บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

ทางคณะผู้วิจัยสามารถพัฒนาได้ตรงตามขอบเขตที่วางไว้ทั้งหมด 3 ส่วน ดังนี้

5.1.1 อุปกรณ์ติดตั้งกล้องจับภาพดวงตา

1) สามารถถ่ายบริเวณดวงตาของผู้ใช้งานได้โดยเกิดการเอียงของภาพน้อยที่สุด
2) สามารถสวมบนศีรษะได้
3) สามารถเชื่อมต่อกับแอพพลิเคชั่นบนคอมพิวเตอร์ผ่านสาย USB 2.0 port ได้

5.1.2 แอพพลิเคชั่นประมวลผลภาพ

1) สามารถตรวจหาและระบุตำแหน่งดวงตาของผู้ใช้งานได้
2) สามารถตรวจหาและระบุตำแหน่งรูม่านตาของผู้ใช้งานได้
3) สามารถคำนวณทิศทางการมองของดวงตาได้
4) สามารถนำผลการคำนวณการเคลื่อนไหวของตาดำมาแปลงเป็นองศาที่จะสั่งให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวหมุนได้
5) สามารถส่งข้อมูลองศาไปยัง Microcontroller บนตัวหุ่นยนต์เพื่อที่จะควบคุมให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวหมุนไปยังองศาที่ต้องการได้ โดยสามารถส่งข้อมูลผ่าน Wi-Fi ด้วย Infrastructure Mode ได้
6) สามารถรับภาพจากกล้องไร้สายด้วยความถี่ 2.4 GHz มายังตัวรับบนคอมพิวเตอร์และแสดงผลบนแอพพลิเคชั่นได้
7) ตัวหุ่นยนต์และ Application สามารถทำงานแบบอัตโนมัติได้โดยการเชื่อมต่อ, ทำการส่งข้อมูล, ยกเลิกการเชื่อมต่อได้

5.1.3 ตัวหุ่นยนต์ติดกล้องถ่ายสภาพแวดล้อม

1) สามารถรับข้อมูลองศาจากแอพพลิเคชั่นผ่าน Wi-Fi ด้วย Infrastructure Mode เพื่อควบคุมให้มอเตอร์ทั้ง 2 ตัวหมุนตามองศาที่ต้องการได้
2) สามารถถ่ายสภาพแวดล้อมเสมือนการมองของดวงตาได้ด้วยความละเอียด 640 x 480
3) สามารถส่งภาพที่จับได้ไปยังแอพพลิเคชั่นผ่านทางการเชื่อมต่อไร้สายที่ความถี่ 2.4 GHz ได้

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางการแก้ไข

1) มีความล่าช้าในการตั้งค่าเพื่อให้ WiFi Module บนตัวหุ่นยนต์สามารถเชื่อมต่อ WiFi ด้วย Infrastructure Mode ได้เนื่องจากต้องใช้เวลาในการค้นหา Access Point, การเชื่อมต่อกับ Access point ที่เข้ารหัสด้วยวิธีต่างๆกันและกำหนดค่า IP Address ของ Application ได้ ซึ่งแนวทางการแก้ไขทำได้โดยการใช้งานกับ Access Point ที่เป็น Open Network หรือทำการเปิด Hot-spot เองด้วยมือถือ
2) อุปกรณ์ติดกล้องจับภาพดวงตามีน้ำหนักค่อนข้างมากซึ่งเกิดจากตัวกล้องจับภาพจึงอาจเกิดความลำบากในการสวมใส่ นอกจากนี้การสวมใส่แต่ละครั้งอาจทำให้ตำแหน่งของการถ่ายดวงตาเปลี่ยนไปเล็กน้อย ซึ่งแนวทางการแก้ไขทำได้โดยการนำวัสดุที่มีความแข็งแรงและรองรับน้ำหนักที่มากขึ้นมาติดตั้งกล้องจับภาพดวงตา
3) แอพพลิเคชั่นไม่สามารถระบุตำแหน่งของตาดำได้เมื่อมองเห็นพื้นที่ของตาดำไม่ถึง ½ ของของพื้นที่ตาดำทั้งหมด ซึ่งจะเกิดปัญหาเมื่อมองไปยังสุดของแกน X, Y เช่นการมองไปยังซ้ายสุดหรือขวาสุด ทำให้รูม่านตามีเพียงครึ่งเดียวทำให้ไม่สามารถตรวจจับวงกลมภายในภาพได้ ซึ่งแนวทางการแก้ไขทำโดยการใช้อัลกอริทึ่มในการตรวจจับครึ่งวงกลมเมื่อตรวจจับวงกลมในภาพไม่พบ
4) แอพพลิเคชั่นคำนวณการแปลงจุด Pixel โดยแอพพลิเคชั่นจะมีการคำนวณค่าโดยการนำค่าคงที่ซึ่งได้จากการทดลองเป็นองศาและเกิดความผิดพลาดได้เมื่อใช้กับหลายคน ซึ่งเมื่อนำไปใช้กับคนที่มีดวงตาแตกต่างกันอาจเกิดความคลาดเคลื่อนเล็กน้อยในการแปลงเป็นองศาจริงได้ ซึ่งมีแนวทางการแก้ไขคือการทำ Dynamic Adaptive โดยการให้แอพพลิเคชั่นทำการคำนวณค่าที่ใช้ในการแปลงจาก Pixel เป็นองศาใหม่เมื่อทำการเริ่มการทำงานแอพพลิเคชั่น
5) การทำงานของ Multithreading เพื่อช่วยในการประมวลผลที่เร็วขึ้นแต่เกิดปัญหาเมื่อลำดับการทำงานของ Thread เสร็จไม่ตามลำดับทำให้ภาพก่อนประมวลผลเสร็จทีหลัง ส่งผลให้การส่งค่าข้อมูลองศาไปควบคุมการทำงานของตัวหุ่นยนต์ผิดไป ซึ่งมีแนวทางการแก้ไขคือการจัดลำดับการ Commit ข้อมูลของ Thread ใหม่ด้วย Tightly Commit คือการ Commit แบบตามลำดับของภาพที่ดึงจากกล้องเท่านั้น หรือการแก้ไขด้วย Loosely Commit โดยการ Commit แบบไม่เรียงลำดับได้แต่การ Commit ภาพสุดท้ายจะต้องเป็นภาพหลังสุดที่ดึงจากกล้องเท่านั้น
6) การ Debug แอพพลิเคชั่นเมื่อมีการทำงานผิดพลาด ซึ่งการทำงานแบบ Multithread ทำให้ Debug ได้ยากเนื่องจากการแสดงข้อมูลด้วย Thread จะต้องมีการขอเข้าใช้งาน User Interface และอาจมีการรอเพื่อเข้าถึงตัวแปร ทำให้ Thread ในการเข้าถึงตัวแปรไม่สามารถคาดเดาได้ดังนั้นการเข้าใช้งาน User Interface ก็มีโอกาสในการแสดงผลลำดับ

ของ Thread ผิดเช่นกัน ซึ่งแนวทางการแก้ไขทำโดยการใช้ตัวแปรแบบ Array ในการเก็บค่าลำดับของ Thread โดยมีตัวแปรตัวหนึ่งใช้เพื่อบอกลำดับล่าสุด และนำค่าของตัวแปรนั้นมาวิเคราะห์ต่อไป

7) แขนของตัวหุ่นยนต์ในการหมุนแนวแกน X ซึ่งมีน้ำหนักที่ไม่เท่ากันทำให้แกน Z เอียง ซึ่งส่งผลต่อกล้องที่ติดตั้งมอเตอร์ที่หมุนในแกน Y ซึ่งแนวทางการแก้ไขทำโดยการถ่วงน้ำหนักในข้างที่มีน้ำหนักเบาของแขนหุ่นยนต์
8) เสารับสัญญาณ Wi-Fi ของ Wi-Fi Module บนตัวหุ่นยนต์สามารถเสียหายได้ง่ายเนื่องจากสาย Interface ที่ยาวและหัวเชื่อมต่อของสาย Interface บนตัว Wi-Fi Module สามารถหลุดออกจากสายได้ง่าย ซึ่งแนวทางการแก้ไขทำโดยการนำ Wi-Fi Module ไปเชื่อมต่อกับ Shield เพื่อเปลี่ยน Interface แบบสายยาวเป็นการนำเสาสัญญาณมาติดบนตัว Wi-Fi Module แทน อีกวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาคือทำกล่องจากวัสดุที่แข็งแรง เพื่อใช้เป็นที่ห่อหุ้มสาย Interface ทำให้มีความแข็งแรงมากขึ้น
9) ตัวหุ่นยนต์มีน้ำหนักค่อนข้างมาก จึงอาจทำได้เกิดการเคลื่อนที่ส่วนเกินเมื่อแขนหุ่นยนต์ทำการหมุน ซึ่งแก้ไขได้โดยการนำวัสดุที่ทีความแข็งแรงและรองรับน้ำหนักที่มากขึ้นได้มาใช้งาน

5.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

1) พัฒนาส่วนของหน้าแอพพลิเคชั่นให้ใช้งานง่ายยิ่งขึ้น
2) นำการเคลื่อนไหวของดวงตาไปปรับใช้กับการควบคุมอย่างอื่นได้ เช่น การเคลื่อนที่ของหุ่นยนต์, การบังคับเป้าปืนด้วยสายตา เป็นต้น
3) พัฒนาให้หุ่นยนต์ให้แข็งแรงยิ่งขึ้นโดยการใช้โลหะ
4) พัฒนาความปลอดภัยในการส่งข้อมูลติดต่อกันระหว่างหุ่นยนต์และแอพพลิเคชั่น
5) พัฒนาการแสดงผลภาพให้ออกทางอุปกรณ์เสริมแทนการแสดงทางแอพพลิเคชั่น เช่น การแสดงผลภาพบนแว่นตา เป็นต้น