บทที่ 1

บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นงานวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการเรียนรู้แบบกำหนดการเชิงพันธุกรรม โดยปัญหาที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ ปัญหาเรื่องการนำร่องหุ่นยนต์ ในลักษณะ 2 มิติ เป็นการควบคุมหุ่นยนต์เดินหลบหลีกสิ่งกีดขวางในสภาพแวดล้อมที่กำหนด เพื่อไปยังเป้าหมาย ภายใต้สภาพที่ถูกจำลองขึ้นบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ในการเรียนรู้โดยกำหนดการเชิงพันธุกรรม หุ่นยนต์จะทำการสังเคราะห์โปรแกรมควบคุมที่เหมาะสม ที่สามารถให้หุ่นยนต์ทำงานได้ตามเป้าหมายที่วางไว้ขึ้นมาเอง โปรแกรมควบคุมนี้สามารถทำการควบคุมหุ่นยนต์ได้ดี ในสภาพแวดล้อมที่หุ่นยนต์นั้นเรียนรู้มา แต่จากการสังเกตพบว่า ถ้าทำการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมไปเพียงเล็กน้อย เช่น ขยับสิ่งกีดขวางบางชิ้น หรือเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเป้าหมายไปเล็กน้อย โปรแกรมควบคุมที่ควบคุมหุ่นยนต์ไปพบเป้าหมายได้สำเร็จในสภาพแวดล้อมเดิม จะไม่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ให้ไปพบเป้าหมายได้ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปนี้ ปัญหาที่เกิดขึ้นนี้กล่าวได้ว่า โปรแกรมควบคุม หรือคำตอบที่ได้จากการเรียนรู้แบบกำหนดการเชิงพันธุกรรมไม่มีความทนทาน

งานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการเรียนรู้แบบกำหนดการเชิงพันธุกรรม เพื่อให้คำตอบที่ถูกสร้างขึ้นมีความทนทานมากขึ้น โดยทำการปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการในระหว่างขั้นตอนการสร้างคำตอบ โดยจะให้หุ่นยนต์ได้เรียนรู้จากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเล็กน้อยหลายๆ แบบ จากผลการทดลองพบว่า การเพิ่มจำนวนสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ในวิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรม มีผลทำให้โปรแกรมควบคุม หรือคำตอบที่ได้มานั้นมีความทนทานมากขึ้น ในขณะเดียวกัน การเพิ่มระดับความแตกต่างของสภาพแวดล้อมที่ใช้เรียนรู้ยังมีผลต่อการเพิ่มความทนทานของคำตอบเช่นกัน และท้ายสุดได้ทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ทำให้โปรแกรมควบคุม หรือคำตอบมีความทนทานมากขึ้น โดยเสนอแนวคิดเกี่ยวกับประสบการณ์ที่หุ่นยนต์ได้เรียนรู้มา ดังรายละเอียดที่จะอธิบายในบทต่อๆ ไป

1.1 ความสำคัญ และความเป็นมาของปัญหา

การวิจัยทางด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) มีความมุ่งหวังที่จะทำให้เครื่องจักรมีความฉลาด สามารถเรียนรู้ และนำความรู้นั้นมาใช้แก้ปัญหาได้เอง มีเทคนิคบางอย่างทางด้านปัญญาประดิษฐ์ที่ได้แนวคิดมาจาก กระบวนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ เทคนิคต่างๆ เหล่านี้จัดอยู่ในกลุ่มของ การคำนวณเชิงวิวัฒน์ (Evolutionary Computation) หรือ EC ซึ่งแบ่งย่อยออกเป็นสาขาเฉพาะทางอีกมากมาย

กำหนดการเชิงพันธุกรรม (Genetic Programming) หรือ GP ก็เป็นเทคนิคหนึ่งในนั้น ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Koza เมื่อปี ค.ศ.1992 เป็นวิธีการเรียนรู้ และค้นหาคำตอบของปัญหาโดยจำลองแบบมาจากกระบวนการวิวัฒนาการ และกฎการคัดเลือกโดยธรรมชาติ โดยการแทนคำตอบ หรือผลเฉลยของปัญหาให้อยู่ในรูปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยหลักการทั่วไปแล้ว กำหนดการเชิงพันธุกรรมเริ่มต้นด้วยการสร้างกลุ่มประชากรของผลเฉลยอย่างสุ่มขึ้นมาเป็นจำนวนมาก ในแต่ละรุ่น (Generation) ของกระบวนการ ผลเฉลย หรือโปรแกรมใดที่มีประสิทธิภาพ มีความสามารถในการแก้ปัญหาที่กำหนด จะมีโอกาสถูกคัดเลือกเพื่อนำไปปฏิบัติการทางพันธุกรรมกับผลเฉลยอื่นเพื่อสร้างผลเฉลยใหม่ในรุ่นต่อไป ซึ่งกระบวนการนี้เรียกว่า **กระบวนการวิวัฒนาการ** (Evolutionary Process) หลังจากหลายๆ รุ่นของการวิวัฒนาการ ผลเฉลยที่ได้จะมีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาสูงขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเปรียบเทียบคล้ายกับกระบวนการวิวัฒนาการสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ

กำหนดการเชิงพันธุกรรม สามารถประยุกต์เข้ากับปัญหาได้หลายประเภท เช่น การควบคุม การวางแผน การโปรแกรมอัตโนมัติ เป็นต้น การโปรแกรมเชิงพันธุกรรมมีลักษณะแตกต่างไปจากเทคนิคอื่นทางปัญญาประดิษฐ์ เนื่องจากเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์ส่วนใหญ่ในการแก้ปัญหาหนึ่งๆ จะเริ่มจากการสร้างความรู้ในการแก้ปัญหานั้นขึ้นมาก่อน จากนั้นจึงทำการค้นหาคำตอบโดยอ้างอิงกับความรู้นั้น ส่วนวิธีการโปรแกรมเชิงพันธุกรรมจะเริ่มจากการสร้างกลุ่มของผลเฉลยที่เป็นไปได้เป็นขั้นตอนแรก แล้วจึงทำการวิวัฒนาการผลเฉลยเหล่านั้นจนได้คำตอบที่เหมาะสมกับปัญหานั้นๆ

การนำวิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวกับการควบคุม พบว่า คำตอบที่ได้นั้นทำงานได้ดีภายใต้สภาพแวดล้อมที่คำตอบนั้นถูกวิวัฒนาการขึ้นเท่านั้น โดยมากแล้วคำตอบเหล่านี้จะทำงานได้ไม่ดี หรือไม่สามารถทำงานได้กับสภาพแวดล้อมที่ยังไม่เคยพบมาก่อน ยิ่งไปกว่านั้นแม้แต่การนำคำตอบมาทำงานบนสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพแวดล้อมที่คำตอบนั้นถูกวิวัฒนาการไปเพียงเล็กน้อย ก็อาจทำให้คำตอบนั้น ไม่สามารถทำงานได้ กล่าวคือ คำตอบไม่มีความทนทาน (Robustness)

เนื่องจากกระบวนการวิวัฒนาการในการโปรแกรมเชิงพันธุกรรมเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคำตอบที่ได้มาก งานวิจัยนี้จึงได้พยายามที่จะปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการในวิธีการโปรแกรมเชิงพันธุกรรม เพื่อให้คำตอบมีความทนทานมากขึ้น สามารถที่จะทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปเพียงเล็กน้อย หรือในสภาพแวดล้อมที่ไม่เคยพบมาก่อน

1.2 ที่มาของงานวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ ได้รับแรงบันดาลใจจากงานวิจัยของ Chongstitvatana (1998) และจากงานวิจัยของ ธีระ โตสุโขวงศ์ และทัศสิน บัวชื่น (2540) ซึ่งใช้กำหนดการเชิงพันธุกรรมในการค้นหาโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์เดินหลบหลีกสิ่งกีดขวางเพื่อไปหาเป้าหมาย และค้นพบว่าโปรแกรมควบคุมที่ได้มานั้น ไม่ทนทาน ไม่สามารถทำงานได้ในสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย จึงได้เสนอวิธีในการเพิ่มความทนทานของคำตอบโดยการให้หุ่นยนต์ได้เรียนรู้จากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเล็กน้อยหลายๆ แบบ และได้ทดสอบว่าวิธีดังกล่าวทำให้คำตอบที่ได้มีความทนทานมากขึ้น

ในส่วนของงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองให้ละเอียดขึ้น โดยเพิ่มจำนวนการทดลองให้มากขึ้น เพิ่มจำนวนสภาพแวดล้อมที่ใช้ทั้งในส่วนของการเรียนรู้และการทดสอบความทนทาน รวมทั้งเสนอแนวทางอื่นในการเพิ่มความทนทานของคำตอบ และทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่มีผลต่อการเพิ่มความทนทานของคำตอบในวิธีการกำหนดการเชิงพันธุกรรม

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อเสนอแนวทางเพิ่มความทนทานของคำตอบที่ได้จากวิธีการเรียนรู้แบบ กำหนดการเชิงพันธุกรรม โดยการปรับปรุงวิธี และกระบวนการวิวัฒนาการของวิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรม โดยใช้กับปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์ 2 มิติ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นในด้านการปรับปรุงวิธี และกระบวนการวิวัฒนาการของวิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรมเพื่อให้ได้คำตอบที่มีความทนทานขึ้น ปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเรียนรู้โดยกำหนดการเชิงพันธุกรรม เช่น ขนาดของประชากร จำนวนรุ่น ความน่าจะเป็นของการไขว้เปลี่ยน หรือ ความน่าจะเป็นของการกลายเป็นต้น เหล่านี้จะอยู่นอกเหนือจากขอบเขตของงานวิจัยนี้ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีการศึกษาในวิทยานิพนธ์เรื่อง "การเพิ่มความทนทานของวิธีการเรียนรู้แบบกำหนดการเชิงพันธุกรรมโดยการปรับพารามิเตอร์สำหรับปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์" ของ มาเรีย ประทีปทองคำ (2541) ซึ่งเป็นงานวิจัยคู่กับงานวิจัยชิ้นนี้ ผู้ที่สนใจสามารถศึกษาได้จากงานวิจัยดังกล่าว

สำหรับปัญหาที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะเป็นการค้นหาผลเฉลยในการควบคุมหุ่นยนต์ใน 2 มิติเพื่อเดินหลบหลีกสิ่งกีดขวางไปหาเป้าหมาย โดยใช้การจำลองปัญหาบนเครื่องคอมพิวเตอร์

1.5 ขั้นตอน และวิธีดำเนินงานวิจัย

1) ศึกษาทฤษฎีของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม และกำหนดการเชิงพันธุกรรม

2) ศึกษากระบวนการวิวัฒนาการในวิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรม

3) ศึกษาแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการในวิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรม เพื่อเพิ่มความทนทานของคำตอบจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4) ออกแบบวิธีการทดลอง เพื่อเพิ่มความทนทานของคำตอบที่ได้จากกำหนดการเชิงพันธุกรรม

5) ทำการทดลอง และเก็บผลการทดลอง

6) ทำการวิเคราะห์ และสรุปผลการวิจัย

7) จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัยนี้

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพิ่มความทนทานและการวิเคราะห์ความทนทาน จะเป็นแนวทางสำหรับผู้ที่จะนำวิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหาในการควบคุมดังงานวิจัยนี้หรือนำไปประยุกต์กับงานประเภทอื่น นอกจากนี้เพื่อให้เป็นแนวทางสำหรับผู้ที่สนใจนำไปพัฒนา และวิจัยหาแนวทางในการเพิ่มความทนทานของคำตอบจากวิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรมต่อไป เพื่อที่จะนำไปใช้งานกับระบบในโลกจริง (Real-World System) ได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

1.7 เนื้อหา และรูปแบบการนำเสนอวิทยานิพนธ์

ในบทที่ 2 เป็นการอธิบายถึงรายละเอียดโดยทั่วๆ ไปของการนำวิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรมไปใช้ในการแก้ปัญหา บทที่ 3 เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวถึงความทนทานของคำตอบที่สร้างจากกำหนดการเชิงพันธุกรรม รวมถึงความพยายามในการเพิ่มความทนทานวิธีต่างๆ บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการทดลองหาคำตอบในปัญหาหุ่นยนต์เดินหลบหลีกสิ่งกีดขวางเพื่อไปหาเป้าหมายโดยใช้วิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรมก่อนการปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการ รวมทั้งวิธีการทดสอบความทนทานของคำตอบ ในบทที่ 5 เป็นการทดลองปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการเพื่อเพิ่มความทนทานให้กับคำตอบ บทที่ 6 เป็นการวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ทำให้คำตอบมีความทนทานสูงขึ้น และบทที่ 7 เป็นการสรุปงานวิจัยทั้งหมด

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.8 บทความที่ตีพิมพ์จากวิทยานิพนธ์

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์นี้ได้ตีพิมพ์เป็นบทความทางวิชาการ และนำเสนอในงานประชุมวิชาการ First Asian Symposium on Industrial Automation and Robotics (ASIAR'99) ซึ่งจัดขึ้นที่กรุงเทพฯ ระหว่างวันที่ 5 ถึง 7 พฤษภาคม พ.ศ.2542 ในชื่อเรื่อง "Analysis of Robustness of Robot Programs Generated by Genetic Programming" โดย Roongroj Nopsuwanchai and Prabhas Chongstitvatana