

บทที่ 5

การทดลองเพิ่มความทนทานให้กับคำตอบ

ในบทนี้แสดงถึง การทดลองปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการในการหาคำตอบในปัญหาหุ่นยนต์เดินหลบหลีกสิ่งกีดขวางดังที่กล่าวมาเพื่อเพิ่มความทนทานให้กับคำตอบ โดยออกแบบการทดลองเป็น 2 ตอน คือ การทดลองในตอนที่ 1 เป็นการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเล็กน้อยหลายๆแบบ และการทดลองในตอนที่ 2 เป็นการเพิ่มความแตกต่างของสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเรียนรู้ให้มากขึ้น เพื่อนำคำตอบที่ได้หลังจากการปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการเหล่านี้มาทดสอบความทนทาน เพื่อเปรียบเทียบกับความทนทานของคำตอบก่อนการปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการดังกล่าวในบทที่ 4 และ สรุปท้ายบท

5.1 การปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการ

จากบทที่ 4 ได้แสดงให้เห็นถึงความทนทานของคำตอบที่ถูกสร้างขึ้นจากวิธีการกำหนดการเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาหุ่นยนต์เดินหลบหลีกสิ่งกีดขวางเพื่อไปหาเป้าหมาย ในแบบที่ยังไม่มีการปรับปรุงกระบวนการใดๆ จะเห็นได้ว่า ในระหว่างกระบวนการวิวัฒนาการเพื่อหาคำตอบ ในส่วนของการประเมินค่าความเหมาะสมของผลเฉลยนั้น ผลเฉลยแต่ละตัวถูกนำไปประเมินประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาที่กำหนด ซึ่งก็คือสภาพแวดล้อมที่กำหนดขึ้นมาในปัญหานั้นเพียงแบบเดียวเท่านั้น กระบวนการเช่นนี้จะดำเนินซ้ำไปซ้ำมาจนกระทั่งได้คำตอบที่มีประสิทธิภาพดีในการแก้ปัญหาดังกล่าว หรืออาจกล่าวได้ว่าผลเฉลยได้เรียนรู้เพื่อแก้ปัญหาในสภาพแวดล้อมเพียงแบบเดียวเท่านั้น ซึ่งในส่วนตัวเองที่อาจจะเป็นสาเหตุมีผลทำให้โปรแกรมคำตอบที่ได้มานั้นไม่มีความทนทานที่ดีพอ ไม่สามารถนำไปควบคุมหุ่นยนต์ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปจากที่ได้เรียนรู้มาได้

จากงานวิจัยของ ริระ ไตสุโฮวงส์ และทศสิน บัวชื่น (2540) และ Chongstitvatana (1998) แสดงให้เห็นว่าในวิธีการกำหนดการเชิงพันธุกรรม การเรียนรู้ของหุ่นยนต์ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างไปจากสภาพแวดล้อมที่กำหนดในปัญหาจำนวนหลายๆ สภาพแวดล้อม มีผลทำให้ความทนทานของคำตอบสูงขึ้น ในงานวิจัยนี้จึงได้นำวิธีการนี้มาทำการทดลอง และปรับปรุงในรายละเอียดต่างๆ ดังการทดลองในตอนที่ 1 ในหัวข้อ 5.2 เพื่อนำมา

หาวิธีการในการเพิ่มความทนทานยิ่งขึ้นไปอีกดังการทดลองในตอนที่ 2 ในหัวข้อ 5.3 รวมทั้งนำมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุที่ทำให้คำตอบมีความทนทานมากขึ้นดังจะกล่าวในบทที่ 6 ต่อไป

5.2 การทดลองเพิ่มความทนทานตอนที่ 1

ในการทดลองเพื่อจะทดสอบว่ากระบวนการวิวัฒนาการเพื่อหาคำตอบที่ปรับปรุงไปนั้นเป็นเพียงบังเอิญเดียวเท่านั้นที่ทำให้คำตอบมีความทนทานเพิ่มขึ้น จะต้องทำการควบคุมปัจจัยอื่นๆ ในการทดลองให้เหมือนกับการทดลองก่อนการปรับปรุงกระบวนการ

ดังนั้นในการทดลองที่จะกล่าวถึงนี้ มีขั้นตอนเหมือนกับกำหนดการเชิงพันธุกรรมแบบปกติตามบทที่ 4 ดังรายละเอียดในตารางที่ 4.1 เกือบทุกประการ ยกเว้นในส่วนกระบวนการวิวัฒนาการที่ได้ปรับปรุงไป คือ ในขั้นตอนการประเมินค่าความเหมาะสมของผลเฉลย จากเดิมค่าความเหมาะสมของผลเฉลยแต่ละตัวจะได้รับการนำผลเฉลยแต่ละตัวไปประมวลผลกับสภาพแวดล้อมที่กำหนดขึ้นในปัญหาเพียงสภาพแวดล้อมเดียวเท่านั้น แต่ในวิธีที่ได้ปรับปรุงไปนี้ ผลเฉลยแต่ละตัวจะถูกนำไปประมวลผลกับสภาพแวดล้อมที่มากกว่า 1 แบบ ดังนั้นค่าความเหมาะสมของผลเฉลยแต่ละตัว ก็คือ ผลรวมของค่าความเหมาะสมของการประมวลผลผลเฉลยนั้นๆ กับสภาพแวดล้อมแต่ละแบบ ผลเฉลยใดที่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ให้ไปหาเป้าหมายได้ในสภาพแวดล้อมจำนวนมากๆ ย่อมมีโอกาสได้รับคัดเลือกเพื่อสร้างผลเฉลยในรุ่นใหม่ได้มากกว่า

5.2.1 วิธีการทดลอง

เพื่อให้ผลเฉลยได้เรียนรู้ในการแก้ปัญหาในสภาพแวดล้อมหลายๆ แบบ ในการทดลองนี้ได้ทำการสร้างสภาพแวดล้อมสำหรับใช้ในการเรียนรู้ขึ้นมาใหม่อีกเป็นจำนวน 49 สภาพแวดล้อมร่วมกับสภาพแวดล้อมเดิมที่กำหนดในปัญหาอีก 1 สภาพแวดล้อม รวมเป็น 50 สภาพแวดล้อม สำหรับวิธีการสร้างสภาพแวดล้อมนั้นจะทำตามวิธีที่ได้กล่าวในหัวข้อ 4.3 คือ เริ่มจากการนำสภาพแวดล้อมที่กำหนดในโจทย์ปัญหา มาทำการดัดแปลงไป ซึ่งในที่นี้จำนวนสิ่งกีดขวางที่ถูกเปลี่ยนแปลงตำแหน่งไป หรือเรียกว่าค่า d_{Train} เพื่อไม่ให้สับสนกับค่า d_{Test} ในตอนทดสอบความทนทาน ซึ่ง d_{Train} มีค่าเป็น 10% ของจำนวนสิ่งกีดขวางทั้งหมด ทำการสร้างสภาพแวดล้อมใหม่ขึ้นมาโดยใช้วิธีนี้ เป็นจำนวน 49 สภาพแวดล้อม โดยได้ตั้งคำถามสำหรับการทดลองนี้ไว้ 2 ข้อ คือ

- การปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการ โดยการให้ผลเฉลยแต่ละตัวได้เรียนรู้ในการแก้ปัญหา กับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันหลายๆ แบบมีผลทำให้ความทนทานของคำตอบเพิ่มมากขึ้น หรือไม่ ?
- จำนวนสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเรียนรู้มีผลต่อความทนทานของคำตอบ หรือไม่ ?

และเพื่อตอบคำถามที่ได้ตั้งไว้จึงออกแบบการทดลองดังต่อไปนี้ โดยการกำหนดหมายเลขกำกับไว้กับสภาพแวดล้อมที่ได้สร้างขึ้นมาเหล่านั้น ให้สภาพแวดล้อมที่กำหนดในโจทย์ปัญหาเป็นสภาพแวดล้อมหมายเลข 1 และสภาพแวดล้อมที่ได้สร้างใหม่ขึ้นมาเป็นหมายเลข 2 ถึง 50 หลังจากนั้นแบ่งกลุ่มของสภาพแวดล้อมออกเป็น 6 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

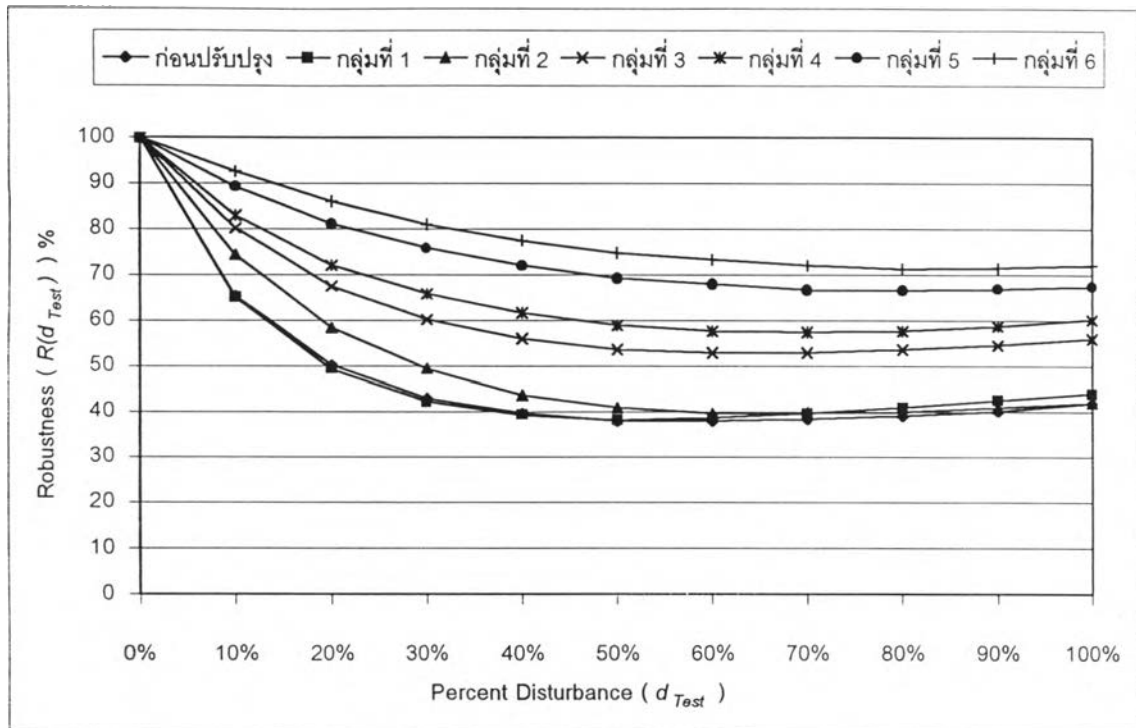
- กลุ่มที่ 1 เป็นสภาพแวดล้อมหมายเลข 1 ถึง 5 รวม 5 สภาพแวดล้อม
- กลุ่มที่ 2 เป็นสภาพแวดล้อมหมายเลข 1 ถึง 10 รวม 10 สภาพแวดล้อม
- กลุ่มที่ 3 เป็นสภาพแวดล้อมหมายเลข 1 ถึง 15 รวม 15 สภาพแวดล้อม
- กลุ่มที่ 4 เป็นสภาพแวดล้อมหมายเลข 1 ถึง 20 รวม 20 สภาพแวดล้อม
- กลุ่มที่ 5 เป็นสภาพแวดล้อมหมายเลข 1 ถึง 30 รวม 30 สภาพแวดล้อม
- กลุ่มที่ 6 เป็นสภาพแวดล้อมหมายเลข 1 ถึง 50 รวม 50 สภาพแวดล้อม

จากนั้นทำการทดลองใช้วิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรมเพื่อหาคำตอบ โดยเริ่มต้นจากให้ผลเฉลยแต่ละตัวได้เรียนรู้กับสภาพแวดล้อมในกลุ่มที่ 1 โดยในระหว่างกระบวนการวิวัฒนาการเพื่อหาคำตอบ ในขั้นตอนการประเมินค่าความเหมาะสมของผลเฉลย ผลเฉลยแต่ละตัวจะถูกนำไปประเมินค่าความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมทั้งหมดในกลุ่มที่ 1 เป็นจำนวน 5 สภาพแวดล้อม ค่าความเหมาะสมของผลเฉลยแต่ละตัว คือ ผลรวมของค่าความเหมาะสมของผลเฉลยนั้นในการประมวลผลในสภาพแวดล้อมแต่ละสภาพแวดล้อมในกลุ่มนั้นทั้งหมด ผลเฉลยใดที่สามารถควบคุมหุ่นยนต์ให้ไปหาเป้าหมายได้ในสภาพแวดล้อมจำนวนมากกว่า จะมีโอกาสถูกคัดเลือกเพื่อนำมาสร้างผลเฉลยในรุ่นใหม่ได้มากกว่า สำหรับขั้นตอนการสร้างประชากรผลเฉลยในรุ่นใหม่ และการหาคำตอบจะมีลักษณะเหมือนกับในบทที่ 4 เมื่อเสร็จสิ้นการทดลองจะได้คำตอบซึ่งมีค่าความเหมาะสมดีที่สุดที่สุดมา 1 ตัว จึงนำคำตอบนั้นมาทดสอบความทนทานตามวิธีที่กล่าวในหัวข้อ 4.3 จะทำการทดลองเพื่อหาคำตอบทั้งหมด 20 ครั้งเช่นกัน คำตอบที่ได้มาในการทดลองแต่ละครั้งจะแตกต่างกันเนื่องมาจากการสุ่มสร้างประชากรในตอนเริ่มต้นที่แตกต่างกัน

หลังจากนั้นทำการทดลองซ้ำแบบเดิม แต่ให้ผลเฉลยแต่ละตัวได้เรียนรู้กับสภาพแวดล้อมในกลุ่มอื่นๆ ซึ่งมีจำนวนสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ตั้งแต่กลุ่มที่ 2 ไปจนถึงกลุ่มที่ 6 ในแต่ละกลุ่มทำการทดลอง 20 ครั้งเช่นเดียวกัน

d_{Test}	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
ก่อนปรับปรุง	65.19	50.11	42.90	39.55	38.00	38.02	38.45	39.11	40.11	41.93
กลุ่มที่ 1	65.11	49.22	42.15	39.26	38.25	38.75	39.55	40.87	42.57	44.07
กลุ่มที่ 2	74.41	58.44	49.45	43.70	40.93	39.70	39.75	40.03	40.88	42.07
กลุ่มที่ 3	80.17	67.42	60.25	55.95	53.68	52.87	52.91	53.59	54.52	56.08
กลุ่มที่ 4	82.84	72.04	65.85	61.56	58.92	57.61	57.50	57.58	58.66	60.24
กลุ่มที่ 5	89.24	81.04	75.86	71.91	69.28	67.94	66.81	66.63	66.85	67.54
กลุ่มที่ 6	92.52	86.02	80.95	77.37	74.77	73.33	72.02	71.33	71.42	71.93

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าความทนทานของคำตอบ (%) ในการทดลองเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมกลุ่มต่างๆ



รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความทนทานของคำตอบ (%) ในการทดลองเรียนรู้ในสภาพแวดล้อมกลุ่มต่างๆ

5.2.2 ผลการทดลอง

ผลการทดลองในที่นี้จะพิจารณาถึง ค่าความทนทานของคำตอบที่ได้จากการเรียนรู้ของผลเฉลย ในกลุ่มสภาพแวดล้อมที่มีจำนวนแตกต่างกัน โดยใช้วิธีทดสอบความทนทานแบบเดียวกับที่กล่าวในหัวข้อ 4.3 และในแต่ละกลุ่มทำการทดลองซ้ำกลุ่มละ 20 ครั้ง เพื่อนำมาค่าความทนทานเฉลี่ย ผลการทดสอบความทนทานของคำตอบแสดงในตาราง 5.1 ซึ่งนำมาแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 5.1 ซึ่งแสดงถึงความทนทานทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการ เส้นกราฟหลังการปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการมีทั้งหมด 6 เส้น แต่ละเส้นแสดงถึงการทดลองที่ผลเฉลยได้เรียนรู้จากสภาพแวดล้อมในกลุ่มต่างๆ ที่มีจำนวนสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

จากกราฟแสดงผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าการปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการ โดยการให้ผลเฉลยได้เรียนรู้ในการแก้ปัญหาในสภาพแวดล้อมหลายๆ แบบ มีผลให้ความทนทานของคำตอบมีมากขึ้น แม้จะเห็นได้ไม่ชัดเจนในกลุ่มที่มีการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมจำนวน 5 แบบ แต่ในกลุ่มอื่นๆ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า คำตอบมีความทนทานมากกว่าก่อนการปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการ ซึ่งผลเฉลยได้เรียนรู้จากสภาพแวดล้อมเพียงแบบเดียว นอกจากนี้แล้วการเพิ่มจำนวนสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้มีผลทำให้ความทนทานของคำตอบเพิ่มมากขึ้น ดังตัวอย่างเช่น ในกลุ่มที่ได้เรียนรู้กับสภาพแวดล้อมในกลุ่มที่ 3 ซึ่งมีจำนวนสภาพแวดล้อม 15 สภาพแวดล้อม ที่ d_{Test} มีค่า 30% คำตอบมีค่าความทนทาน 60% แต่ในกลุ่มที่ได้เรียนรู้กับสภาพแวดล้อมในกลุ่มที่ 6 ซึ่งมีจำนวนสภาพแวดล้อม 50 สภาพแวดล้อม ที่ d_{Test} มีค่า 30% คำตอบมีค่าความทนทานสูงถึง 81% เทียบกับค่าความทนทานก่อนการปรับปรุง ซึ่งมีค่าเพียง 43% เท่านั้น

สำหรับคำถามที่ได้ตั้งไว้ก่อนการทดลอง 2 ข้อ ก็ได้รับการยืนยันจากผลการทดลองนี้แล้วว่า การให้ผลเฉลยแต่ละตัวได้เรียนรู้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันหลายๆ แบบมีผลทำให้ความทนทานของคำตอบเพิ่มมากขึ้น และการเพิ่มจำนวนสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเรียนรู้ก็มีผลทำให้ความทนทานของคำตอบเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

5.3 การทดลองเพิ่มความทนทานตอนที่ 2

จากการทดลองในตอนที่ผ่านมา เห็นได้ว่าการให้ผลเฉลยแต่ละตัวได้เรียนรู้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันหลายๆ แบบ มีผลทำให้ความทนทานของคำตอบเพิ่มขึ้นซึ่งได้ผลเป็นที่น่าพอใจ แต่สภาพแวดล้อมหลายๆ แบบเหล่านั้นสร้างขึ้นมาจากการนำสภาพแวดล้อมที่กำหนดในปัญหามาทำการดัดแปลงไปโดยจำนวนสิ่งกีดขวางที่ถูกเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง หรือ d_{Train} มีค่าเป็น 10% ของจำนวนสิ่งกีดขวางทั้งหมด ซึ่งถือได้ว่าเป็นจำนวนที่ค่อนข้างน้อย ทำให้สภาพแวดล้อมแต่ละสภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นมาสำหรับให้เรียนรู้นั้นมีความแตกต่างกันน้อย ในการทดลองนี้จึงเกิดคำถามตามมาว่า

- ที่จำนวนสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้เท่ากัน ถ้าสภาพแวดล้อมเหล่านั้นมีลักษณะแตกต่างกันมากขึ้น จะมีผลทำให้ความทนทานของคำตอบเพิ่มขึ้นหรือไม่ ?

ความแตกต่างกันของสภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นนี้ สามารถบอกคร่าวๆ ได้โดยใช้ค่า d_{Train} หรือจำนวนสิ่งกีดขวางที่ถูกเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพแวดล้อมเดิมในโจทย์ปัญหา ค่า d_{Train} ที่เพิ่มมากขึ้นทำให้สภาพแวดล้อมที่ถูกรสร้างขึ้นมีความแตกต่างกันมากขึ้น

5.3.1 วิธีการทดลอง

ในการทดลองที่ผ่านมาสภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นใหม่มีค่า d_{Train} หรือจำนวนสิ่งกีดขวางที่ถูกขยับตำแหน่งไปเป็น 10% ของจำนวนสิ่งกีดขวางทั้งหมด ในการทดลองนี้เพื่อเป็นการตอบคำถามว่า ความแตกต่างกันของสภาพแวดล้อมที่มากขึ้น มีผลทำให้ความทนทานของคำตอบเพิ่มขึ้นหรือไม่ จึงได้ทำการสร้างสภาพแวดล้อมขึ้นมาใหม่โดยมีจำนวนสิ่งกีดขวางที่ถูกขยับตำแหน่งไป หรือ d_{Train} ที่แตกต่างกันไป

ทำการสร้างสภาพแวดล้อมตามวิธีในการทดลองตอนแรกขึ้นมาใหม่ 2 กลุ่มแต่ละกลุ่มมีค่า d_{Train} ที่แตกต่างกันไป คือ 30% และ 50% เป็นจำนวนกลุ่มละ 49 สภาพแวดล้อมซึ่งรวมกับสภาพแวดล้อมที่กำหนดในโจทย์ปัญหา รวมเป็นกลุ่มละ 50 สภาพแวดล้อม

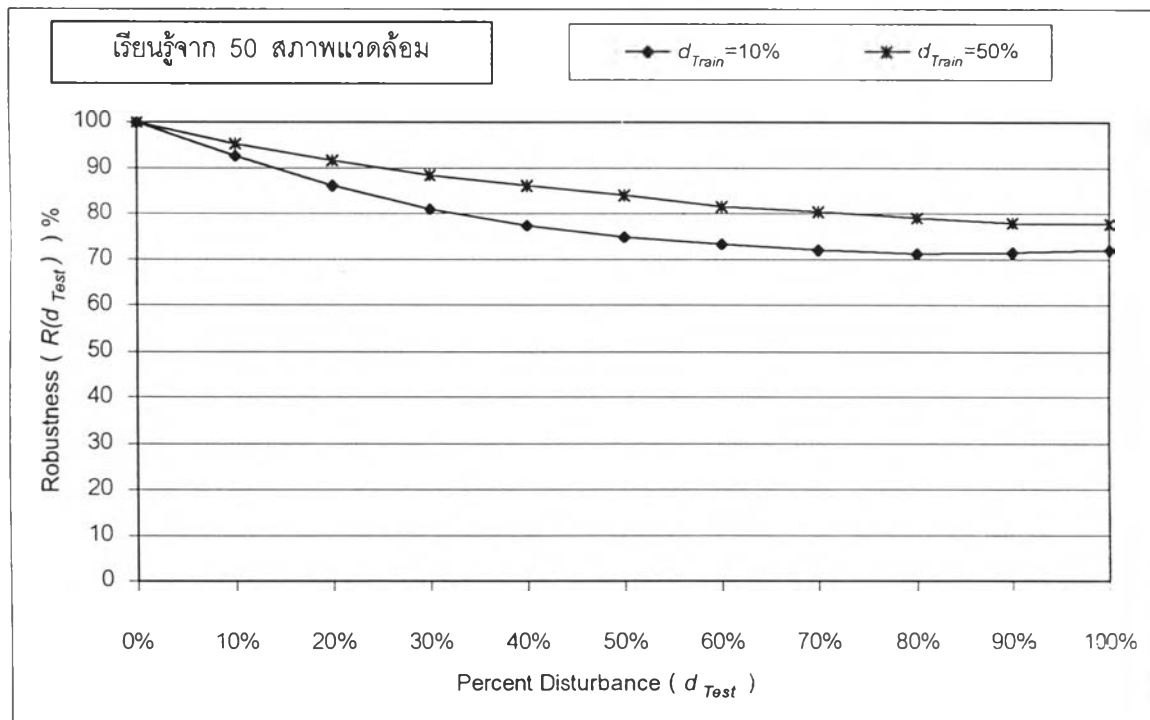
หลังจากนั้นจึงเริ่มต้นทำการทดลองให้ผลเฉลยได้เรียนรู้กับสภาพแวดล้อม ในแต่ละกลุ่มเหล่านี้ แต่เนื่องจากการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมจำนวน 50 สภาพแวดล้อมในการทดลองแต่ละครั้งจะใช้เวลาานานมากๆ ผู้วิจัยจึงเลือกทดลองเฉพาะสภาพแวดล้อมในกลุ่มที่มีค่า d_{Train} เป็น 50% เท่านั้น โดยทำการทดลองซ้ำ 20 ครั้ง แล้วนำคำตอบมาทดสอบความทนทาน

5.3.2 ผลการทดลอง

ตารางที่ 5.2 เป็นผลการทดสอบความทนทานของคำตอบ ซึ่งในระหว่างกระบวนการวิวัฒนาการ ผลเฉลยได้เรียนรู้ในการแก้ปัญหาในสภาพแวดล้อมจำนวน 50 สภาพแวดล้อมเท่ากัน แต่สภาพแวดล้อมมีความแตกต่างไปจากสภาพแวดล้อมในโจทย์ปัญหาแตกต่างกันไป ค่าความทนทานนี้สามารถแสดงได้เป็นกราฟดังในรูปที่ 5.2

d_{Test} \ d_{Train}	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
10%	92.52	86.02	80.95	77.37	74.77	73.33	72.02	71.33	71.42	71.93
50%	95.19	91.56	88.37	86.07	83.93	81.54	80.45	79.00	77.98	77.66

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าความทนทานของคำตอบ (%) ในการทดลองเรียนรู้ในสภาพแวดล้อม 50 สภาพแวดล้อมที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ของสิ่งกีดขวางที่ถูกขยับตำแหน่งไป (d_{Train}) เป็น 10% และ 50%



รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าความทนทานของคำตอบ (%) ในการทดลองเรียนรู้ในสภาพแวดล้อม 50 สภาพแวดล้อมที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ของสิ่งกีดขวางที่ถูกขยับตำแหน่งไป (d_{Train}) เป็น 10% และ 50%

ผลการทดลองที่ค่า d_{Train} เป็น 10% ก็คือผลการทดลองจากหัวข้อ 5.2.2 ในกลุ่มที่ 6 ซึ่งผลเฉลยได้เรียนรู้กับสภาพแวดล้อม 50 สภาพแวดล้อมที่มีสิ่งกีดขวางขยับตำแหน่งไปจากสภาพแวดล้อมในโจทย์ปัญหาเป็นจำนวน 10% ของจำนวนสิ่งกีดขวางทั้งหมด ส่วนที่ d_{Train} เป็น 50% คือการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อม 50 สภาพแวดล้อมที่สร้างขึ้นใหม่ที่มีสิ่งกีดขวางขยับตำแหน่งไปจากสภาพแวดล้อมในโจทย์ปัญหาเป็นจำนวน 50% ของจำนวนสิ่งกีดขวางทั้งหมด

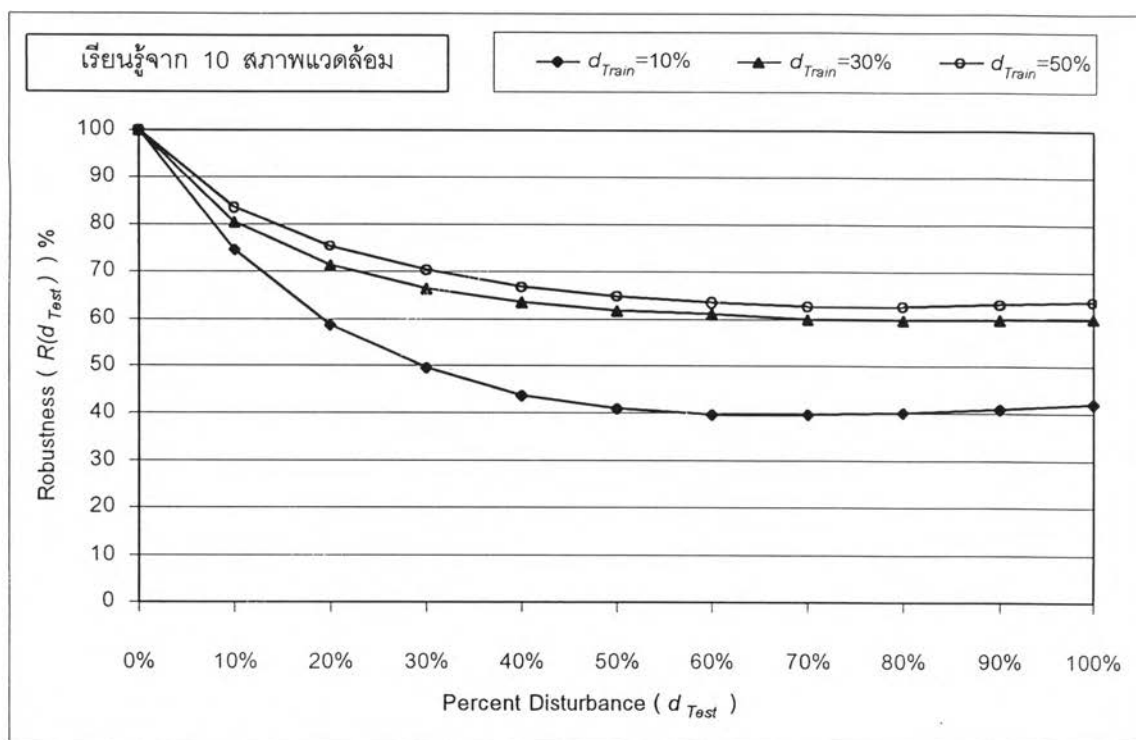
จากผลการทดสอบความทนทานเห็นได้ชัดว่าที่จำนวนสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเรียนรู้เท่ากัน การเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันมากกว่า มีผลทำให้ความทนทานของคำตอบมีค่าสูงกว่า นั่นคือเราสามารถเพิ่มความทนทานของคำตอบได้ โดยการเพิ่มความแตกต่างของสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเรียนรู้ให้มากขึ้น และเพื่อให้แน่ใจกับผลการทดลองยิ่งขึ้น จึงได้ทำการทดลองในกลุ่มที่มีการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมเป็นจำนวน 10 สภาพแวดล้อม ที่แต่ละกลุ่มมีค่า d_{Train} ที่แตกต่างกันคือ 30% และ 50% โดยนำสภาพแวดล้อมที่ได้สร้างขึ้นมาแล้วดัดตอนต้นของการทดลองนี้มาใช้ในการเรียนรู้กลุ่มละ 10 สภาพแวดล้อม และในแต่ละกลุ่มได้ทำการทดลองซ้ำ 20 ครั้ง ได้ผลการทดสอบในแต่ละกลุ่มดังตารางที่ 5.3 หรือแสดงดังกราฟได้ในรูป 5.3

เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบความทนทานของคำตอบ ในการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมเป็นจำนวน 10 สภาพแวดล้อม ที่มีค่า d_{Train} ที่แตกต่างกัน ดังกราฟรูปที่ 5.3 ซึ่งที่ d_{Train} เป็น 10% ได้จากผลการทดลองในกลุ่มที่ 2 ในการทดลองในหัวข้อ 5.2.2 พบว่ามีค่าความทนทานต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับในกลุ่มที่ d_{Train} เป็น 30% มีค่าความทนทานมากเป็นอันดับต่อมา ส่วนที่ d_{Train} เป็น 50% มีค่าความทนทานมากที่สุด

ซึ่งเป็นการยืนยันในผลการทดลอง และสามารถสรุปและตอบคำถามที่ได้ตั้งไว้ได้ว่า ที่จำนวนสภาพแวดล้อมที่ใช้ในการเรียนรู้เท่ากัน การเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมที่มีความแตกต่างกันมากกว่า มีผลทำให้ความทนทานของคำตอบมีค่าสูงกว่า

$d_{Test} \backslash d_{Train}$	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
10%	74.41	58.44	49.45	43.70	40.93	39.70	39.75	40.03	40.88	42.07
30%	80.37	71.26	66.31	63.43	61.63	60.96	60.00	59.83	59.98	60.14
50%	83.58	75.20	70.22	66.73	64.74	63.39	62.66	62.53	63.06	63.60

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าความทนทานของคำตอบ (%) ในการทดลองเรียนรู้ในสภาพแวดล้อม 10 สภาพแวดล้อมที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ของสิ่งกีดขวางที่ถูกขยับตำแหน่งไป (d_{Train}) เป็น 10% 30% และ 50%



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความทนทานของคำตอบ (%) ในการทดลองเรียนรู้ในสภาพแวดล้อม 10 สภาพแวดล้อม ที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ของสิ่งกีดขวางที่ถูกขยับตำแหน่งไป (d_{Train}) เป็น 10% 30% และ 50%

5.4 สรุปท้ายบท

การเพิ่มความทนทานให้กับคำตอบในวิธีกำหนดการเชิงพันธุกรรม ในปัญหาหุ่นยนต์เดินหลบหลีกสิ่งกีดขวางเพื่อไปหาเป้าหมาย โดยการปรับปรุงกระบวนการวิวัฒนาการในการหาคำตอบ ดังในการทดลองนี้ สามารถทำได้ โดยการให้แก้ปัญหากับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันหลายๆ แบบในขั้นตอนการประเมินค่าความเหมาะสมของผลเฉลย และการเพิ่มจำนวนสภาพแวดล้อมที่ใช้เรียนรู้ทำให้ความทนทานของคำตอบเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ ถ้าสภาพแวดล้อมที่ใช้เรียนรู้มีความแตกต่างกันมากขึ้น ก็จะทำให้คำตอบมีความทนทานสูงขึ้นอีกด้วย สำหรับสาเหตุที่เป็นเช่นนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ และสรุปดังจะกล่าวต่อไปในบทที่ 6