บทที่ 2
กำหนดการเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์

ในบทนี้นำเสนอรายละเอียดต่างๆ ของกำหนดการเชิงพันธุกรรมที่ใช้ในการทดลองสำหรับปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์

2.1 ลักษณะของปัญหาการนำร่องหุ่นยนต์

ปัญหาที่ใช้เป็นกรณีศึกษานี้เป็นปัญหาการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์จากจุดตั้งต้นไปยังเป้าหมายภายใต้ขอบเขตพื้นที่จำกัดซึ่งมีสิ่งกีดขวางกระจัดกระจายอยู่ เป้าหมายของปัญหาคือเพื่อให้ได้มาซึ่งผลเฉลยที่สามารถควบคุมการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ดังกล่าว โดยจำลองการทำงานและสภาพแวดล้อมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ในระนาบ 2 มิติ

2.2 ค่ากำหนดของหุ่นยนต์ พื้นที่ และสิ่งที่เกี่ยวข้อง

1) **หุ่นยนต์**

ขนาดเป็นวงกลมรัศมี 5 หน่วย หุ่นยนต์มีความสามารถในการเคลื่อนไหวคือ เดินหน้า เลี้ยวซ้าย เลี้ยวขวา และสามารถรับรู้การเข้าใกล้ออกห่างจากเป้าหมาย ทิศทางการเดินแบ่งเป็น 16 ทิศทางรอบตัวโดยแต่ละทิศทางมีมุมที่เท่ากันคือ 22.5 องศา ระยะทางการเดิน 1 ก้าวคือ 1 หน่วย ทิศทางเริ่มต้นของหุ่นยนต์อยู่ที่ 0 องศา ตำแหน่งเริ่มต้นของหุ่นยนต์ปกติจะกำหนดให้อยู่ที่พิกัด (60,140)

2) **เป้าหมาย**

ขนาดเป็นวงกลมรัศมี 5 หน่วย ตำแหน่งของเป้าหมายโดยปกติจะกำหนดให้อยู่ที่พิกัด (550,400)

3) **ขนาดของพื้นที่**

พื้นที่มีความกว้าง 750 หน่วย ความยาว 500 หน่วย

4) **สิ่งกีดขวาง**

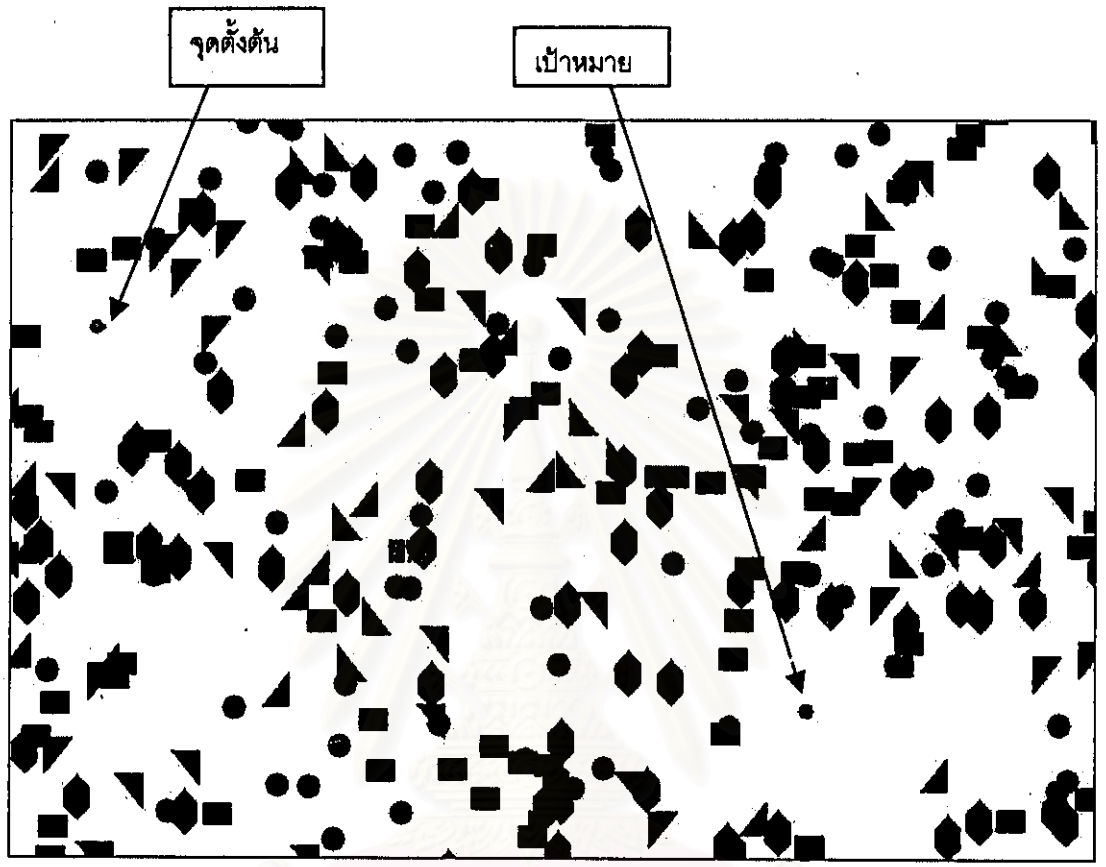
สิ่งกีดขวางจะถูกวางกระจัดกระจายทั่วไปในพื้นที่แต่การวางจะกำหนดไม่ให้เข้าใกล้จุดตั้งต้นและเป้าหมายมากเกินไป สิ่งกีดขวางสามารถวางซ้อนเหลื่อมกันได้ พื้นที่โดยรวมของสิ่งกีดขวางมีขนาดประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ของขนาดพื้นที่ทั้งหมด สำหรับรูปร่างของสิ่งกีดขวางแบ่งได้เป็น 4 แบบดังนี้

1. วงกลม ขนาดรัศมี 8 หน่วย

2. สี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 20 หน่วย ยาว 15 หน่วย

3. สามเหลี่ยมมุมฉาก ขนาดความยาวฐาน 20 หน่วย สูง 25 หน่วย

4. หกเหลี่ยม ขนาดกว้าง 18 หน่วย สูง 32 หน่วย



รูปที่ 2.1 ลักษณะของสนามที่ใช้ในการทดลอง

2.3 โครงสร้างของผลเฉลย

โครงสร้างของผลเฉลยมีลักษณะเป็นโครงสร้างต้นไม้โดยประกอบด้วย ฟังก์ชัน และ เทอมินอล ดังนี้

1) **ฟังก์ชัน**

ฟังก์ชันที่ใช้ในผลเฉลยอาจแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่เป็นฟังก์ชันพื้นฐานซึ่งจะมีอยู่เสมอในทุกๆ ผลเฉลยของทุกการทดลอง ได้แก่ `if-and` `if-or` และ `if-not` กับกลุ่มฟังก์ชันตัวเลือกที่จะเลือกใช้บางฟังก์ชันในบางการทดลอง ซึ่งฟังก์ชันในกลุ่มนี้ได้แก่ `prog2` `prog3` `prog4` และ `eio2`

ฟังก์ชัน `if-and` เป็นฟังก์ชันที่มี 4 อาร์กิวเมนต์ โดยจะปฏิบัติการตามอาร์กิวเมนต์ที่ 1 และ 2 ตามลำดับก่อน ถ้าผลกระทำของ AND คือการส่งค่าคืน(return)จากอาร์กิวเมนต์1 และ

2 เป็นจริงทั้งคู่ ก็จะปฏิบัติตามอาร์กิวเมนต์ที่ 3 แต่ถ้าเพียงค่าส่งคืนจากอาร์กิวเมนต์ใดอาร์กิวเมนต์หนึ่งเป็นเท็จ ก็จะปฏิบัติตามอาร์กิวเมนต์ที่ 4 ค่าส่งคืนของฟังก์ชันนี้คือ ค่าที่ส่งคืนจากอาร์กิวเมนต์ที่ 3 หรือ 4 ซึ่งขึ้นกับว่าอาร์กิวเมนต์ใดจะถูกกระทำ

ฟังก์ชัน `if-or` เป็นฟังก์ชันที่มี 4 อาร์กิวเมนต์ โดยจะปฏิบัติการตามอาร์กิวเมนต์ที่ 1 และ 2 ตามลำดับก่อน ถ้าผลกระทำของ OR คือการส่งค่าคืนจากอาร์กิวเมนต์1 หรือ 2 ตัวใดตัวหนึ่งเป็นจริง ก็จะปฏิบัติตามอาร์กิวเมนต์ที่ 3 แต่ถ้ากรณีที่ค่าส่งคืนจากอาร์กิวเมนต์3 และ 4 เป็นเท็จทั้งคู่ ก็จะปฏิบัติตามอาร์กิวเมนต์ที่ 4 ค่าส่งคืนของฟังก์ชันนี้คือ ค่าที่ส่งคืนจากอาร์กิวเมนต์ที่ 3 หรือ 4 ซึ่งขึ้นกับว่าอาร์กิวเมนต์ใดจะถูกกระทำ

ฟังก์ชัน `if-not` เป็นฟังก์ชันที่มี 3 อาร์กิวเมนต์ โดยจะปฏิบัติการตามอาร์กิวเมนต์ที่ 1 ก่อน ถ้าค่าที่ส่งคืนจากอาร์กิวเมนต์1 เป็นเท็จก็จะปฏิบัติตามอาร์กิวเมนต์ที่ 2 แต่ถ้ากรณีที่ค่าส่งคืนจากอาร์กิวเมนต์1 เป็นจริง ก็จะปฏิบัติตามอาร์กิวเมนต์ที่ 3 ค่าส่งคืนของฟังก์ชันนี้คือ ค่าที่ส่งคืนจากอาร์กิวเมนต์ที่ 2 หรือ 3 ซึ่งขึ้นกับว่าอาร์กิวเมนต์ใดจะถูกกระทำ

ฟังก์ชัน `prog2` เป็นฟังก์ชันที่มี 2 อาร์กิวเมนต์ และเป็นฟังก์ชันที่ไม่เกิดเงื่อนไขที่ทำให้ต้องเลือกปฏิบัติโดยอาร์กิวเมนต์ที่ 1 และ 2 จะถูกปฏิบัติงานตามลำดับ ค่าที่ส่งคืนของฟังก์ชันนี้ได้มาจากค่าส่งคืนจากอาร์กิวเมนต์ที่ 2

ฟังก์ชัน `prog3` เป็นฟังก์ชันที่มี 3 อาร์กิวเมนต์ อาร์กิวเมนต์ที่ 1 2 และ 3 จะถูกปฏิบัติงานตามลำดับ ค่าที่ส่งคืนของฟังก์ชันนี้ได้มาจากค่าส่งคืนจากอาร์กิวเมนต์ที่ 3

ฟังก์ชัน `prog4` เป็นฟังก์ชันที่มี 4 อาร์กิวเมนต์ อาร์กิวเมนต์ที่ 1 2 3 และ 4 จะถูกปฏิบัติงานตามลำดับ ค่าที่ส่งคืนของฟังก์ชันนี้ได้มาจากค่าส่งคืนจากอาร์กิวเมนต์ที่ 4

ฟังก์ชัน `eio2` เป็นฟังก์ชันที่มี 2 อาร์กิวเมนต์ การเลือกปฏิบัติตามอาร์กิวเมนต์ที่ 1 หรือ 2 นั้นขึ้นอยู่กับผลที่ได้จากการสุ่มเลือกระหว่างค่า 0 กับ 1 ถ้าค่าที่สุ่มได้เป็น 1 จะเลือกปฏิบัติตามอาร์กิวเมนต์ที่ 1 แต่ถ้าสุ่มค่าได้เป็น 0 จะเลือกปฏิบัติตามอาร์กิวเมนต์ที่ 2 ค่าที่ส่งคืนของฟังก์ชันนี้เป็นค่าที่ได้มาจากค่าส่งคืนจากอาร์กิวเมนต์ที่เลือกปฏิบัติ

2) **เทอมินอล** เทอมินอลที่ใช้ในผลเฉลยมี 4 แบบ ได้แก่ `forward left right` และ `isnearer`

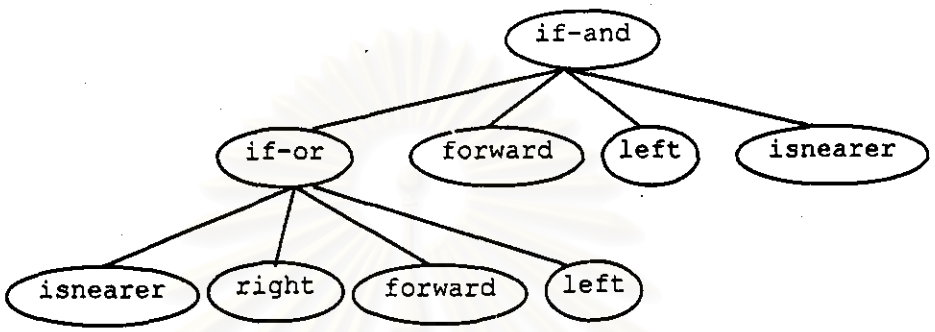
เทอมินอล `forward` (เดินหน้า) ทำหน้าที่เป็นคำสั่งให้เคลื่อนตรงไปข้างหน้า 1 ก้าวของทิศทางปัจจุบัน ถ้าตำแหน่งใหม่ไม่มีสิ่งกีดขวางจะคืนค่าเป็นจริง แต่ในกรณีที่ตำแหน่งใหม่มีสิ่งกีดขวางอยู่ จะต้องกลับมาอยู่ที่ตำแหน่งเดิม และคืนค่าเป็นเท็จ

เทอมินอล `left` (เลี้ยวซ้าย) ทำหน้าที่เป็นคำสั่งให้เปลี่ยนทิศทางไปด้านซ้าย 1 ทิศทาง(+ 22.5 องศา) และคืนค่าเป็นจริง

เทอมินอล `right` (เลี้ยวขวา) ทำหน้าที่เป็นคำสั่งให้เปลี่ยนทิศทางไปด้านขวา 1 ทิศทาง(- 22.5 องศา) และคืนค่าเป็นจริง

เทอมินอล `isnearer` (ตรวจสอบการเข้าใกล้เป้าหมาย) ทำหน้าที่ในการตรวจสอบระยะทางระหว่างหุ่นยนต์กับเป้าหมาย โดยให้ค่าเป็นจริง เมื่อพบว่าหุ่นยนต์เคลื่อนที่เข้าใกล้เป้าหมายมากขึ้น และให้ค่าเป็นเท็จเมื่อพบว่าหุ่นยนต์เคลื่อนที่ออกห่างจากเป้าหมาย

ตัวอย่างของผลเฉลยที่แสดงในรูปโครงสร้างต้นไม้ เป็นไปตามรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างต้นไม้ของผลเฉลย

2.4 การดำเนินการกำหนดการเชิงพันธุกรรม

1) สร้างกลุ่มประชากรของผลเฉลยตั้งต้น

ทำการสร้างประชากรผลเฉลยตั้งต้น 1500 อันโดยอาศัยวิธีสุ่ม กำหนดขนาดของผลเฉลยเริ่มต้นโดยให้มีจำนวนของฟังก์ชันและเทอมินอลเฉลี่ยประมาณ 200 สัญลักษณ์ ประชากรเริ่มต้นกลุ่มนี้ถือเป็นประชากรรุ่นที่ 1 จากนั้นกำหนดให้ทำการวิวัฒนาการทั้งสิ้นจนครบ 20 รุ่น โดยอาศัยขั้นตอนของการวิวัฒนาการ ซึ่งจะเกิดขึ้นวนซ้ำไปตามข้อที่ 2-3 จนครบกำหนด

2) การตรวจสอบประสิทธิภาพของผลเฉลย

ขั้นนี้จะทำการประเมินผลเพื่อหาประสิทธิภาพของผลเฉลย และได้กำหนดให้วัดประสิทธิภาพของผลเฉลยออกมาในรูปของค่าความเหมาะโดยอาศัยฟังก์ชันความเหมาะที่กำหนด

ผลเฉลยแต่ละอันจะถูกนำไปปฏิบัติการกับสนามที่กำหนดไว้ สนามที่ใช้ทดลองผลเฉลยทุกอันในทุกรุ่นจะใช้สนามเดียวกันเสมอเพื่อให้เกิดความสามารถในการพัฒนาประสิทธิภาพได้ ภายในสนามนั้น ต้นไม้ผลเฉลยจะถูกดำเนินงานเริ่มจากรากไปถึงใบและทำซ้ำเช่นนี้จนเป็นไปตามเกณฑ์กำหนดการสิ้นสุดการปฏิบัติการประการใดประการหนึ่งซึ่งถูกกำหนดไว้ในลักษณะดังต่อไปนี้

- จำนวนรอบวนซ้ำของการปฏิบัติการของผลเฉลยแต่ละอัน

- จำนวนก้าวการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ในสนาม
- เมื่อหุ่นยนต์บรรลุจุดประสงค์ คือการที่สามารถเคลื่อนที่ไปถึงยังเป้าหมายได้(เมื่อส่วนของหุ่นยนต์สัมผัสกับบริเวณของเป้าหมาย)

เมื่อผลเฉลยสิ้นสุดการปฏิบัติการที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์กำหนดแล้ว ผลเฉลยจะถูกประเมินค่าความเหมาะ โดยค่าความเหมาะจะถูกกำหนดให้ขึ้นอยู่กับระยะขจัดระหว่างหุ่นยนต์กับเป้าหมายและจำนวนเทอมินอลที่ถูกประมวลผล แต่จะให้ความสำคัญของระยะห่างระหว่างหุ่นยนต์กับเป้าหมายมากกว่าจำนวนเทอมินอลที่ถูกประมวลผล โดยกำหนดให้ฟังก์ชันเป็นไปตามนี้

FitnessValue = (10,000 * FinalDistance) + numTermPass ..... (1)

FinalDistance หมายถึง ระยะขจัดระหว่างจุดศูนย์กลางหุ่นยนต์กับจุดศูนย์กลางเป้าหมาย ส่วน NumTermPassหมายถึง จำนวนเทอมินอลทั้งหมดที่ถูกใช้ในระหว่างการประมวลผล

ค่าของผลเฉลยใดที่คำนวณได้จากฟังก์ชันดังกล่าวมีค่าน้อย จะถือว่าเป็นผลเฉลยที่มีความเหมาะสูงและมีประสิทธิภาพสูง

3) การสร้างประชากรของผลเฉลยรุ่นใหม่

จัดเรียงผลเฉลยทั้งหมดที่ผ่านการประเมินผลแล้วโดยใช้ค่าความเหมาะเป็นตัวจัดอันดับผลเฉลย เริ่มจากผลเฉลยซึ่งมีค่าความเหมาะน้อยไปยังค่าความเหมาะสูง

ตัวดำเนินการทางพันธุกรรมเพื่อสร้างประชากรรุ่นใหม่ของผลเฉลยมีอัตราส่วนต่างๆ กันโดยให้อัตราการสืบพันธุ์ 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราการไขว้เปลี่ยน 90 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการกลาย 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายถึงว่าการกลายจะไม่ถูกใช้เป็นส่วนหนึ่งของตัวดำเนินการในงานวิจัยนี้

ในส่วนของการสืบพันธุ์ จะทำการเลือกผลเฉลย 150 อันแรกจากผลเฉลยที่ได้ถูกจัดเรียงไว้แล้ว และทำการคัดลอกมาสู่ในรุ่นปัจจุบัน ผลเฉลย 150 อันที่ได้จากการสืบพันธุ์จะใช้เป็นผลเฉลยต้นแบบของการผสมพันธุ์ซึ่งจะต้องทำการผสมพันธุ์ 675 ครั้งเพื่อให้ได้ผลเฉลยจำนวน 1350 อันซึ่งเมื่อรวมกับผลเฉลยจากการสืบพันธุ์ 150 อันจะได้ผลเฉลยครบจำนวน 1500 อันตามที่ได้กำหนดไว้

2.5 การทดสอบความทนทาน

ความทนทานถูกนิยามไว้ว่าเป็นการที่ผลเฉลยยังคงประสิทธิผลแม้เมื่อสภาพแวดล้อมมีการเปลี่ยนแปลงไป การทดสอบความทนทานได้ถูกออกแบบโดยใส่การรบกวนให้กับสนามซึ่งเป็นสภาพแวดล้อม โดยมีการเปลี่ยนแปลงสนามให้ต่างไปจากเดิม

เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนของกำหนดการเชิงพันธุกรรม จะเลือกผลเฉลยที่มีค่าความเหมาะดีที่สุด 1 อัน จากผลเฉลยทั้งหมดในรุ่นสุดท้ายซึ่งได้ประเมินผลแล้ว นำมาทดสอบกับสนามที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบความทนทาน

สนามที่ใช้ทดสอบความทนทานถูกสร้างจากสนามแม่แบบซึ่งเป็นสนามที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพของผลเฉลยในระหว่างขั้นตอนของกำหนดการเชิงพันธุกรรมโดยมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งสิ่งกีดขวางในสนาม สิ่งกีดขวางที่ถูกสุ่มให้เปลี่ยนแปลงตำแหน่งจะมีโอกาสถูกสุ่มเปลี่ยนแปลงใน 4 ทิศทางคือ บน ล่าง ซ้าย ขวา กำหนดให้ระยะทางที่เปลี่ยนแปลงคงที่คือ เลื่อนไปจากตำแหน่งเดิมในทิศทางใดๆ 6 หน่วย จำนวนของสิ่งกีดขวางที่จะถูกขยับจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของจำนวนสิ่งกีดขวางทั้งหมด การทดสอบความทนทานของผลเฉลยจะกระทำในสนามที่มีจำนวนสิ่งกีดขวางที่เปลี่ยนแปลงจากน้อยไปมากโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เริ่มตั้งแต่ 10% 20% จนถึง 100% โดยในแต่ละค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงจำนวนสิ่งกีดขวางได้ใช้จำนวนสนาม 1000 สนาม

ค่าความทนทานของผลเฉลยวัดแยกตามค่าเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงของสนาม โดยวัดได้จากอัตราส่วนของจำนวนสนามที่ผลเฉลยสามารถควบคุมหุ่นยนต์เดินไปถึงเป้าหมายได้ ต่อ จำนวนสนามทั้งหมด

$$\text{ค่าความทนทาน} = \frac{\text{จำนวนสนามที่ผลเฉลยยังคงประสิทธิผล}}{\text{จำนวนสนามทั้งหมด}} \times 100\% \quad \text{.....(2)}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย