

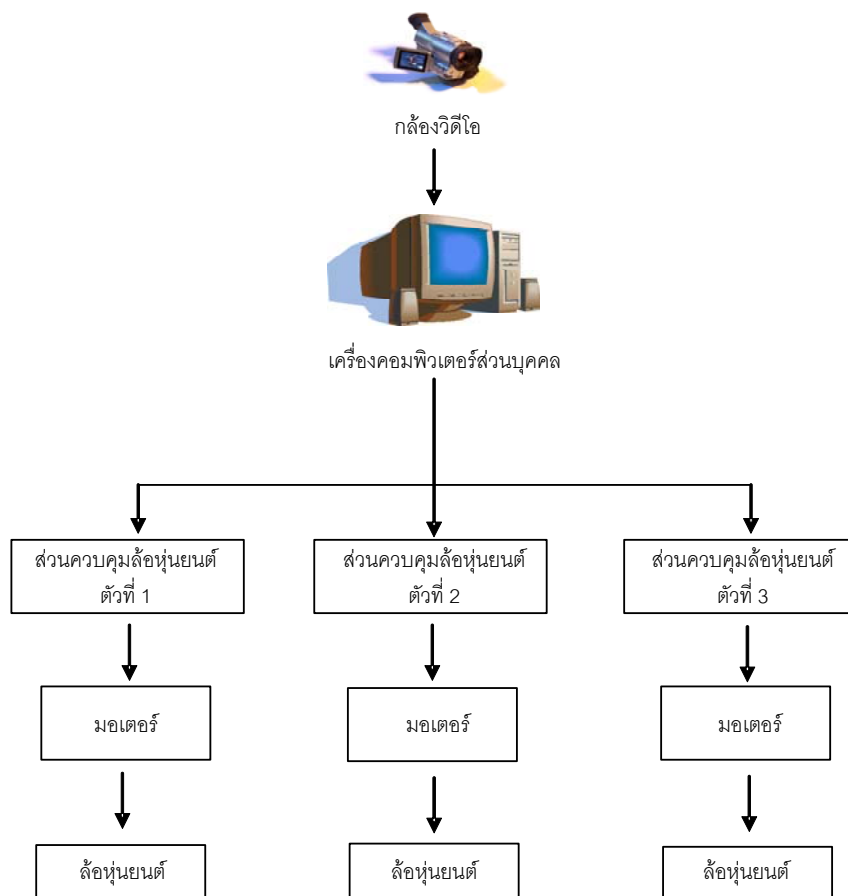
บทที่ 3

การออกแบบหุ่นยนต์และโปรแกรมควบคุมการทำงาน

จากที่ได้กล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้งานในบทที่แล้ว บทนี้จึงกล่าวถึงการออกแบบโครงสร้างและหลักการทำงานของหุ่นยนต์มด การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบด้วย ส่วนการรับส่งข้อมูลระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล วงจรขับเคลื่อน และส่วนประกอบอื่น ๆ รวมถึงการออกแบบโปรแกรมที่ใช้ควบคุม

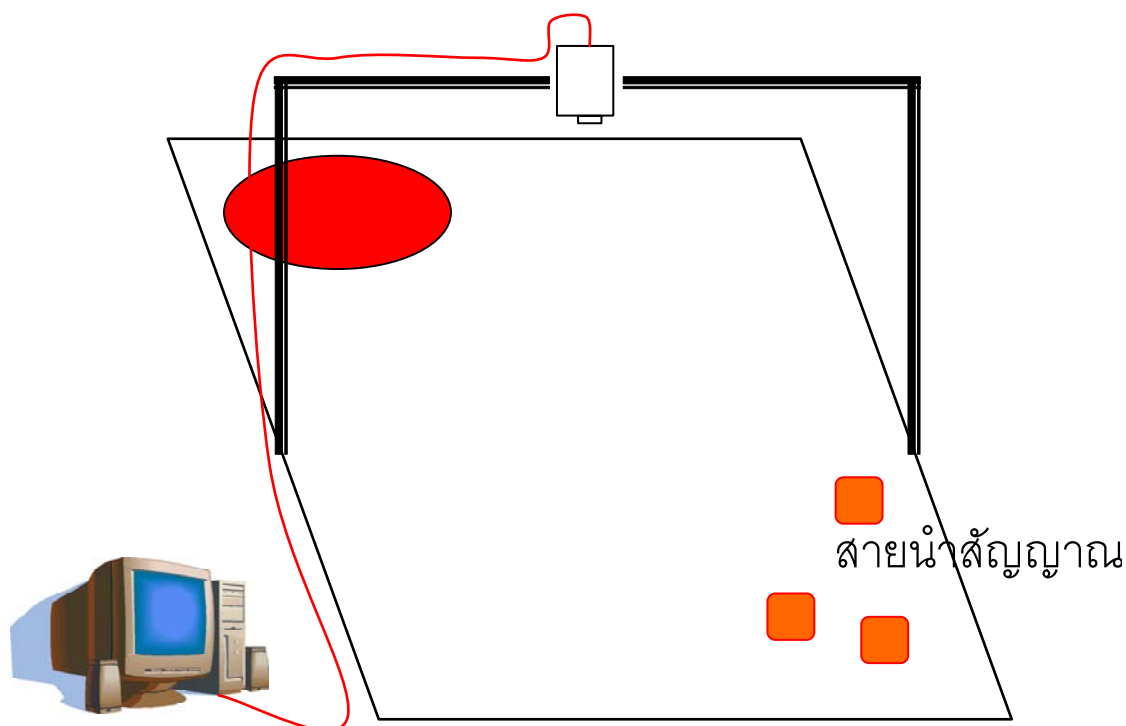
3.1 ระบบการควบคุมหุ่นยนต์

ระบบการควบคุมหุ่นยนต์ในพื้นที่ปฏิบัติงาน ใช้การควบคุมหุ่นยนต์โดยรับสัญญาณภาพจากกล้องวิดีโอแล้วนำไปเข้าโปรแกรมประมวลผลภาพโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล แล้วส่งให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงานผ่านทางชุดส่งและรับสัญญาณที่ติดตั้งไว้ที่เครื่องคอมพิวเตอร์และตัวหุ่นยนต์ตามลำดับ ระบบการควบคุมหุ่นยนต์แสดงได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบควบคุม

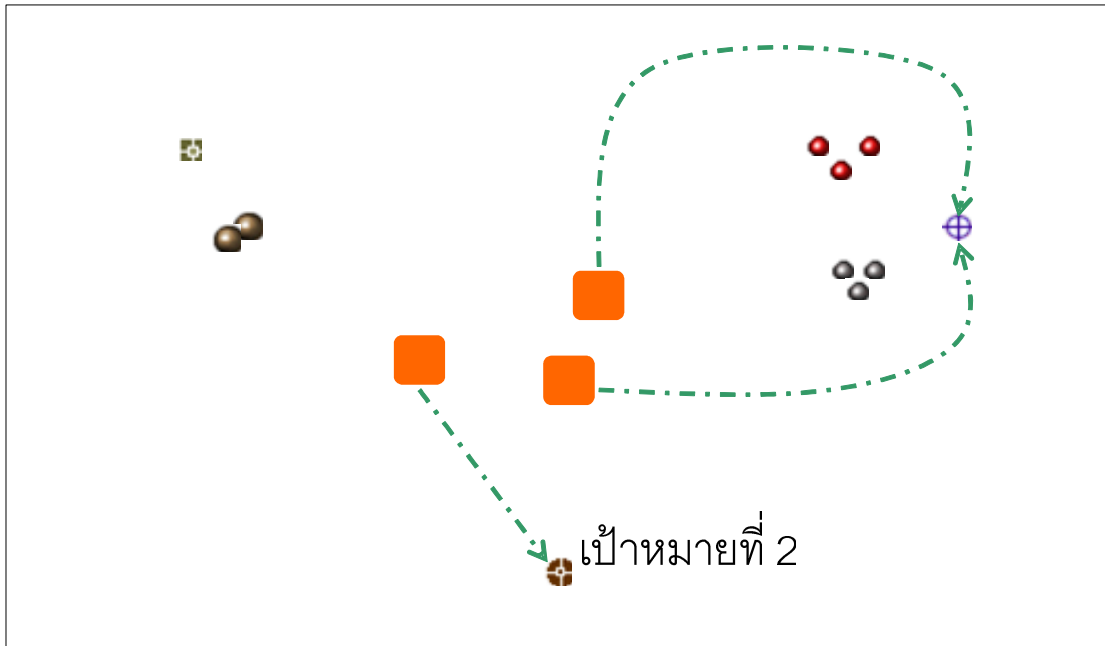
จากรูปที่ 3.2 เป็นระบบจำลองที่ใช้ในการทำงาน มีกล้องติดตั้งเหนือตรงตำแหน่งกึ่งกลางสนามเพื่อจับภาพรวมทั้งหมดของพื้นที่ควบคุมในลักษณะมองตั้งฉากกับพื้นที่สนาม แล้วส่งสัญญาณภาพนั้นไปประมวลผลที่คอมพิวเตอร์หลัก ซึ่งมีหน้าที่แยกแยะชนิดของตัวหุ่น พื้นที่เริ่มต้น พื้นที่เป้าหมาย และควบคุมหุ่นยนต์ โดยสื่อสารผ่านสัญญาณอินฟราเรด



รูปที่ 3.2 ระบบจำลองการทำงาน

จากนั้นชุดวงจรรับสัญญาณที่ถูกติดตั้งไว้ที่ตัวหุ่น จะส่งสัญญาณต่อไปยังหน่วยประมวลผลของหุ่นยนต์ ที่ทำงานเป็นตัวเชื่อมต่อการทำงานระหว่างหุ่นยนต์กับคอมพิวเตอร์ เพื่อควบคุมให้หุ่นยนต์เคลื่อนที่ตามคำสั่งต่อไป

บนพื้นที่ปฏิบัติงานนั้นมีหุ่นยนต์อย่างน้อย 3 ตัว คอยรับคำสั่งที่ได้รับการประมวลผลอยู่ที่จุดเริ่มต้นซึ่งเปรียบเสมือนรังของมด หุ่นยนต์แต่ละตัวอาจได้รับคำสั่งจากหน่วยประมวลผลเพื่อให้ทำงานที่เหมาะสมแตกต่างกัน



รูปที่ 3.3 แบบจำลองพื้นที่ปฏิบัติงาน

หุ่นยนต์ตัวที่ 1

รูปที่ 3.3 แสดงตัวอย่างพื้นที่ปฏิบัติงาน ซึ่งประกอบด้วยเป้าหมาย 3 แห่ง และสิ่งกีดขวาง วางอยู่บนตำแหน่งต่าง ๆ มีหุ่นยนต์ 3 ตัวที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ในการทำงานนั้นหุ่นยนต์จะเคลื่อนไหวผ่านการตัดสินใจทำงานโดยโปรแกรมแบบมัลติเอเจนต์ ซึ่งอาจสั่งให้หุ่นยนต์เพียงตัวเดียวเข้าไปจัดการกับเป้าหมาย 1 แห่ง หรือ หุ่นยนต์หลายตัวเข้าไปจัดการกับเป้าหมาย 1 แห่งก็ได้ ขึ้นอยู่กับว่าต้องการให้หุ่นยนต์ทำงานในลักษณะใด และมีความยากเท่าใดในการเข้าถึงเป้าหมาย

จากรูปสังเกตได้ว่าเป้าหมายที่ 1 เป็นเป้าหมายที่เข้าถึงได้ยากที่สุด เนื่องจากมีสิ่งกีดขวางอยู่มาก ส่วนเป้าหมายที่ 3 เข้าถึงได้ง่ายที่สุด การตัดสินใจทำงานในที่นี้ให้เริ่มจากงานที่ยากและง่ายที่สุดก่อน นั่นคือการเข้าหาเป้าหมายที่ 1 และเป้าหมายที่ 3 ก่อน จากนั้นจึงไปจัดการกับเป้าหมายที่ 2 ซึ่งเป็นตัวอย่างรูปแบบที่หุ่นยนต์ใช้ปฏิบัติงาน

ส่วนของการประมวลผลจะรับข้อมูลจากกล้องวิดีโอที่ติดไว้ด้านบนพื้นที่ปฏิบัติงาน และส่งข้อมูลภาพมาประมวลผลเพื่อหาตำแหน่งและลักษณะของวัตถุ เมื่อได้รับตำแหน่งและลักษณะของวัตถุแล้ว จึงทำการจัดแยกวัตถุที่มีลักษณะแตกต่างกันออกจากกันโดยที่รวมเอาวัตถุที่มีลักษณะเดียวกันไว้ประเภทเดียวกัน โดยแยกเป็นจุดเริ่มต้นที่เปรียบเสมือนรังของหุ่นยนต์มด สิ่งกีดขวางและเป้าหมายที่เปรียบเสมือนอาหารในพื้นที่ทดสอบ

3.2 รูปแบบการทำงานของหุ่นยนต์

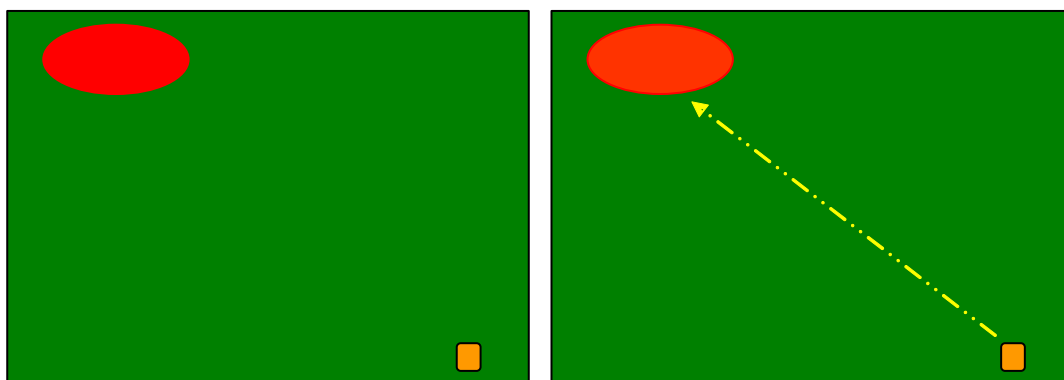
การทำงานของหุ่นยนต์มีรูปแบบการทำงาน 3 รูปแบบ ดังต่อไปนี้

1. การใช้หุ่นยนต์เพียงตัวเดียวเคลื่อนที่ระหว่างจุดเริ่มต้นและเป้าหมาย
2. การใช้หุ่นยนต์ 3 ตัว เคลื่อนที่แบบเดินตามกันระหว่างจุดเริ่มต้นและเป้าหมาย
3. การเคลื่อนที่ของกลุ่มหุ่นยนต์ 3 ตัวระหว่างจุดเริ่มต้นและเป้าหมาย

3.2.1 การใช้หุ่นยนต์เพียงตัวเดียวเคลื่อนที่ระหว่างจุดเริ่มต้นและเป้าหมาย

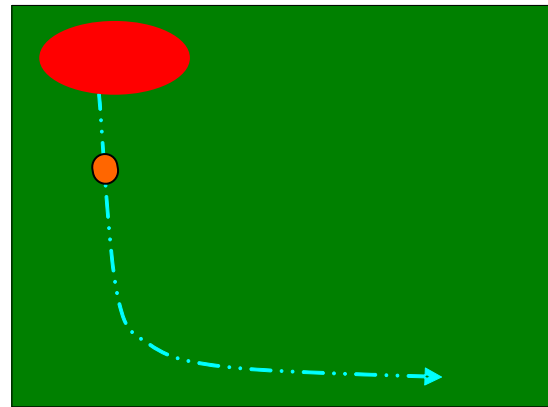
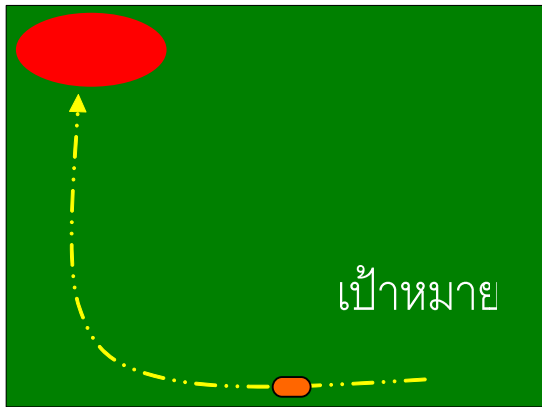
รูปแบบนี้เป็นรูปแบบอย่างง่ายในการปฏิบัติงาน โดยมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

1. เมื่อหุ่นยนต์รับคำสั่งตำแหน่งจากกล้องวิดีโอเรียบร้อยแล้ว จึงทำการค้นหาเส้นทางจากหุ่นยนต์เพื่อไปยังวัตถุเป้าหมาย โดยเปรียบเทียบจากทิศทางระหว่างหุ่นยนต์กับวัตถุเป้าหมายดังรูปที่ 3.4 ด้านซ้าย

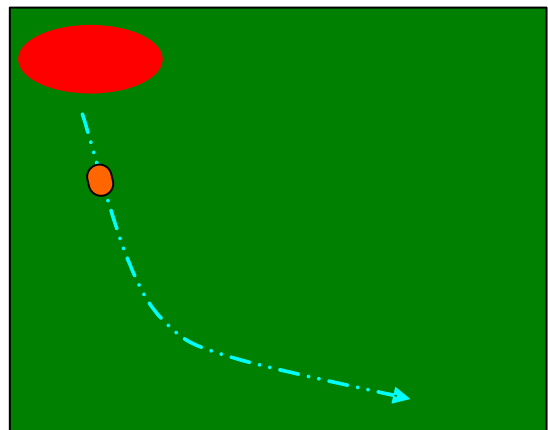
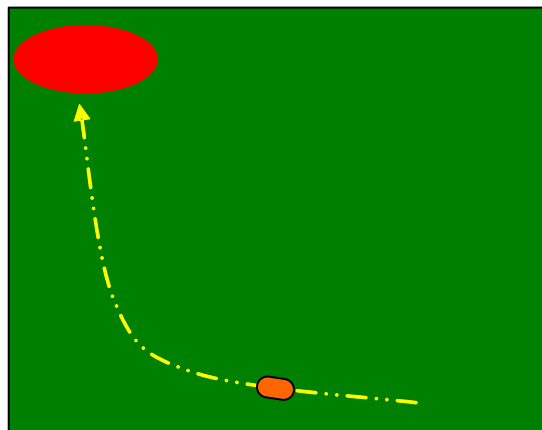


รูปที่ 3.4 การค้นหาเป้าหมายของหุ่นยนต์และเส้นทางที่เหมาะสม

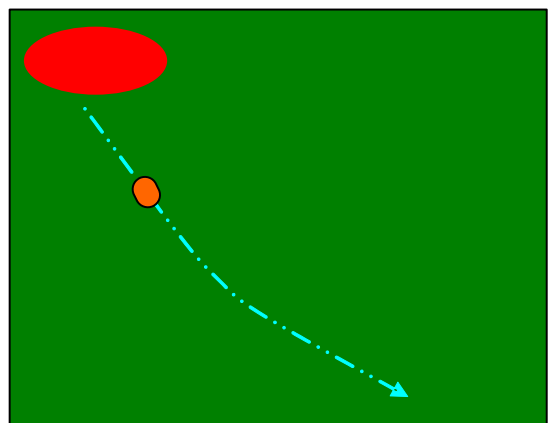
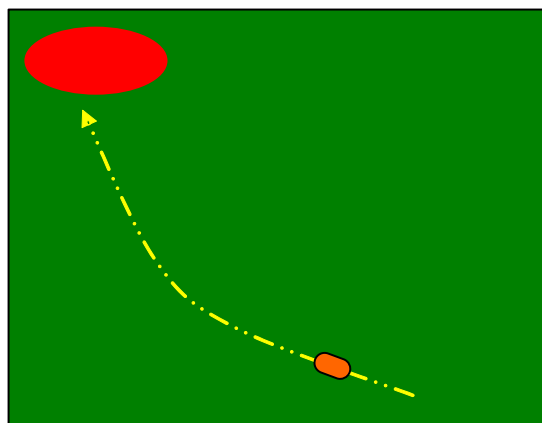
2. หุ่นยนต์เริ่มวิ่งเข้าหาเป้าหมาย ดังรูปที่ 3.4 ด้านขวา
3. หากว่าเส้นทางดังกล่าวมีระยะทางระหว่างหุ่นยนต์กับเป้าหมายมาก ระบบจะทำการปรับแต่งให้สั้นลง โดยนำค่าพิกัดเดิมมาคำนวณใหม่ แล้วปรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใหม่ โดยหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ที่สัดส่วนโค้งจากเป้าหมายที่ต้องการกับจุดเริ่มต้น จนได้ระยะทางที่สั้นที่สุดดังรูปที่ 3.5 ถึง 3.7



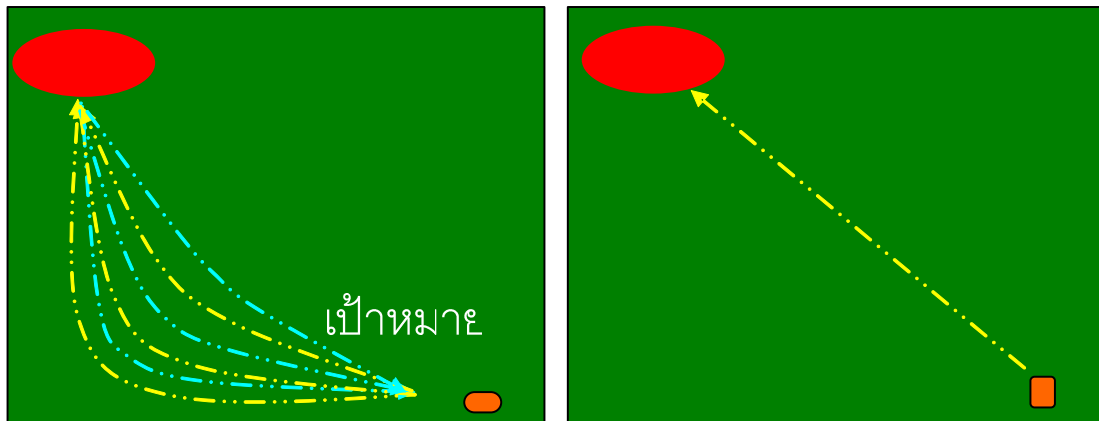
รูปที่ 3.5 เส้นทางของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ระหว่างเป้าหมายที่ต้องการและจุดเริ่มต้น



รูปที่ 3.6 เส้นทางของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ระหว่างเป้าหมายที่ต้องการและจุดเริ่มต้น
เมื่อเข้าสู่ระยะขจัดมากขึ้นกว่ารูปที่ 3.5



รูปที่ 3.7 เส้นทางของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ระหว่างเป้าหมายที่ต้องการและจุดเริ่มต้น
เมื่อเข้าสู่ระยะขจัดมากขึ้นกว่ารูปที่ 3.6

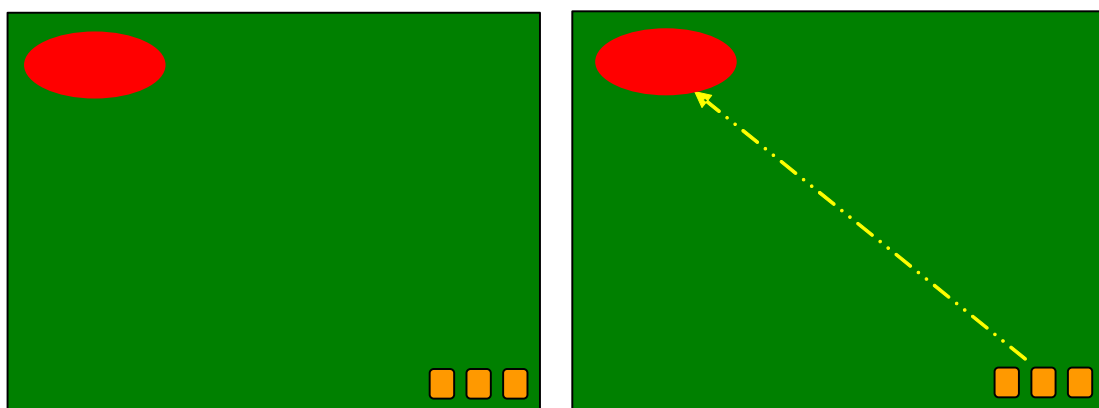


รูปที่ 3.8 เส้นทางของการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ระหว่างจุดเริ่มต้นและเป้าหมายที่ต้องการที่ปรับแต่งเส้นทางสมบูรณ์แล้ว

3.2.2 การใช้หุ่นยนต์ 3 ตัว เคลื่อนที่แบบเดินตามกันระหว่างจุดเริ่มต้นและเป้าหมาย

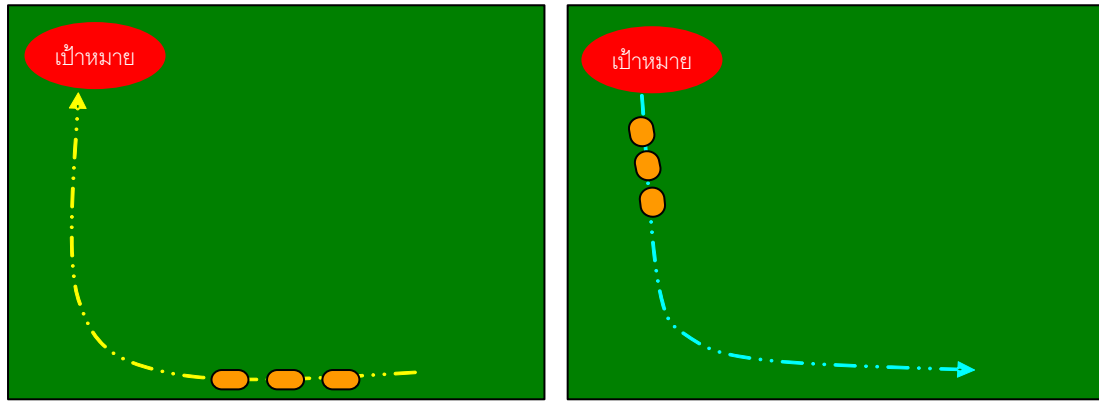
รูปแบบนี้เป็นการเลียนแบบพฤติกรรมของมดในการติดตามกันเพื่อไปยังแหล่งอาหาร เมื่อมีมดตัวใดตัวหนึ่งค้นพบแหล่งอาหารแล้ว มดตัวอื่นจะมีการติดตามเส้นทางกลับไปเพื่อเข้าสู่แหล่งอาหาร โดยมีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

1. เมื่อหุ่นยนต์ทำการรับค่าตำแหน่งเรียบร้อยแล้ว โปรแกรมเริ่มค้นหาทิศทางจากหุ่นยนต์เพื่อไปยังวัตถุที่ต้องการค้นหา โดยเทียบกับทิศทางของหุ่นยนต์กับวัตถุเป้าหมาย
2. หุ่นยนต์แต่ละตัวเริ่มวิ่งตามกันเข้าหาเป้าหมาย ดังรูปที่ 3.9 ด้านขวา

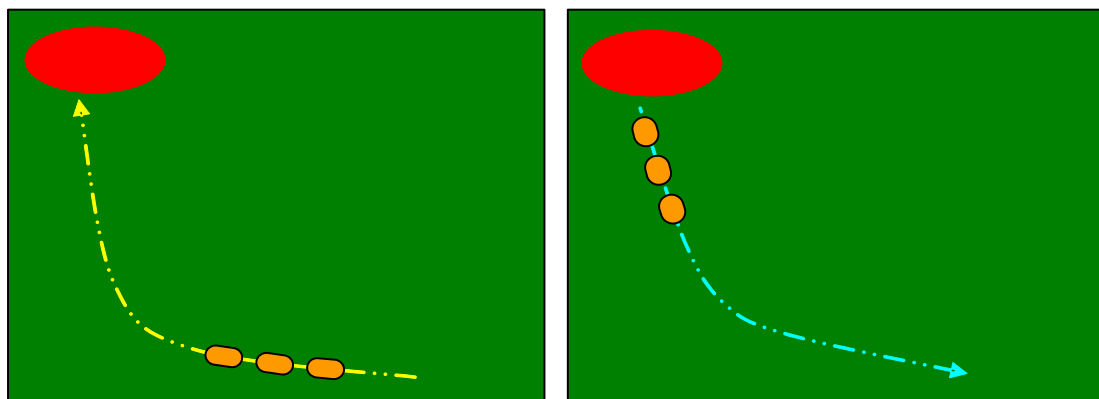


รูปที่ 3.9 การหาเป้าหมายของกลุ่มหุ่นยนต์ และทิศทางของการเคลื่อนที่เพื่อเข้าสู่จุดท้ายสุดที่เหมาะสม

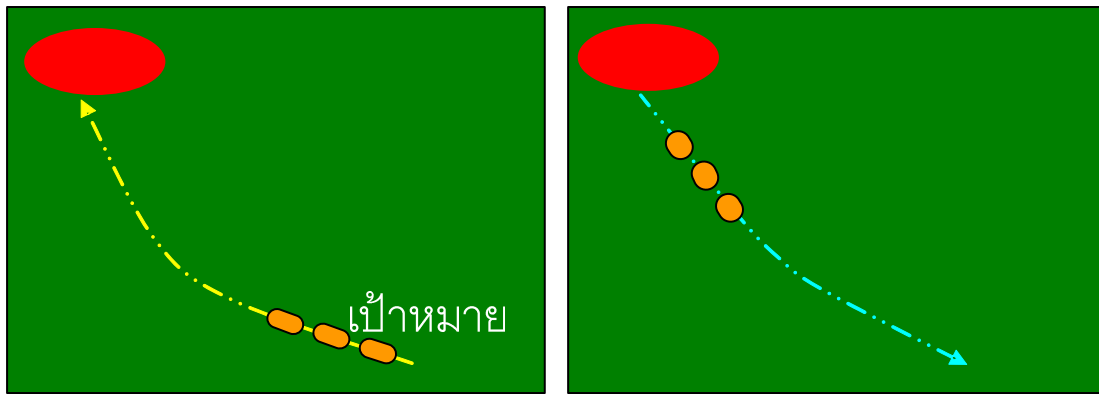
3. หากว่าเส้นทางดังกล่าวมีระยะทางระหว่างหุ่นยนต์กับเป้าหมายมาก ระบบจะทำการปรับแต่งให้น้อยลง โดยนำค่าพิกัดเดิมมาคำนวณใหม่ แล้วปรับการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์ใหม่ โดยหุ่นยนต์จะเคลื่อนที่ตัดส่วนโค้งจากเป้าหมายที่ต้องการกับจุดเริ่มต้น จนได้ระยะทางที่สั้นที่สุดดังรูปที่ 3.10 ถึง 3.12



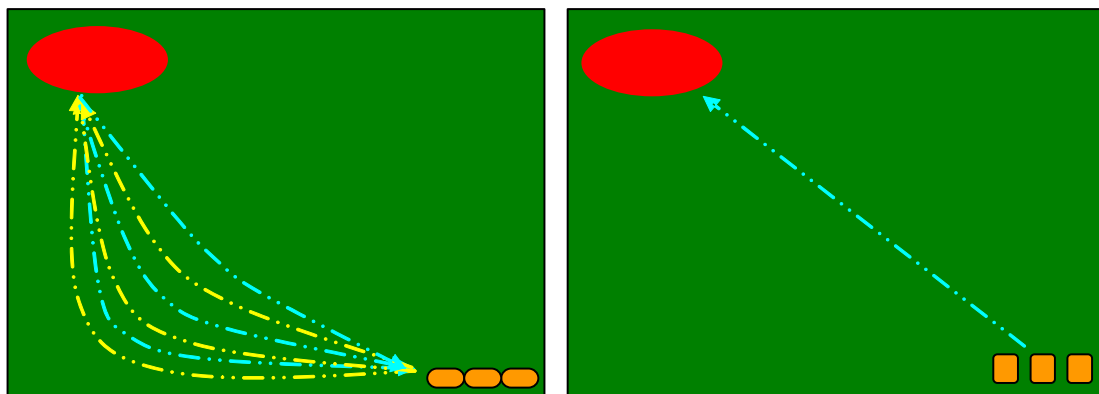
รูปที่ 3.10 เส้นทางของการเคลื่อนที่ของกลุ่มหุ่นระหว่างเป้าหมายที่ต้องการและจุดเริ่มต้น



รูปที่ 3.11 เส้นทางของการเคลื่อนที่ของกลุ่มหุ่นระหว่างเป้าหมายที่ต้องการและจุดเริ่มต้น
เมื่อเข้าสู่ระยะขจัดมากขึ้น



รูปที่ 3.12 เส้นทางการเคลื่อนที่ของกลุ่มหุ่นยนต์ระหว่างเป้าหมายที่ต้องการและจุดเริ่มต้น เมื่อเข้าสู่ระยะจัดมากขึ้นอีก

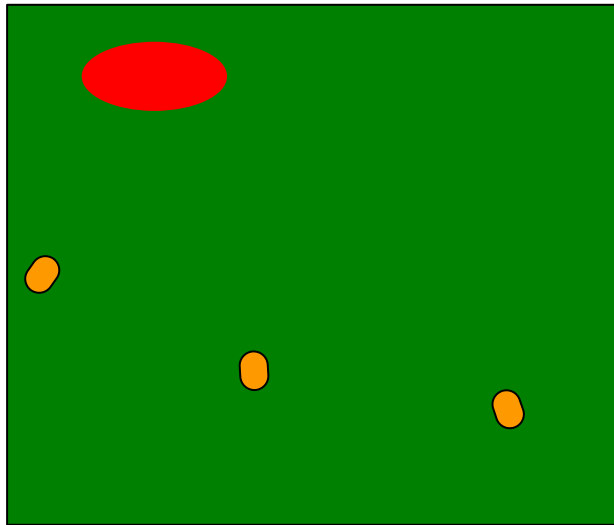


รูปที่ 3.13 เส้นทางการเคลื่อนที่ของกลุ่มหุ่นยนต์ระหว่างจุดเริ่มต้นและเป้าหมายที่ต้องการเมื่อปรับแต่งเส้นทางสมบูรณ์แล้ว

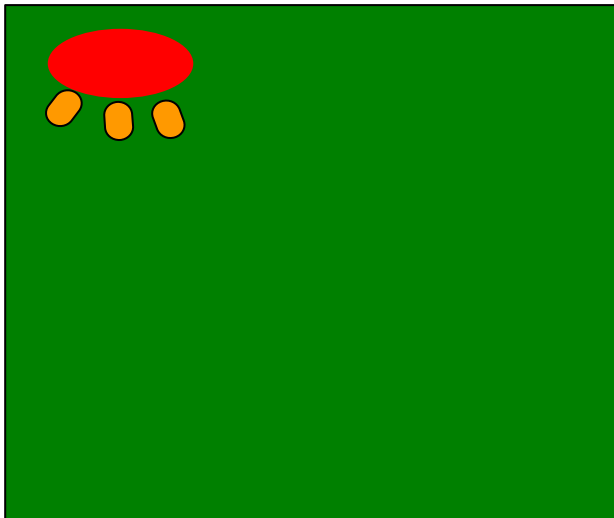
3.3.3 การเคลื่อนที่ของกลุ่มหุ่นยนต์ 3 ตัวระหว่างจุดเริ่มต้นและเป้าหมาย

รูปแบบนี้เป็นการเคลื่อนที่ของหุ่นทีละตัว ที่อยู่ตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อเข้าหาเป้าหมายที่ต้องการ เปรียบเสมือนการเข้าหาเป้าหมายเพื่อร่วมกันทำงานของมคนั่นเอง ซึ่งมีรูปแบบการทำงานดังนี้

1. เมื่อหุ่นยนต์แต่ละตัวถูกระบุค่าตำแหน่งเรียบร้อยแล้ว ก็จะทำการค้นหาทิศทางจากหุ่นยนต์แต่ละตัวเพื่อไปยังวัตถุที่ต้องการ โดยเทียบกับทิศทางของหุ่นยนต์กับวัตถุ ดังรูปที่ 3.14
2. หุ่นยนต์แต่ละตัวเริ่มวิ่งเข้าหาเป้าหมาย
3. หุ่นยนต์ทั้ง 3 ไปรอที่เป้าหมายเพื่อรอคำสั่งให้ปฏิบัติงานต่อไป ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 การเคลื่อนแบบระยะจัดของหุ่นยนต์ทั้งสามตัวระหว่างเป้าหมายที่ต้องการและจุดเริ่มต้น



รูปที่ 3.15 หุ่นยนต์ทั้งสามตัวเมื่อเสร็จสิ้นการทำงานที่เป้าหมายที่ต้องการ

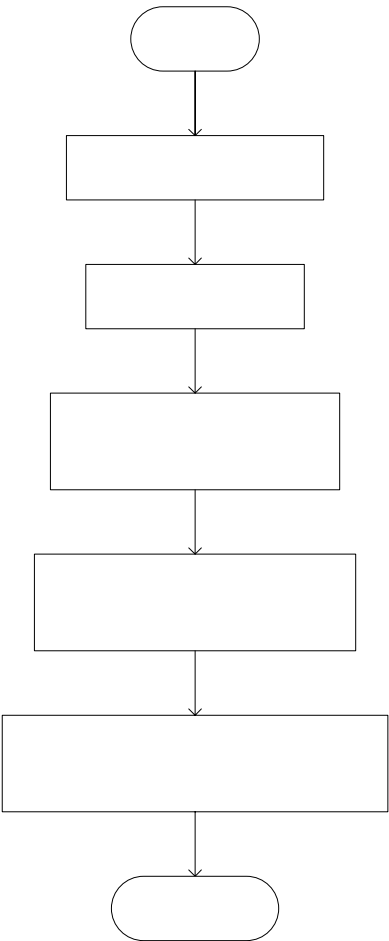
3.3 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงานและหุ่นยนต์

การควบคุมหุ่นยนต์นั้น เมื่อรับสัญญาณภาพมาจากกล้องวิดีโอแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผลภาพเพื่อแยกแยะวัตถุต่าง ๆ ในภาพว่าหุ่นยนต์อยู่ตำแหน่งใด เป้าหมายอยู่ตำแหน่งใด เมื่อผู้ใช้กำหนดเส้นทางให้หุ่นยนต์เดินในตอนต้นแล้ว โปรแกรมควบคุมทำการจำลองผลเพื่อหาเส้นทางที่ดีที่สุดระหว่างหุ่นยนต์และเป้าหมาย แล้วจึงส่งให้ชุดควบคุมรับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์

ผ่านชุดส่งสัญญาณแสงอินฟราเรดไปยังชุดรับสัญญาณที่ติดตั้งอยู่บนตัวหุ่นยนต์ เพื่อให้หุ่นยนต์ปฏิบัติงานตามรูปแบบที่กำหนดต่อไป

3.3.1 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 3.16 และ 3.17



รูปที่ 3.16 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรมการประมวลผลภาพ

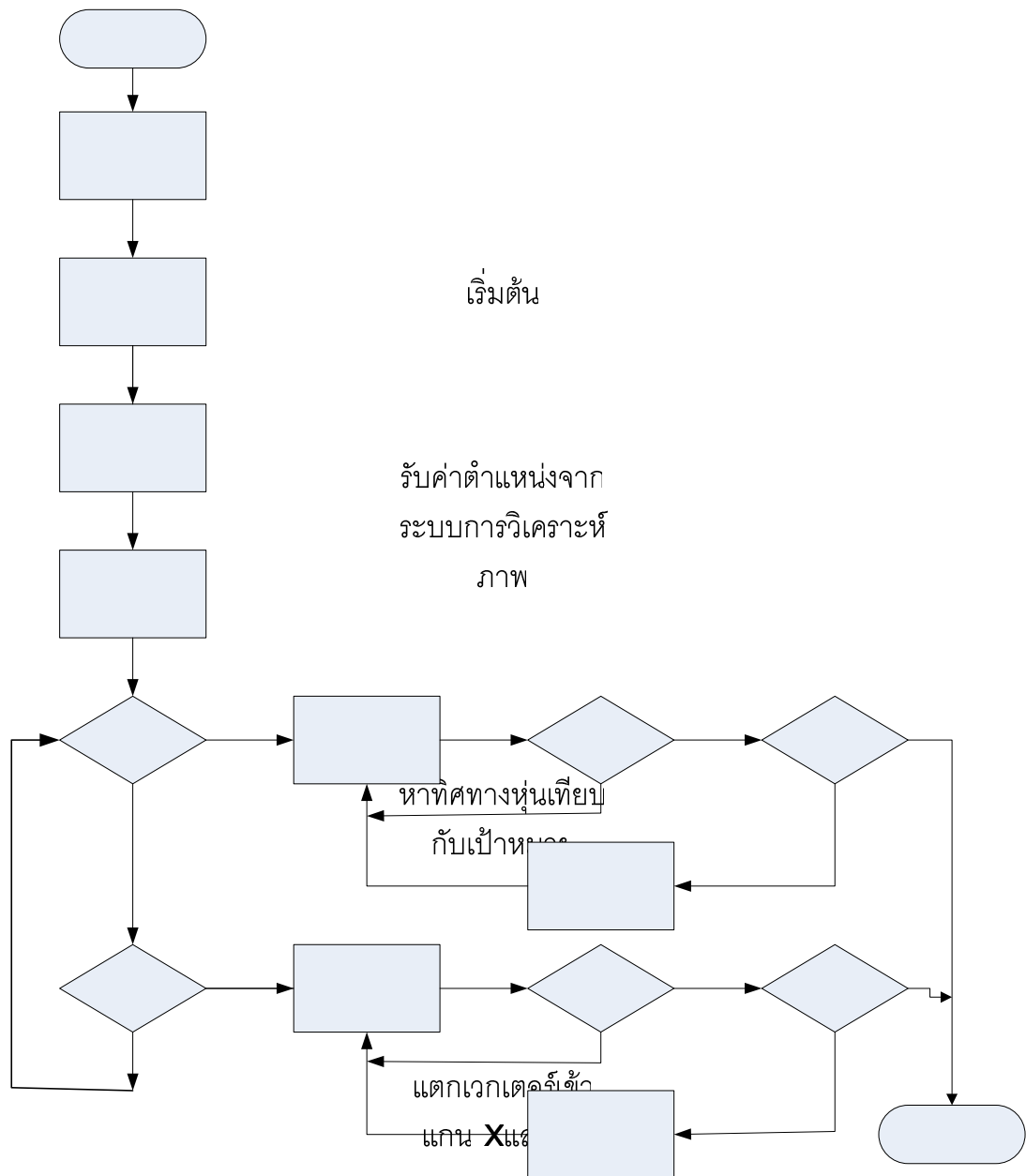
เริ่ม

รับค่า input จ

เก็บภาพเข้า

ดึงภาพจาก Buff
Threshold ‘

หาตำแหน่งของว



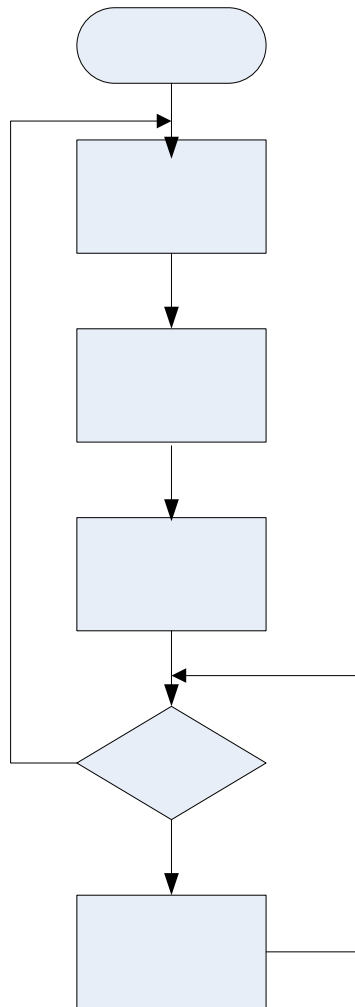
รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แบบอัตโนมัติ
กำหนดให้
ที่จุดปลาย
เวกเตอร์ **X** และ **y**

ใช่

หุ่นหุ่นหันตาม
แนวแกน **X**

เดินหน้า

ไม่ใช่



เริ่มต้น

หามุมระหว่าง
 $n-1$ กับหุ่น

หันหน้าหุ่น
 เข้าหาหุ่น n

รูปที่ 3.18 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมควบคุมหุ่นยนต์แบบเดินตามอัตโนมัติ

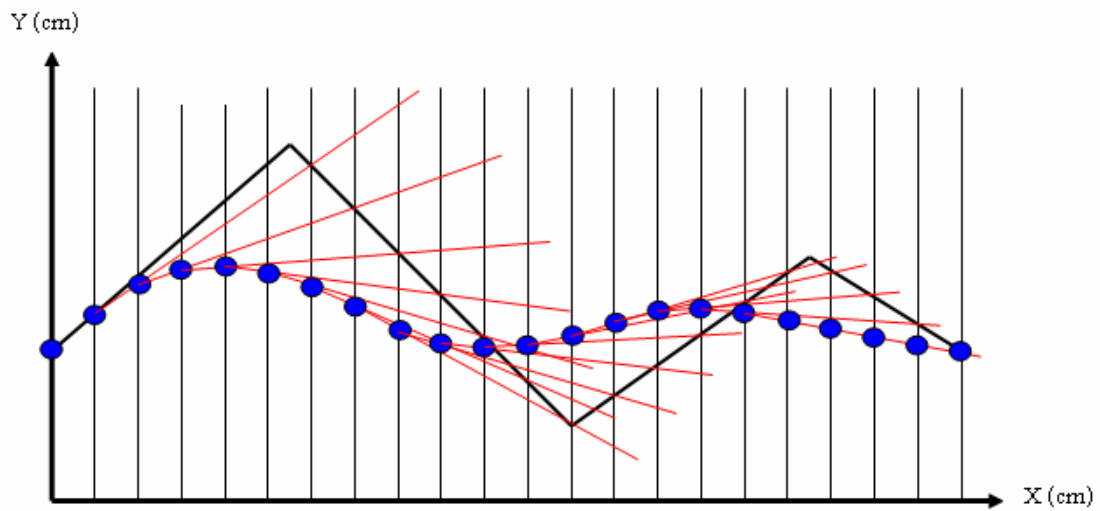
3.3.1 การหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์

สมการเดินตามกันของมดซึ่งนำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ซึ่งวิธีการที่นำเสนอนี้พัฒนามาจากการประยุกต์วิธีการค่าจากสมการตามแบบของ Newton Raphson มาใช้ในการหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์มดดังรูปที่ 3.19 และ 3.20 โดยจุดแต่ละจุดเป็นมดแต่ละตัวที่เดินตามกันไปอาศัยการตามกลิ่นฟีโรโมนของตัวก่อนหน้าหากฟีโรโมนนั้นไม่มีกระการระเหยสมการการเคลื่อนที่ของมดจะสามารถเขียนได้เป็น

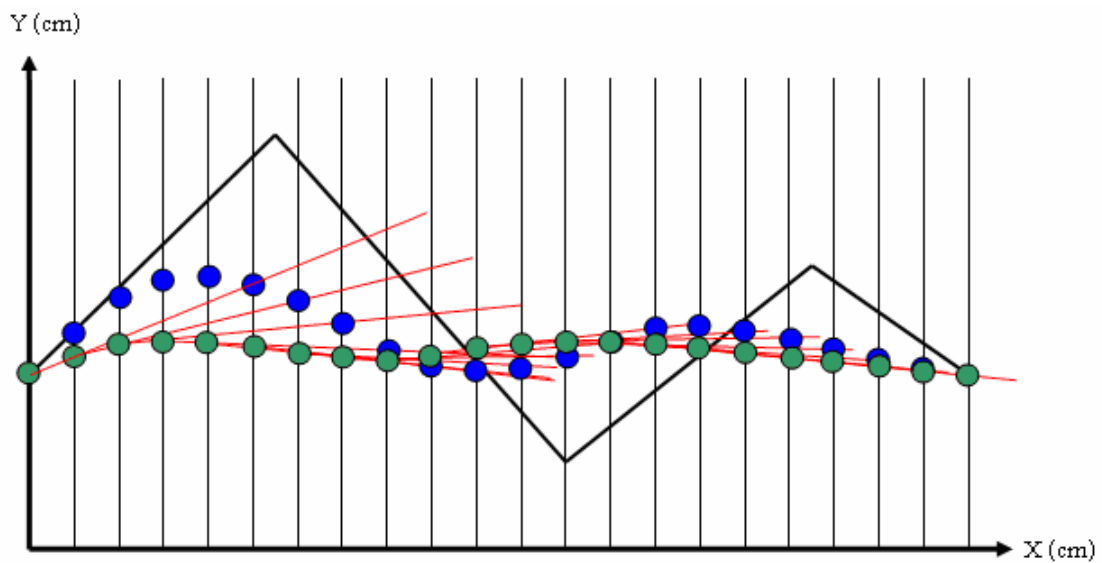
สั่งหุ่นเดิน

ไม่ใช่

ระยะระหว่าง
 $n-1$ กับหุ่น



รูปที่ 3.19 เรขาคณิตของแนวคิดเส้นทางการเดินของมด



รูปที่ 3.20 เรขาคณิตของแนวคิดเส้นทางการเดินตามกันของมด

$$f_N[n] = \{ [f_N[n-1 + s+1] - f_N[n-1]] / s+1 \} + f_N[n-1] \quad (3.1)$$

โดยที่ $f_N[n]$ = เป็นฟังก์ชันของตำแหน่งของมดในเวลาสุ่มที่ n ของมดตัวที่ N
 s = ระยะห่างระหว่างมดแต่ละตัวในที่นี่กำหนดให้เท่ากัน

โดยรายละเอียดในการเขียนโปรแกรมให้ไว้ตามภาคผนวก ก.1 และโดยอาศัยสมการนี้ผลการจำลองจะให้กราฟที่ใช้ระยะระหว่างอาหารกับรังที่สั้นที่สุดซึ่งก็คือกราฟเส้นตรง เมื่อมีการปรับค่าการวนรอบการคำนวณจำนวนรอบที่สูงขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัย [9]

หากฟีโรโมนมีการระเหย ในที่นี้สมมติว่าให้ δ เป็นอัตราการระเหย โดยกำหนดให้ $\delta \in [0,1]$ ดังนั้น $1-\delta$ ก็จะหมายถึงอัตราคงอยู่ของฟีโรโมนดังกล่าว สมการที่(3.1)จะสามารถดัดแปลงได้เป็น

$$f_N[n+1] = (1-\delta)f_N[n] + \delta f_N[n-1] \quad (3.2)$$

ซึ่งสมการ (3.2) นี้จะเป็นสมการที่ได้รับการคำนวณในแต่ละรอบ หากเทียบสัมประสิทธิ์ของสมการ (3.1) และ (3.2) จะเห็นได้ว่าค่าของระยะห่างระหว่างมดแต่ละตัวที่กำหนดในสมการที่ (3.1) มีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้นกับอัตราการระเหยและคงอยู่ของฟีโรโมน ซึ่งการคำนวณโดยวิธีนี้จะสอดคล้องกับงานของ Dorigo และคณะ [12]

แต่เมื่อความสะดวกในการสร้างจริง(Implementation)งานวิจัยนี้จะใช้สมการ(3.1) ในการเขียนซอฟต์แวร์ ดังปรากฏในภาคผนวก ก.2 โดยแนวทางการสร้างจริงสำหรับสมการ(3.2) คูได้จาก pseudocode ในภาคผนวก ก.3 สำหรับการทดลองโดยอาศัยสมการ(3.1) นี้จะนำเสนอในบทหน้า