บทที่ 3

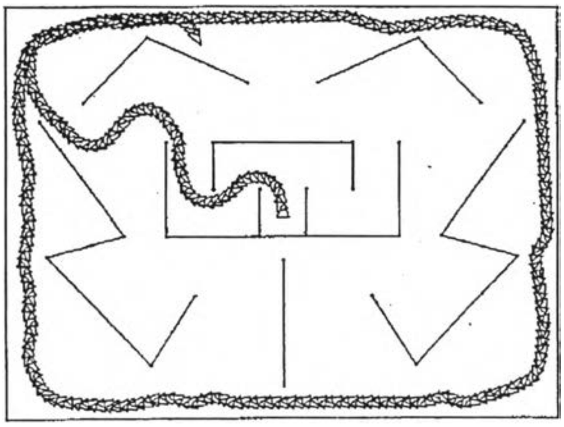
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้จะนำเสนอ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่กล่าวถึงความทนทานของโปรแกรมที่สร้างจากกำหนดการเชิงพันธุกรรม รวมถึงความพยายามในการแก้ปัญหา และเพิ่มความทนทานวิธีต่างๆ โดยนำเสนอแยกตามหัวข้อต่างๆของงานวิจัย วิธีต่างๆที่นำเสนอนี้มีทั้งวิธีที่ประสบผลสำเร็จ และไม่สำเร็จ ซึ่งแต่ละงานวิจัยแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างกันของวิธีการที่ทำให้คำตอบมีความทนทานขึ้น และ สรุปท้ายบท

3.1 <u>โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ในสภาพจำลอง</u>

Reynolds (1993) ได้ทำงานวิจัยโดยใช้กำหนดการเชิงพันธุกรรม เพื่อสร้างโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ในสภาพจำลองบนคอมพิวเตอร์ เพื่อให้หุ่นยนต์เดินหลบหลีกสิ่งกีดขวางในสภาพแวดล้อมหนึ่งๆโดยไม่มีการชนสิ่งกีดขวางภายในเวลาที่กำหนดดังสภาพแวดล้อมในรูปที่ 3.1 จากผลการทดลองนั้นพบว่า โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมานั้น สามารถควบคุมให้หุ่นยนต์เดินในสภาพแวดล้อมที่มันถูกเรียนรู้มา โดยไม่มีการชนสิ่งกีดขวางได้ภายในเวลาที่กำหนดได้เป็นอย่างดี หลังจากได้โปรแกรมควบคุมดังกล่าวแล้ว Reynolds ทดลองขยับตำแหน่งเริ่มต้นของหุ่นยนต์ไป โดยที่สภาพแวดล้อมทุกอย่างยังคงเหมือนเดิม ปรากฏว่าโปรแกรมดังกล่าวไม่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ได้สำเร็จ หุ่นยนต์ชนสิ่งกีดขวางก่อนเวลาที่กำหนด

จากปัญหานี้จะเห็นได้ว่า โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ที่สร้างขึ้นมานั้นเป็นโปรแกรมที่ควบคุมได้เฉพาะในสภาพแวดล้อมที่โปรแกรมนั้นถูกวิวัฒนาการขึ้นมาเท่านั้น หุ่นยนต์ทำงานโดยยึดติดกับสภาพแวดล้อมที่มันเรียนรู้มา ทั้งนี้เนื่องมาจากในระหว่างขั้นตอนการวิวัฒนาการผลเฉลยเพื่อให้ได้โปรแกรมคำตอบนั้น ผลเฉลยหรือโปรแกรมแต่ละตัวจะถูกนำไปประเมินค่าความสามารถในการแก้ปัญหากับสภาพแวดล้อมที่กำหนดขึ้นมาเพียงแบบเดียวเท่านั้น และแต่ละครั้งสภาพแวดล้อมเริ่มต้นทุกอย่างก็เหมือนเดิมทุกครั้ง ทำให้โปรแกรมควบคุมที่ได้มานั้นเป็นโปรแกรมที่เฉพาะเจาะจงกับสภาพแวดล้อมหนึ่งๆ กล่าวได้ว่า โปรแกรมควบคุมนั้นไม่มีความทนทาน และมีความเฉพาะเจาะจงกับปัญหามากเกินไป

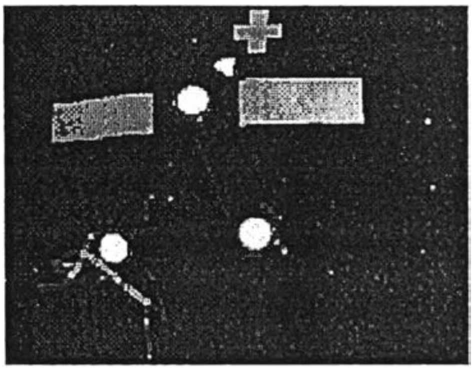


รูปที่ 3.1 แสดงเส้นทางเดินของหุ่นยนต์หลบสิ่งกีดขวาง ในการทดลองของ Reynolds (1993)

3.2 <u>โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ในโลกจริง</u>

จุมพล พลวิชัย (2539) ใช้วิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรม เพื่อสร้างโปรแกรมควบคุมการเคลื่อนไหวของแขนหุ่นยนต์ 3 ข้อต่อ ให้เคลื่อนที่ในระนาบแบนหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยไม่มีการชน เพื่อไปยังเป้าหมายที่ต้องการ โดยใช้ระบบการมองเห็นผ่านกล้องวีดีโอเพื่อนำทาง ดังสภาพแวดล้อมในรูป 3.2 เป็นภาพที่มองจากกล้องวีดีโอแสดงแขนหุ่นยนต์ สิ่งกีดขวาง และเป้าหมาย ในการทดลองได้ทำการทดลองกับปัญหาที่มีลักษณะ และจำนวนสิ่งกีดขวางต่างๆ กันไป โดยในการเรียนรู้เพื่อหาคำตอบจะทำการจำลองสภาพต่างๆ ในโลกจริง โดยใช้สภาพจำลองในคอมพิวเตอร์ แล้วนำโปรแกรมควบคุมที่สังเคราะห์ได้นั้นมาใช้ควบคุมแขนหุ่นยนต์ในโลกจริง จากการทดลองแขนหุ่นยนต์ในโลกจริงพบว่า โปรแกรมที่ควบคุมแขนหุ่นยนต์ได้สำเร็จในสภาพจำลอง สามารถนำมาควบคุมแขนหุ่นยนต์ในโลกจริงในสภาพแวดล้อมเดียวกันที่มีสภาพเริ่มต้นเหมือนกันได้สำเร็จเพียง 83% เท่านั้น ในส่วนที่ไม่สามารถทำงานได้สำเร็จในโลกจริง เนื่องมาจากปัญหาความแตกต่างกันของการทำงานในสภาพจำลอง กับการทำงานในโลกจริง และความไม่แน่นอนของการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในโลกจริง จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า โปรแกรมตอบที่ได้จากการเรียนรู้นี้ยังไม่มีความทนทานดีพอที่จะนำไปใช้กับสภาพในโลกจริง

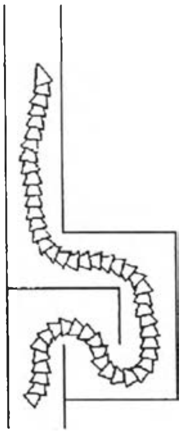
Chongstitvatana and Polvichai (1996) ได้ศึกษาวิจัยต่อในงานดังกล่าว โดยปรับปรุงวิธีการจำลองในสภาพจำลองให้ได้ใกล้เคียงกับในสภาพจริงมากขึ้น ผลปรากฏว่า จากโจทย์ปัญหาเดียวกันได้จำนวนโปรแกรมควบคุมที่ประสบความสำเร็จในสภาพจริงเพิ่มขึ้นเป็น 90% และยังพบว่าถึงแม้ผลจะเป็นที่น่าพอใจขึ้น แต่โปรแกรมที่สังเคราะห์ได้เหล่านั้นยังไม่ทนทานพอ กล่าวคือ สภาวะเริ่มต้นในสภาพจริงจะต้องเหมือนกับในสภาพจำลองอย่างแน่นอน แม้แต่การขยับตำแหน่งเพียงเล็กน้อยก็สามารถทำให้โปรแกรมควบคุมเหล่านั้นประสบความล้มเหลวในการควบคุมแขนหุ่นยนต์ไปสู่เป้าหมายได้ อาจมีการชนสิ่งกีดขวางก่อน หรือหาเป้าหมายไม่พบ เป็นต้น



รูปที่ 3.2 แสดงสภาพแวดล้อมของแขนหุ่นยนต์ที่ใช้ในการทดลองของ จุมพล พลวิชัย (2539)

3.3 การปรับปรุงความทนทานโดยเพิ่มสิ่งรบกวนให้ระบบ

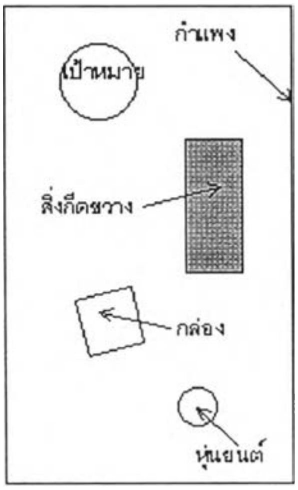
Reynolds (1994) ทำการทดลองเพื่อหาโปรแกรมควบคุมที่สังเคราะห์โดยกำหนดการเชิงพันธุกรรมที่มีความทนทาน สามารถทนทานต่อสิ่งรบกวน สำหรับปัญหาการควบคุมหุ่นยนต์ให้เดินในสภาพแวดล้อมที่เป็นทางเดินแคบและคดเคี้ยวเพื่อไม่ให้ชนกำแพง ในสภาพจำลองบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ดังในรูปที่ 3.3 โดยในระหว่างกระบวนการวิวัฒนาการ เพื่อค้นหาคำตอบจะกระทำในระบบที่มีสิ่งรบกวน (Noise) ทั้งในคำสั่งควบคุม และในเซนเซอร์บอกตำแหน่ง ตัวอย่างการรบกวนเช่น การเคลื่อนที่ผิดพลาด หรือเซนเซอร์บอกตำแหน่งผิดพลาด โดยใส่การรบกวนเข้าไปในระบบเพียงเล็กน้อย เพื่อค้นหาโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ที่มีความทนทานต่อสภาวะที่มีสิ่งรบกวน จากผลการทดลองพบว่า ไม่มีโปรแกรมควบคุมตัวใดเลยที่มีความทนทานในสภาวะดังกล่าว คือไม่มีโปรแกรมควบคุมที่สามารถเดินผ่านสภาพที่คดเคี้ยวนี้ได้โดยไม่มีการชน ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากหลายประการ เช่น ปัญหามีความยากเกินไป หรือ ใช้จำนวนประชากรที่น้อยเกินไป และอื่นๆ นอกจากนี้ยังได้กล่าวแนะนำถึงแนวทางในการดำเนินการทดลองต่อไป เช่นอาจทำการวิวัฒนาการผลเฉลยภายใต้สภาวะแวดล้อมที่มีความยากขึ้นเรื่อยๆ เป็นต้น



รูปที่ 3.3 แสดงหุ่นยนต์เดินในสภาพแวดล้อมที่แคบและคดเคี้ยวได้โดยไม่มีการชนในงานของ Reynolds (1994)

3.4 <u>การปรับปรุงความทนทานโดยใช้ชุดฟังก์ชันที่เหมาะสม</u>

Ito, Iba และ Kimura (1996) ทำการทดสอบความทนทานของโปรแกรมควบคุมการทำงานของหุ่นยนต์หยิบกล่องหลบหลีกสิ่งกีดขวางไปยังเป้าหมาย ที่สังเคราะห์ขึ้นโดยวิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรมในสภาพจำลองบนคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.4 โดยนำโปรแกรมควบคุมที่ผ่านการวิวัฒนาการที่มีค่าความเหมาะที่ดีที่สุดในทุกๆ รุ่นมาทดลองในสภาวะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เช่น ขยับตำแหน่งเริ่มต้นของกล่อง สิ่งกีดขวาง หรือ เป้าหมาย หรือ ทำการเพิ่มสิ่งรบกวนในเซนเซอร์ และคำสั่งต่างๆในระบบ ผลการทดสอบปรากฏว่าโปรแกรมควบคุมมีความทนทาน กล่าวคือโปรแกรมนั้นยังคงสามารถใช้ได้ในสภาวะที่เปลี่ยนไปโดยมีค่าความเหมาะใกล้เคียงกับเดิมก่อนสภาพแวดล้อมจะเปลี่ยนไป หรือก่อนถูกรบกวน ในงานวิจัยนั้นได้ตั้งข้อสังเกตว่า การที่โปรแกรมควบคุมมีความทนทานอาจขึ้นอยู่กับความซ้ำซ้อน (Redundancy) ภายในโปรแกรมหรืออาจกล่าวได้ว่า มีบางส่วนที่ถูกสร้างขึ้นในโปรแกรมนั้นที่ไม่ส่งผลในบางสถานการณ์แต่กลับมีผลกับอีกสถานการณ์หนึ่ง ซึ่งหมายถึง ฟังก์ชันที่ส่งเสริมให้เกิดความซ้ำซ้อนในโปรแกรม มีผลต่อความทนทานของโปรแกรม และได้ทำการทดลองเพื่อสนับสนุนข้อสังเกตนี้ โดยทดลองสร้างโปรแกรมควบคุมโดยไม่ใช้ฟังก์ชันดังกล่าว ผลปรากฏว่าโปรแกรมควบคุมที่ไม่มีชุดฟังก์ชันดังกล่าว ไม่มีความทนทานในสภาพแวดล้อมที่ใช้ทดสอบที่เปลี่ยนไปจากเดิม

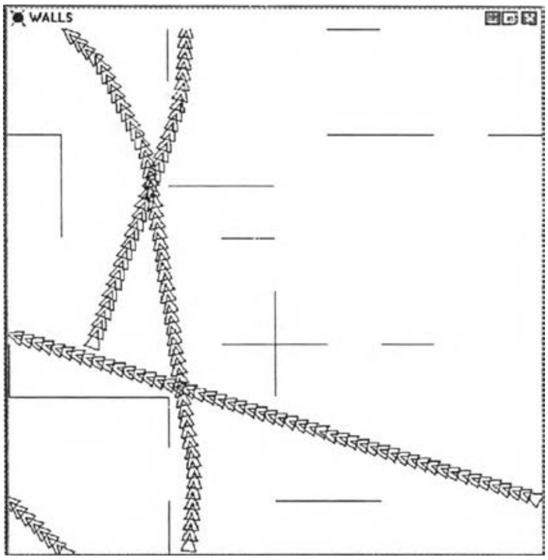


รูปที่ 3.4 แสดงสภาพแวดล้อมของปัญหาหุ่นยนต์หยิบกล่อง ในการทดลองของ Ito, Iba และ Kimura (1996)

3.5 <u>การปรับปรุงความทนทานโดยใช้วิวัฒนาการร่วม</u>

Browne (1996) ใช้วิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรมเพื่อสร้างโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์เดินหลบหลีกสิ่งกีดขวางโดยไม่มีการชนภายในเวลาที่กำหนดในสภาพจำลองบนคอมพิวเตอร์ ดังรูปที่ 3.5 โดยใช้กำหนดการเชิงพันธุกรรม และใช้การวิวัฒนาการร่วม (Coevolution) เข้าช่วย คือในกระบวนการวิวัฒนาการเพื่อหาคำตอบในแต่ละรุ่นจะมีการวิวัฒนาการของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ และมีวิวัฒนาการของตัวสร้างสิ่งกีดขวาง โดยในระหว่าง

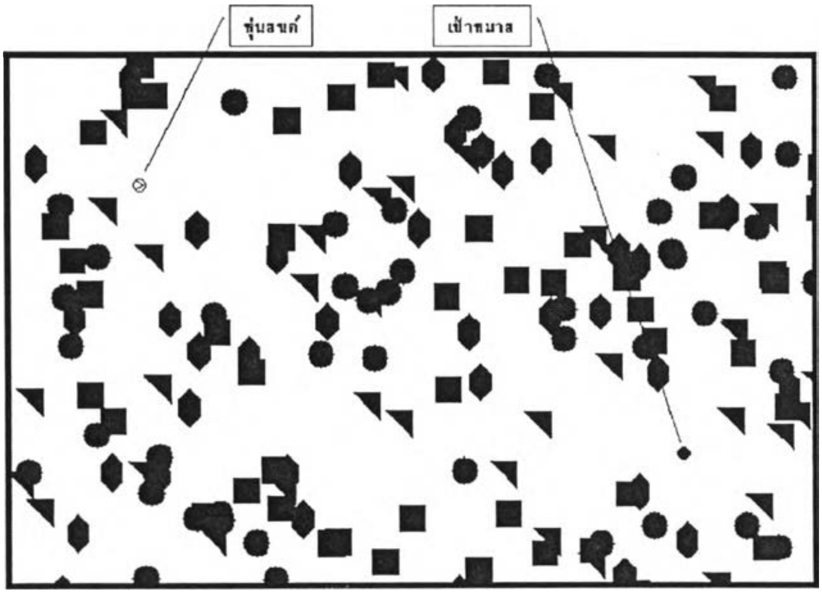
กระบวนการวิวัฒนาการ โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์จะพยายามพัฒนาตัวเองให้หลบหลีกสิ่งกีดขวางได้ดีขึ้น ในขณะที่ตัวสร้างสิ่งกีดขวางจะพยายามพัฒนาตัวเองให้กีดขวางทางเดินของหุ่นยนต์ให้มากที่สุด โปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แต่ละตัวจะถูกนำไปประเมินค่าความสามารถในการเดินในสภาพสิ่งกีดขวางหลายๆ แบบที่เกิดการวิวัฒนาการร่วม จนสุดท้ายได้โปรแกรมตัวที่ดีที่สุดมา และได้ทดลองเปรียบเทียบความทนทานระหว่างกลุ่มโปรแกรมที่สร้างขึ้นด้วยวิธีวิวัฒนาการธรรมดา กับกลุ่มโปรแกรมที่สร้างโดยใช้วิวัฒนาการร่วม ผลการทดลองพบว่าโดยเฉลี่ยแล้วโปรแกรมที่ได้จากการเรียนรู้โดยใช้วิวัฒนาการร่วมมีความทนทานกว่าโปรแกรมที่ได้จากการเรียนรู้โดยการวิวัฒนาการธรรมดา



รูปที่ 3.5 แสดงหุ่นยนต์เดินหลบหลีกสิ่งกีดขวาง ในการทดลองของ Browne (1996)

3.6 <u>การปรับปรุงความทนทานโดยเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมหลาย ๆ แบบ</u>

ธีระ โตสุโขวงศ์ และทัศสิน บัวชื่น (2540) และ Chongstitvatana (1998) ทำงานวิจัย โดยใช้วิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรม เพื่อหาโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่หลบหลีกสิ่งกีดขวางเพื่อไปหาเป้าหมาย ในสภาพจำลองบนคอมพิวเตอร์ในโจทย์ปัญหาซึ่งมีสภาพแวดล้อมดังรูป 3.6 โดยมุ่งหวังที่จะให้ได้โปรแกรมควบคุมที่มีความทนทาน คือ สามารถควบคุมให้หุ่นยนต์ไปหาเป้าหมายได้สำเร็จในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปจากสภาพแวดล้อมที่ได้เรียนรู้มา แนวทางในการเพิ่มความทนทาน คือ ในระหว่างกระบวนการวิวัฒนาการเพื่อหาคำตอบ จะนำโปรแกรมควบคุมแต่ละตัวไปทดสอบกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างไปจากโจทย์ปัญหาหลายๆ สภาพแวดล้อม โดยค่าความเหมาะของแต่ละโปรแกรมจะเป็นค่าความสามารถโดยรวมในการแก้ปัญหาในสภาพแวดล้อมเหล่านั้น โปรแกรมที่ดีจะสามารถแก้ปัญหาควบคุมหุ่นยนต์ให้ไปหาเป้าหมายได้ในทุกสภาพแวดล้อมนั้น หลังจากได้โปรแกรมที่ดีที่สุดมาแล้ว ก็นำโปรแกรมนั้นมาทดสอบความทนทาน โดยสร้างสภาพแวดล้อมที่แตกต่างไปจากโจทย์ปัญหาขึ้นมาเป็นจำนวนมาก แล้วนำโปรแกรมที่ได้มานั้นมาควบคุมหุ่นยนต์ให้เดินไปหาเป้าหมายใน



รูปที่ 3.6 แสดงสภาพแวดล้อมของปัญหาหุ่นยนต์เดินหลบหลีกสิ่งกีดขวางไปยังเป้าหมาย ในการทดลองของ ธีระ โตสุโขวงศ์ และทัศสิน บัวชื่น (2540)

สภาพแวดล้อมจำนวนมากเหล่านี้ ความทนทานของโปรแกรมควบคุมก็คือ จำนวนสภาพแวดล้อมที่โปรแกรมนั้นสามารถควบคุมหุ่นยนต์ให้ไปพบเป้าหมายได้สำเร็จ และได้ทดลองเปรียบเทียบความทนทานของโปรแกรมควบคุมที่ได้จากวิธีการกำหนดการเชิงพันธุกรรมแบบธรรมดากับวิธีแบบนี้ ได้ผลว่าวิธีการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมหลายๆแบบ มีผลให้โปรแกรมควบคุมมีความทนทานมากขึ้น

3.7 <u>สรุปท้ายบท</u>

ในบทนี้ได้นำเสนอถึงตัวอย่างงานวิจัยที่ใช้วิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรมในการแก้ปัญหาต่างๆ โดยเฉพาะปัญหาการควบคุมหุ่นยนต์ แสดงให้เห็นถึงความไม่ทนทานของโปรแกรมที่ถูกสร้างขึ้น และความพยายามเพิ่มความทนทานของโปรแกรมควบคุมเหล่านั้น ซึ่งมีทั้งวิธีที่ประสบผลสำเร็จและไม่สำเร็จ งานวิจัยเหล่านี้ไม่มีงานใดที่ทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุ ปัจจัยที่มีผลต่อความทนทานของคำตอบที่ได้จากกำหนดการเชิงพันธุกรรม

งานวิจัยที่น่าสนใจ คือ งานวิจัยของธีระ โตสุโขวงศ์ และทัศสิน บัวชื่น (2540) และของ Chongstitvatana (1998) ที่มีวิธีการเพิ่มความทนทาน และวิธีการทดสอบความทนทานที่น่าสนใจ และทำการทดลองค่อนข้างละเอียด ซึ่งเป็นแรงบันดาลใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ปัญหาเดียวกัน โดยได้ทำการทดลองให้ละเอียดขึ้น เพื่อเก็บค่าทางสถิติ และได้ทำการวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่มีผลต่อการเพิ่มความทนทานของคำตอบ ในวิธีการกำหนดการเชิงพันธุกรรม รวมทั้งเสนอแนวทางอื่นในการเพิ่มความทนทานของคำตอบด้วย