

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัย

7.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการประยุกต์ใช้ข่ายงานระบบประสาท (Neural Network) เข้ากับการควบคุมหุ่นยนต์สี่ขา (Quadruped robot) เพื่อควบคุมให้หุ่นยนต์สามารถเดินข้ามสิ่งกีดขวางที่กำหนดในการทดลองได้โดยอัตโนมัติ ในลักษณะของการใช้โครงสร้างของข่ายงานระบบประสาทและค่าน้ำหนักการเชื่อมโยง (Connection Weights) จำแนกคำสั่งที่เหมาะสมกับสถานะท่าทางของหุ่นยนต์ จากการทดลองสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ในการทดลองใช้แบบจำลองสามมิติของหุ่นยนต์ที่สร้างจาก Open Dynamics Engine ช่วยในการรวบรวมชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอนและทดสอบข่ายงานระบบประสาท ซึ่งต่างจากงานวิจัยอื่นที่นิยมใช้แบบจำลองที่สร้างด้วย Open Dynamics Engine ในการทดลองหรือทดสอบประสิทธิภาพของเทคนิคการควบคุมที่เสนอหลังจากพัฒนาระบบควบคุมเรียบร้อยแล้วหรือระหว่างการพัฒนา สำหรับงานวิจัยนี้แบบจำลองหุ่นยนต์ช่วยให้ผู้วิจัยสามารถรวบรวมชุดข้อมูลได้โดยไม่ต้องทำการทดลองกับหุ่นยนต์จริง ช่วยลดความยุ่งยากในส่วนของการทดลองได้อย่างมาก ซึ่งแนวทางการใช้แบบจำลองนี้นอกจากจะใช้ในการรวบรวมชุดข้อมูลสำหรับข่ายงานระบบประสาทแล้ว ยังสามารถใช้สร้างแบบจำลองในขั้นตอนของการออกแบบหุ่นยนต์ได้

ประสิทธิภาพในการจำแนกของข่ายงานระบบประสาทนั้นเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายประการ ในงานวิจัยนี้พิจารณาปัจจัย 3 อย่างคือ จำนวนหน่วยประมวลผลในชั้นซ่อน (Processing Element หรือ Neuron) ค่าอัตราการเรียนรู้ (Learning Rate) และจำนวนรอบการสอน (Epoch) ซึ่งปัจจัยทั้ง 3 อย่างดังกล่าวไม่มีสูตรทางคณิตศาสตร์หรือกฎเกณฑ์ตายตัวกำหนดไว้ ดังนั้นวิธีที่ง่ายที่สุดในการประยุกต์ใช้ข่ายงานระบบประสาทใช้วิธีปรับเปลี่ยนค่าของปัจจัยที่เกี่ยวข้องไปเรื่อย ๆ (Trial and Error) จนกว่าจะได้ค่าที่เหมาะสมกับปัญหา

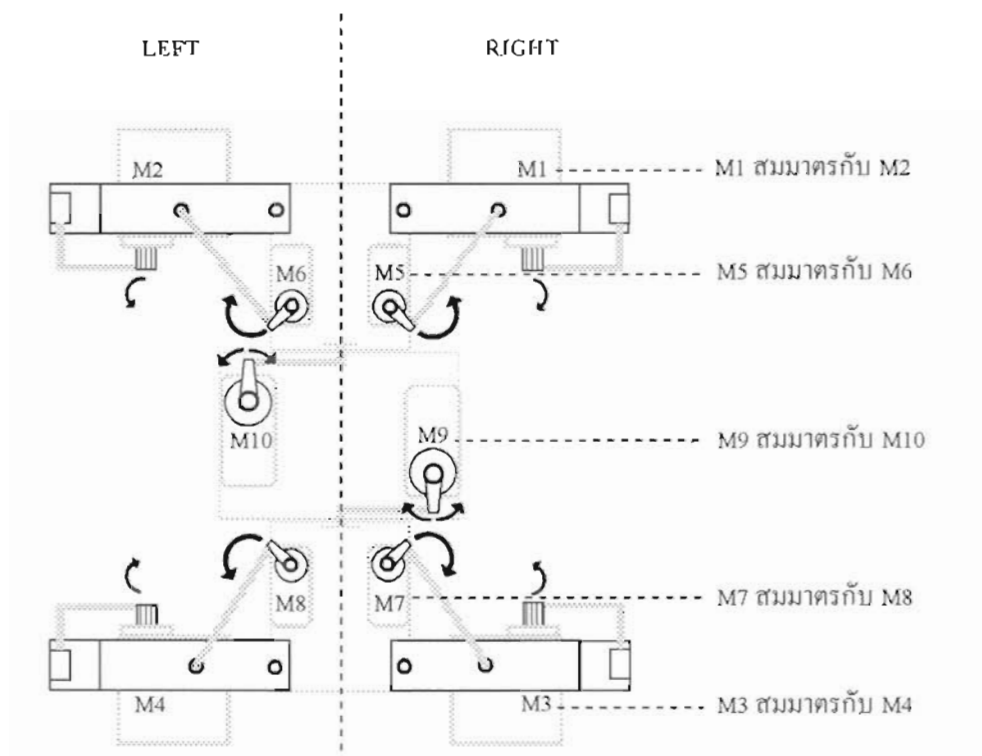
ข่ายงานระบบประสาทที่ใช้ในการทดลองนี้คือ ข่ายงานแบบป้อนไปข้างหน้าหลายชั้น (Multi Layer Perceptron) และใช้เทคนิคการปรับค่าน้ำหนักการเชื่อมโยงแบบป้อนกลับ (Back-Propagation) ชุดข้อมูลที่ใช้สำหรับฝึกสอนและทดสอบข่ายงานได้จากการจับคู่ระหว่าง ข้อมูลสถานะท่าทางของหุ่นยนต์กับคำสั่งควบคุมจากการรวบรวมโดยใช้แบบจำลองหุ่นยนต์ที่สร้างด้วย Open Dynamics Engine โดยมีชุดข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดจำนวน 901 รายการ ทำการแบ่ง

ออกเป็นสองส่วน โดยการนำรายการชุดข้อมูลที่รวบรวมได้ทั้งหมดมาจัดเรียงตามคำสั่งควบคุมจาก A ถึง W หลังจากนั้นใช้การเลือกรายการแบบสลับกันไปทีละรายการเพื่อนำมาใช้เป็นชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอนและทดสอบตามลำดับ ทำให้แบ่งเป็นชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอนข้างงานจำนวน 451 รายการและชุดข้อมูลสำหรับทดสอบข้างงานจำนวน 450 รายการ ข่ายงานระบบประสาทจะทำการจำแนกคำสั่งสำหรับควบคุมที่เหมาะสมจากคำสั่งที่มีทั้งหมด 23 คำสั่ง จากการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของข่ายงานระบบประสาทพบว่า การใช้หน่วยประมวลผลจำนวนมาก และใช้รอบในการฝึกสอนจำนวนมาก มีแนวโน้มที่จะทำให้ประสิทธิภาพในการจำแนกของข่ายงานดีขึ้น

สำหรับงานวิจัยนี้รูปแบบของข่ายงานระบบประสาทที่ให้ประสิทธิภาพในการจำแนกที่ดีที่สุดคือใช้หน่วยประมวลผลจำนวน 50 หน่วย ใช้ค่าอัตราการเรียนรู้ 0.015 และทำการฝึกสอนจำนวน 1,000,000 รอบ ซึ่งให้ค่าเฉลี่ยจำแนกชุดข้อมูลฝึกสอนเท่ากับ 99.80 เปอร์เซ็นต์ และให้ค่าเฉลี่ยการเรียนรู้ชุดข้อมูลทดสอบเท่ากับ 99.45 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำโครงสร้างของข่ายงานระบบประสาทและค่าน้ำหนักการเชื่อมโยงที่ได้ นำมาประยุกต์เข้ากับโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์เพื่อส่งคำสั่งไปควบคุมการเดินของหุ่นยนต์จริง ซึ่งพบว่าสามารถควบคุมหุ่นยนต์จริงได้เช่นเดียวกับควบคุมแบบจำลอง แต่เนื่องจากข้อมูลที่อ่านจากหุ่นยนต์ยังมีความผิดพลาดอยู่บ้างทำให้ข้อมูลนำเข้าสำหรับข่ายงานระบบประสาทอาจจะเป็นข้อมูลที่ไม่อยู่ในช่วงที่ระบบควบคุมแบบข่ายงานระบบประสาทที่พัฒนาขึ้นจะรองรับได้ จึงส่งผลให้เลือกคำสั่งควบคุมที่ไม่ถูกต้อง แต่ถ้าข้อมูลที่อ่านจากหุ่นยนต์ถูกต้องแล้วคำสั่งที่ถูกเลือกจากโปรแกรมควบคุมสามารถควบคุมหุ่นยนต์ให้เดินข้ามสิ่งกีดขวางได้

7.2 แนวทางในการพัฒนางานวิจัยสำหรับอนาคต

เนื่องจากโครงสร้างของหุ่นยนต์มีความสมมาตร (Symmetry) ทางด้านซ้าย - ขวา ดังแสดงในภาพที่ 7-1 ซึ่งแสดงความสมมาตรของตำแหน่งการติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์และกลไกการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ ซึ่งคุณสมบัตินี้สามารถนำมาช่วยลดจำนวนคำสั่งควบคุม แทนการกำหนดคำสั่งควบคุมให้กับเซอร์โวมอเตอร์ของด้านซ้ายและด้านขวาได้ ตัวอย่างเช่น อาจกำหนดตัวแปร side สำหรับเก็บค่า ซ้าย (L) หรือ ขวา (R) และสามารถเขียนคำสั่งควบคุมเพียงด้านเดียว ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยลดจำนวนคำสั่งที่ใช้และจำนวนชุดข้อมูลที่ต้องรวบรวมลงได้เกือบครึ่งของชุดข้อมูลเดิม



ภาพที่ 7-1 ความสมมาตรซ้าย - ขวาของโครงสร้างและตำแหน่งการติดตั้งเซอร์โวมอเตอร์

อีกแนวทางหนึ่งในการพัฒนาคือในส่วนของเทคนิควิธีการทางปัญญาประดิษฐ์ที่ใช้ควบคุมหุ่นยนต์ โดยในงานวิจัยนี้ใช้ข่ายงานระบบประสาท ซึ่งใช้หลักการของการเรียนรู้แบบมีผู้สอน (Supervised Learning) ซึ่งความสามารถในการจำแนกจะถูกจำกัดและกำหนดด้วยชุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้ในขั้นตอนของการฝึกสอน ดังนั้นอาจนำเทคนิควิธีการทางปัญญาประดิษฐ์ หรือการเรียนรู้รูปแบบอื่น เช่น การเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning) มาประยุกต์ใช้ ซึ่งคาดว่าจะช่วยให้การจำแนกคำสั่งควบคุมมีความเหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมากขึ้น