทำงานของเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สายได้ทดลองที่บริเวณลานจอดรถหลังหอประชุมกาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยติดตั้งเซ็นเซอร์โหนด 8 โหนด และแอคเซสพอยต์ 1 โหนด ซึ่งจำลองให้เหมือนกับบริเวณทางแยกของถนนที่มีสัญญาณไฟจราจร และทำการทดลองโดยในแต่ละช่องทางจะมีจำนวนรถยนต์ที่ได้จากการสุ่ม ซึ่งขับด้วยความเร็วไม่เท่ากัน โดยกำหนดระยะเวลาและช่องทางที่ปล่อยรถยนต์ให้เหมือนกับบริเวณสี่แยกไฟแดงของถนนตามที่ได้กล่าวมาในบทที่ 3 หัวข้อที่ 8 ได้ผลการทดลอง คือ โดยปกติเครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สายที่สร้างขึ้นสามารถทำงานได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ แต่ในกรณีที่มีรถยนต์จำนวนมากและระยะห่างระหว่างรถยนต์ (การทดลองนี้ใช้ระยะเวลาระหว่างรถแทนระยะทาง) มีค่าน้อยจะเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ซึ่งความผิดพลาดนี้เกิดขึ้นเนื่องจากแอคเซสพอยต์ประมวลผลไม่ทัน โดยระยะเวลาระหว่างรถยนต์ที่มีค่าน้อยกว่า 0.06 วินาที จะเกิดความผิดพลาดขึ้นร้อยละ 100 แต่ถ้าระยะเวลามากขึ้นความผิดผลาดจะเกิดน้อยลง ซึ่งที่ระยะเวลา 1.5 วินาที จะเกิดความผิดพลาดขึ้นร้อยละ 50 แต่ถ้าระยะเวลาตั้งแต่ 3.75 วินาทีขึ้นไปจะไม่มีความผิดพลาดเกิดขึ้น ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.1

ตารางที่ 4.6 ค่าความผิดพลาดเมื่อมีรถยนต์จำนวนมากและระยะห่างระหว่างรถยนต์มีน้อย

ระยะเวลา (วินาที)	เกิดความผิดพลาด (%)
0.06	100
0.3	83.33
0.75	66.67
1.5	50
1.95	33.33
2.55	16.67
3.75	0
4.5	0

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย



ภาพที่ 4.1 ค่าความผิดพลาดเมื่อมีรถยนต์จำนวนมากและระยะห่างระหว่างรถยนต์มีน้อย

และจากการทดลอง พบว่า เซ็นเซอร์โหนดสามารถรับ-ส่งข้อมูลกับแอคเซสพอยต์ได้ในระยะทางไกลที่สุดประมาณ 120 เมตร นั่นคือ ขอบเขตที่สามารถติดตั้งแอคเซสพอยต์ได้ต้องมีระยะห่างจากเซ็นเซอร์โหนดที่อยู่ไกลสุดไม่เกิน 120 เมตร วิธีการปรับปรุงเพื่อให้เครือข่ายแมกเนติคเซ็นเซอร์ไร้สายมีประสิทธิภาพมากขึ้นทำได้หลายวิธี เช่น ลดจำนวนข้อมูลที่เซ็นเซอร์โหนดส่งให้แอคเซสพอยต์ หรือเพิ่มความหน่วง (Delay) ในการส่งข้อมูลแต่ละครั้งของเซ็นเซอร์โหนดเพื่อให้แอคเซสพอยต์สามารถประมวลผลได้ทัน หรือเซ็นเซอร์โหนดอาจส่งเฉพาะข้อมูลจำนวนรถเพื่อให้แอคเซสพอยต์สามารถวิเคราะห์ผลได้ทันที