



วิทยานิพนธ์

การจำแนกส่วนประกอบของวัตถุที่ถูกบดบัง
โดยการวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่

**COMPONENT CLASSIFICATION OF OCCLUDED OBJECTS
USING PATH ANALYSIS**

นางสาวภัทรา สุนโนจิตรภรณ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)

ปริญญา

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

สาขา

ภาควิชา

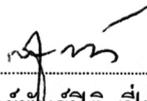
เรื่อง การจำแนกส่วนประกอบของวัตถุที่ถูกบดบังโดยการวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่

Component Classification of Occluded Objects using Path Analysis

นามผู้วิจัย นางสาวภัทรา สุมโนจิตรารักษ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

( รองศาสตราจารย์พันธุ์ปิติ เปี่ยมสง่า, D.Sc.)

กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์พีรวัฒน์ วัฒนพงศ์, Ph.D.)

กรรมการ

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยอดเยี่ยม ทิพย์สุวรรณ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์เข้มะชาติ วิภาตะวานิช, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์วินัย อัจจงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 3 เดือน เม.ย พ.ศ. 2561

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การจำแนกส่วนประกอบของวัตถุที่ถูกบดบัง
โดยการวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่

Component Classification of Occluded Objects using Path Analysis

โดย

นางสาวภัทรา สุ่มโนจิตราภรณ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์)

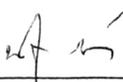
พ.ศ. 2551

ภัทรา สุมโนจิตราภรณ์ 2551: การจำแนกส่วนประกอบของวัตถุที่ถูกบดบังโดยการวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่ ปริญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาชานกรรมการที่ปริศึกษา: รองศาสตราจารย์พันธุ์ปิติ เปี่ยมสง่า, D.Sc. 52 หน้า

โดยปกติแล้วในการติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกบังด้านหน้า เช่น คนเดินผ่านบริเวณพุ่มไม้ หรือ เครื่องบินบินผ่านบริเวณที่มีก้อนเมฆบังอยู่ วัตถุลักษณะนี้จะไม่สามารถมองเห็นเป็นวัตถุเดียวได้อย่างชัดเจน แต่จะมองเห็นแยกออกเป็นชิ้นส่วนประกอบย่อยหลายส่วน และปรากฏไม่ต่อเนื่องตลอดการเคลื่อนที่โดยอาจจะหายไปในช่วงเวลา ซึ่งการบังจะทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาทำให้ยากต่อการติดตาม

วิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอวิธีการติดตามวัตถุเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีวัตถุอื่นบังด้านหน้า โดยใช้การวิเคราะห์จำแนกลักษณะเส้นทางการเคลื่อนที่ของส่วนประกอบวัตถุ ที่คล้ายกันให้เป็นวัตถุเดียวกัน การทดลองใช้วิธีการจำลองสถานการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุหลายชิ้น ผ่านบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางเบื้องหน้าบังอยู่ จากผลลัพธ์เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่สิ่งกีดขวางด้านหน้ามีขนาดเล็ก และมีค่าความหนาแน่นของการบังไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ จะได้ค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงมากกว่า 0.7 นอกจากนี้ยังทำการทดลองกับข้อมูลการเคลื่อนที่จริงของวัตถุผ่านบริเวณที่ถูกบัง ได้ผลลัพธ์ค่าเรียกกลับโดยเฉลี่ยรวมมากกว่า 0.6 และค่าความเที่ยงมากกว่า 0.7

ภัทรา สุมโนจิตราภรณ์
ลายมือชื่อนิติติ


ลายมือชื่อประธานกรรมการ

31 / มี.ค. / 2551

Pattra Sumanojitraporn 2008: Component Classification of Occluded Objects using Path Analysis. Master of Engineering (Computer Engineering), Major Field: Computer Engineering, Department of Computer Engineering. Thesis Advisor: Associate Professor Punpiti Piamsa-nga, D.Sc. 52 pages.

Occluded objects, such as a man walking behind a bush or an airplane flying over the cloud, normally cannot be seen clearly as one piece. Instead, it is seen in many small moving parts since the occlusions change from time to time.

This research presents an algorithm to track occluded objects by clustering many paths of moving components, which share common visible motion properties, to be one moving object. The experiment was performed using both simulation and real data. In the simulation of many objects moving through the occlusion area, the results show that when the object moving passed through the small foreground objects and occlusion density under 60% is applied, the recall value and the precision value are over 0.7 and the experiment from real situation of moving object give the average result of over 0.6 recall and over 0.7 precision.

Pattra Sumanojitraporn
Student's signature

Punpiti Piamsa-nga
Thesis Advisor's signature

31 / 03 / 2008

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร. พันธุ์ปิติ เปี่ยมสง่า ประธานกรรมการที่ให้คำชี้แนะความช่วยเหลือตรวจแก้ไขในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พีรวัฒน์ วัฒนพงศ์ กรรมการวิชาเอก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยอดเยี่ยม ทิพย์สุวรรณ กรรมการ
วิชาการ

ขอกราบขอบพระคุณบุพการีสำหรับความเอาใจใส่ดูแลห่วงใยและช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน

สุดท้ายขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือจนทำให้สามารถทำ
วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ได้

ภัทรา สุมนิจิตราภรณ์

มีนาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
ความรู้พื้นฐาน	4
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
อุปกรณ์และวิธีการ	13
อุปกรณ์	13
วิธีการ	13
การทดลอง	21
ผลและวิจารณ์	26
สรุปและข้อเสนอแนะ	37
สรุป	37
ข้อจำกัดของงานวิจัย	38
ข้อเสนอแนะ	38
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	40
ภาคผนวก	42
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	52

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชุดข้อมูลสำหรับทดสอบโดยการจำลองสถานการณ์เปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม	22
2	ชุดข้อมูลสำหรับทดสอบข้อมูลการเคลื่อนที่ในสถานการณ์จริง	24
3	ผลค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงการทดลองติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ต่างกัน	35

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลูกบาศก์สีของแบบจำลองสี RGB (RGB Color Cube)	7
2	แบบสี Subtractive Color	8
3	กรวยแสดงสีของแบบจำลองสี HSV (HSV Color Model)	9
4	ภาพรวมขั้นตอนของวิธีการจำแนกและติดตามวัตถุ	14
5	ขั้นตอนวิธีในการจำแนกและติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุ	17
6	สถานการณ์จำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านบริเวณที่มีสิ่งบังด้านหน้า	18
7	วัตถุเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสิ่งบังด้านหน้าในช่วงเวลาต่างกัน	19
8	จุดภาพที่ได้จากการลบภาพพื้นหลัง	19
9	เส้นทางการเคลื่อนที่ในเวลา $t = n$ และ $t = n - 1$	20
10	การจำแนกจัดกลุ่มเส้นทางการเคลื่อนที่ของส่วนประกอบวัตถุ ณ เวลา $t = n$	20
11	ตัวอย่างข้อมูลสำหรับทดลองการติดตามข้อมูลจริง	24
12	สมการค่าความเที่ยงและค่าเรียกกลับ	25
13	เปรียบเทียบค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงกับเปอร์เซ็นต์การบัง	26
14	เปรียบเทียบค่าเรียกกลับกับเปอร์เซ็นต์การบัง แสดงตามขนาดวัตถุด้านหน้า	27
15	เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับเปอร์เซ็นต์การบัง แสดงตามขนาดวัตถุด้านหน้า	28
16	เปรียบเทียบค่าเรียกกลับกับเปอร์เซ็นต์การบัง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 4 ตารางหน่วย	29
17	เปรียบเทียบค่าเรียกกลับกับเปอร์เซ็นต์การบัง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 9 ตารางหน่วย	30
18	เปรียบเทียบค่าเรียกกลับกับเปอร์เซ็นต์การบัง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 16 ตารางหน่วย	31
19	เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับเปอร์เซ็นต์การบัง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 4 ตารางหน่วย	32
20	เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับเปอร์เซ็นต์การบัง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 9 ตารางหน่วย	32
21	เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับเปอร์เซ็นต์การบัง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 16 ตารางหน่วย	33
22	เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับค่าเรียกกลับ ข้อมูลการจำลองสถานการณ์	34
23	เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับค่าเรียกกลับข้อมูลจริง	36

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
1 การลบภาพพื้นหลัง	43
2 ขนาดของวัตถุเคลื่อนที่แตกต่างกันสำหรับการติดตามโดยความหนาแน่นของการบัง 0 เปอร์เซ็นต์	44
3 ขนาดของวัตถุที่บังด้านหน้าแตกต่างกันสำหรับการติดตามความหนาแน่นของการบัง 50 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของวัตถุเคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย	45
4 เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบัง 10-40 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของวัตถุที่บังด้านหน้า 1 ตารางหน่วย และขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย	46
5 เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบัง 50-100 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของวัตถุที่บังด้านหน้า 1 ตารางหน่วย และขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย	47
6 เส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ กรณีเคลื่อนที่รวมกันเข้ามาและแยกออกจากกัน ภายหลัง	48
7 เส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุกรณีเคลื่อนที่เข้ามาในลักษณะโคดและรวมกัน ภายหลัง	49
8 เส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุกรณีเคลื่อนที่เข้ามาในลักษณะโคดไม่มีการรวมกัน	50
9 ภาพฉากพื้นหลังของข้อมูลจริงสำหรับการทดลอง	51

การจำแนกส่วนประกอบของวัตถุที่ถูกบดบังโดยการวิเคราะห์เส้นทางการเคลื่อนที่

Component Classification of Occluded Objects using Path Analysis

คำนำ

ในปัจจุบันงานวิจัยในด้านการประมวลผลภาพ/วิทัศน์ มีความสำคัญต่อระบบงานประยุกต์ต่าง ๆ ที่ใช้กันในชีวิตประจำวันมากมาย เช่น ระบบรักษาความมั่นคง ระบบควบคุมการจราจร ระบบช่วยเหลือการขับขี่ และระบบคอมพิวเตอร์โต้ตอบกับมนุษย์ ซึ่งระบบงานเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากการประมวลผลภาพ/วิทัศน์และการติดตามวัตถุ เนื่องจากตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุที่อยู่ในลำดับภาพ จะนำมาเป็นข้อมูลนำเข้าของระบบ ยกตัวอย่างเช่น ระบบรักษาความมั่นคงจะใช้การติดตามวัตถุเคลื่อนที่ในบริเวณที่ติดตั้งระบบเพื่อตรวจสอบสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้น ดังนั้น การติดตามวัตถุการเคลื่อนที่ จึงเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาระบบงาน เพราะ ประสิทธิภาพของงานจะขึ้นอยู่กับความถูกต้องของการติดตามวัตถุ แต่ก็มีหลายสาเหตุหลายปัจจัยที่ทำให้การติดตามทำได้ยากมากขึ้น เช่น สัญญาณรบกวนในภาพวิทัศน์ การเปลี่ยนแปลงของแสงในภาพ ลักษณะซับซ้อนของวัตถุ เป็นต้น ซึ่งปัญหาทั้งหมดนี้จะส่งผลกระทบต่อความถูกต้องในการติดตาม

นอกจากนี้ยังมีปัญหาหนึ่งที่เป็นปัญหาสำคัญที่สุดในการติดตามการเคลื่อนที่ คือ การที่วัตถุถูกบัง ไม่ว่าจะเป็นกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่บังกันเอง หรือเคลื่อนที่ผ่านวัตถุอื่นที่อยู่ในบริเวณที่ติดตาม เนื่องจาก เมื่อเกิดการบังจะทำให้ เราไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้อย่างชัดเจน โดยจะมองเห็นแค่เพียงบางส่วนหรือมองเห็นวัตถุแยกออกเป็นส่วนเล็กๆ หรือหายไปในช่วงเวลา รวมถึงขนาดและรูปร่างที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งการมองเห็นของมนุษย์นั้น มนุษย์จะสามารถแยกแยะและมองเห็นได้ว่าวัตถุที่กระจายเป็นส่วน หรือหายไปและปรากฏมาใหม่นั้นเป็นชิ้นวัตถุเดียวกันทำให้เราทราบเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุชิ้นนั้นได้ แต่สำหรับคอมพิวเตอร์จะรับรู้ข้อมูลในลักษณะของจุดภาพ ดังนั้นเมื่อวัตถุถูกบังคอมพิวเตอร์รับรู้ข้อมูลวัตถุนั้นเป็นหลายวัตถุหลายชิ้นหรือ เมื่อวัตถุหายไปบางช่วงก็จะไม่สามารถทราบได้ว่าเป็นวัตถุชิ้นเดียวกันที่เคลื่อนที่ต่อเนื่องกัน จึงทำให้ความถูกต้องในการติดตามวัตถุเคลื่อนที่ลดลง เมื่อเราทำการติดตามวัตถุลักษณะนี้จะทำให้ได้เส้นทางการกระจายหลายเส้นทางของหลายส่วนประกอบวัตถุซึ่งเป็นชิ้นส่วนของวัตถุเดียวกัน หรือเส้นทางที่ได้อาจจะไม่ต่อเนื่องกัน ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าเป็นวัตถุชิ้นเดียวกัน

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอ วิธีการจำแนกส่วนประกอบของวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านในบริเวณที่มีวัตถุอื่นบังอยู่ด้านหน้า เช่น คนเดินผ่านเข้าไปในบริเวณที่มีพุ่มไม้ เครื่องบินบินผ่านบริเวณที่มีก้อนเมฆ เป็นต้น โดยวิธีการที่นำเสนอนี้จะอาศัยข้อเท็จจริงเกี่ยวกับ การเคลื่อนที่ของวัตถุว่าวัตถุชิ้นเดียวกัน จะต้องมิลักษณะกายภาพของการเคลื่อนที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกัน คือ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีวัตถุอื่นบังด้านหน้า แล้ววัตถุแยกออกหลายชิ้นส่วนประกอบย่อยบางส่วนมองเห็นอย่างต่อเนื่อง หรือบางส่วนก็หายไปบางช่วงเวลาทำให้เกิดเส้นทางการเคลื่อนที่หลายเส้นทาง แต่ถ้าส่วนประกอบวัตถุย่อยเหล่านี้เป็นชิ้นส่วนของวัตถุชิ้นเดียวกัน จะต้องมีลักษณะเส้นทางการเคลื่อนที่ที่เหมือนกัน ดังนั้น วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดมุ่งหมายที่สำคัญคือ เพื่อเสนอวิธีการในการจำแนกส่วนประกอบของวัตถุในขณะที่ถูกบังและมองเห็นแค่เพียงบางส่วน มองเห็นแยกออกจากกันให้เป็นวัตถุชิ้นเดียวกันทำให้สามารถที่จะติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ โดยใช้การวิเคราะห์รวมเส้นทางการเคลื่อนที่ของส่วนประกอบของวัตถุที่ติดตามได้ และมีคุณสมบัติเส้นทางที่เหมือนกัน เช่น ทิศทาง ตำแหน่ง และ ช่วงระยะเวลา เป็นต้น แล้วจะรวมส่วนประกอบของวัตถุและเส้นทางที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันเพื่อสร้างให้เป็นเส้นทางของวัตถุใหม่โดยจะได้เส้นทางเคลื่อนที่ของวัตถุหนึ่งชิ้นที่ต่อเนื่องกัน

วัตถุประสงค์

พัฒนาวิธีการจำแนกและตรวจจับส่วนประกอบของวัตถุ และสามารถรวมเป็นวัตถุเดียวกัน เพื่อติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุ สำหรับในกรณีที่วัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสิ่งบดบังด้านแต่ว่า พอมองเห็นวัตถุได้

การตรวจเอกสาร

ความรู้พื้นฐาน

ในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยหัวข้อจะประกอบไปด้วย ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการติดตามวัตถุ (Object Tracking) วิธีการในการลบภาพพื้นหลัง (Background Subtraction) เพื่อหาตำแหน่งของจุดภาพของวัตถุ และการหาลักษณะเฉพาะของวัตถุสำหรับติดตาม ซึ่งในงานวิจัยลักษณะเฉพาะที่เลือกใช้คือ ค่าสีของวัตถุ ซึ่งจะกล่าวถึง แบบจำลองสี (Color Model) แ่งความถี่สี (Color Histogram) และวิธีการในการหาค่าความคล้ายของแ่งความถี่สี (Histogram Intersection)

1. การติดตามวัตถุเคลื่อนที่

การติดตามวัตถุ (Object Tracking) คือ การที่เราสามารถทราบวัตถุอยู่ส่วนใดในบริเวณที่สนใจตลอดเวลา ยกตัวอย่างเช่น เมื่อเราได้รับลำดับภาพมาจำนวนหนึ่ง เราจะต้องสามารถทราบว่ามีวัตถุอยู่ ณ จุดตำแหน่งใดในทุก ๆ ภาพ เมื่อวัตถุมีการเคลื่อนที่ ภาพที่ปรากฏบนกล้องจะมีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ซึ่งในการติดตามวัตถุนั้นจะต้องทราบว่าวัตถุต่าง ๆ นั้นมีการเคลื่อนที่อย่างไรทิศทางใด ตำแหน่งปัจจุบันของวัตถุเป็นอย่างไร และตำแหน่งแตกต่างจากตำแหน่งของภาพก่อนหน้าอย่างไร ซึ่งวิธีการติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน แต่จากศึกษาสามารถสรุปเป็นวิธีการพื้นฐาน 5 วิธีดังต่อไปนี้ (Bretzner, 1999) (Jeong et al., 1993)

1.1 การหาความสัมพันธ์กันของภาพ (Correlation based tracking) เป็นวิธีการที่ใช้กันในยุคแรก โดยจะใช้การเปรียบเทียบความเหมือนกันของระดับสีเทาบนพื้นที่หนึ่งในภาพจากช่วงเวลาต่าง ๆ คือ โดยกำหนดแบ่งภาพออกเป็นช่อง ๆ จากนั้นจะเปรียบเทียบข้อมูลจากภาพในเวลาถัดไปว่าเหมือนกับช่องไหนมากที่สุด โดยที่ช่องทั้งหมดจะต้องมีขนาดเท่ากัน ดังนั้นจะรู้ว่าช่องนั้นเคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งใดในเฟรมถัดไป แต่ข้อเสียของวิธีการนี้คือ วัตถุที่ปรากฏในแต่ละเฟรมจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ควรจะเป็นวัตถุแข็งเกร็ง (rigid body) หรือเป็นวัตถุที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและมุมมองไม่มากนัก

1.2 การติดตามการไหลของแสง (Optical flow based tracking) เป็นอีกวิธีหนึ่งซึ่งใกล้เคียงกับ correlation-based tracking โดยจะหาการเคลื่อนที่ในภาพจากจุดภาพ ซึ่งจะวิเคราะห์ความเหมือนกันความสว่างของจุดภาพในแต่ละภาพ กล่าวคือ เมื่อมีวัตถุเคลื่อนที่ปรากฏในลำดับภาพในแต่ละภาพ จุดภาพที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านจะเปลี่ยนแปลงความสว่าง โดยจะสมมุติว่า ความสว่างของวัตถุจะเท่ากันตลอดทุก ๆ เฟรม ทำให้เป็นข้อเสียของการติดตามการไหลของแสง คือจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง

1.3 การติดตามวัตถุจากลักษณะเฉพาะ (Feature based object tracking) เป็นวิธีการหนึ่งที่แก้ปัญหาการติดตามที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง โดยมีหลักการทำงานคือ จะตรวจหาวัตถุและลักษณะของวัตถุจากลำดับภาพก่อน เพื่อนำไปใช้ในการเปรียบเทียบเพื่อระบุหาวัตถุในภาพ โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ดังนี้ ขั้นตอนแรกคือ การติดตามหาลักษณะเฉพาะ (feature extraction) และ การติดตามลักษณะเฉพาะ (feature tracking) โดยลักษณะเฉพาะที่นำมาใช้ในการติดตามจะต้องเป็นลักษณะที่มีความโดดเด่นและมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ยกตัวอย่างเช่น มุม , ขอบวัตถุ และ สี เป็นต้น

1.4 การติดตามโดยใช้ข้อมูลการเคลื่อนที่ของวัตถุ (Motion correspondence) เป็นวิธีการติดตามวัตถุโดยการวิเคราะห์วิถีการเคลื่อนที่ของวัตถุ (trajectory) และตำแหน่งทั้งหมดของวัตถุที่ปรากฏในแต่ละภาพและนำมาพิจารณาหาตำแหน่งของวัตถุที่ควรจะเป็น เมื่อทราบข้อมูลการเคลื่อนที่เหล่านี้ เช่น ความเร็ว (velocity) , ความเร่ง (acceleration), ทิศทางการเคลื่อนที่ (direction) และ ความเร็วเชิงมุม (angle velocity) ซึ่งจะสามารถทำให้เราหาตำแหน่งในเฟรมถัดไปได้ ทำให้สามารถช่วยลดพื้นที่ในการค้นหาวัตถุ หรือการนำไปใช้ร่วมกับวิธีการอื่นเพื่อเพิ่มความแม่นยำ และลดเวลาในการติดตามวัตถุ

1.5 การใช้ลักษณะเด่นของวัตถุ (Explicit object representation) กรณีที่เราทราบถึงลักษณะเด่นของวัตถุที่เราต้องการติดตาม เช่น รูปร่าง หรือ ลักษณะที่ปรากฏของวัตถุ เราสามารถใช้ลักษณะเหล่านี้ในการสร้างแบบจำลองลักษณะเด่นของวัตถุเพื่อใช้ในการติดตามต่อไปได้ ข้อดีของวิธีการนี้คือ ถ้าหากการติดตามผิดพลาดจากการไม่ตรงกันระหว่างแบบจำลองกับวัตถุ ระบบจะสามารถกู้คืนการติดตามได้โดยการใช้แบบจำลองลักษณะเด่นที่ตรงกับวัตถุที่ติดตาม ซึ่งการสร้างแบบจำลองวัตถุนี้แบ่งออกเป็น 3 วิธี ดังนี้ วิธีแรกคือ ใช้แบบจำลอง 3 มิติ (3-D Model representation) ตัวอย่างระบบงานประยุกต์ที่ประสบความสำเร็จในการตรวจจับ คือ การติดตามรถยนต์บนถนนโดยใช้

แบบจำลองโครงสร้างของรถยนต์แบบ 3 มิติ วิธีที่ 2 คือ การใช้แบบจำลองมุมมองต่าง ๆ ของวัตถุ (View based representation) ซึ่งเป็นแบบจำลองในลักษณะ 2 มิติ ในกรณีที่ไม่มีข้อมูล 3 มิติ เช่น การใช้เส้นรอบรูป, ความสว่างของวัตถุ รวมกับความสัมพันธ์แบบ 2 มิติระหว่างลักษณะดังกล่าว เช่น การติดตามวัตถุที่มีลักษณะเป็นข้อปล้อง คือ การติดตามแขน ขา หรือ มือของมนุษย์ วิธีสุดท้าย คือ การใช้แบบจำลองลักษณะที่ปรากฏขึ้นของวัตถุ (Appearance based representation) จะเป็นการใช้ วิธีการสร้างชุดข้อมูลรูปร่างลักษณะของวัตถุที่ปรากฏในหลาย ๆ มุมมอง และสรุปว่าสามารถที่จะพบลักษณะที่ตรงกับวัตถุได้ภายในชุดข้อมูลนี้ ตัวอย่างเช่น การติดตามวัตถุแข็งเกร็ง (rigid objects) ซึ่งข้อเสียของวิธีการนี้ก็คือถ้ามีลักษณะที่ปรากฏขึ้นมา และไม่ตรงกับชุดข้อมูลจะทำให้การติดตามผิดพลาดได้ เช่น การที่วัตถุถูกบัง และการเปลี่ยนแปลงของแสง เป็นต้น

วิธีการที่กล่าวข้างต้นเป็นวิธีการพื้นฐานในการติดตามวัตถุ ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการติดตามวัตถุในปัจจุบันมีการนำเสนอในอีกหลายวิธี แต่ละวิธีก็จะมีรายละเอียดให้ผลความถูกต้องที่แตกต่างกันหรือสามารถติดตามวัตถุในลักษณะที่ต่างกันด้วย ดังได้แสดงตัวอย่างวิธีการต่าง ๆ ในหัวข้องานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่อไป

2. การลบภาพพื้นหลัง

การหาตำแหน่งของวัตถุบนภาพนั้นเป็นขั้นตอนหนึ่งของการติดตามวัตถุ เพื่อที่เราจะได้ทราบตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุบนภาพสำหรับการติดตาม ซึ่งการลบภาพพื้นหลัง (Background Subtraction) (McIvor, 2000) เป็นวิธีการหนึ่งในการหาตำแหน่งของวัตถุบนภาพ โดยหลักการของวิธีการนี้คือ จะต้องมีการเก็บข้อมูลของภาพพื้นหลังไว้ก่อนเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับลำดับภาพอื่นๆ การลบภาพพื้นหลัง สามารถทำได้หลายวิธี แต่สำหรับงานวิจัยนี้ เราใช้การลบภาพพื้นหลังจากภาพระดับเทา ซึ่งแต่ละจุดภาพจะกำหนดให้เป็นวัตถุเมื่อผลจากลบมีค่ามากกว่า ขีดแบ่ง (Threshold) โดยสมการแสดงตามสมการที่ 1

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{for } f(x,y) - h(x,y) > T \\ 0 & \text{for } f(x,y) - h(x,y) < T \end{cases} \quad (1)$$

โดย $g(x,y)$ คือ ภาพผลลัพธ์จากการลบภาพพื้นหลัง $f(x,y)$ คือ ลำดับภาพ และ $h(x,y)$ คือ ข้อมูลภาพพื้นหลัง และ T คือ ค่าขีดแบ่ง (Threshold)

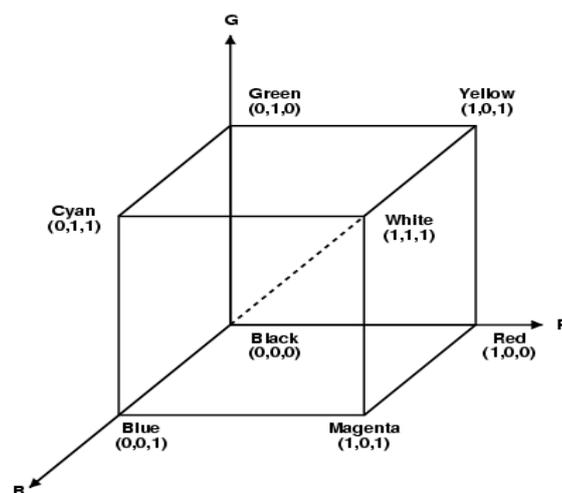
3. ลักษณะเฉพาะค่าสีของวัตถุ

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการติดตามวัตถุจากลักษณะเฉพาะ ในการติดตามส่วนประกอบของวัตถุเพื่อให้ได้เส้นทางการเคลื่อนที่ โดยลักษณะที่เลือกใช้คือ ค่าสีของวัตถุ เนื่องจากว่า วัตถุที่ติดตามนั้นถูกบังโดยวัตถุอื่น ทำให้วัตถุมีรูปร่างไม่แน่นอนจึงไม่สามารถใช้คุณสมบัติเช่น รูปทรง (Shape) เส้นขอบหรือเส้นรอบรูป (Contour) มาเป็นลักษณะเฉพาะในการติดตามได้ ดังนั้นในหัวข้อนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึง แบบจำลองสี, แสงความถี่สี และ การหาค่าความคล้ายของแสงความถี่สี ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำหรับคุณสมบัติสีที่ใช้ในการติดตาม

3.1 แบบจำลองสี (Color Model)

แบบจำลองสีเป็นรูปแบบทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายค่าสีให้สามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งมีหลายลักษณะหลายรูปแบบ ยกตัวอย่างแบบจำลองสีที่สำคัญและนิยมใช้กันมากในปัจจุบันดังต่อไปนี้ (Gonzalez and Woods, 2002)

3.1.1 แบบจำลองสี RGB (RGB Color Model) เป็นแบบจำลองสี ที่นำไปใช้ในสีบนจอคอมพิวเตอร์หรือกล้องวิดีโอทั่วไป ซึ่งลักษณะของแบบจำลองจะเกิดจากการผสมสีปฐมภูมิ 3 สี คือ แดง เขียว และ น้ำเงิน โดยค่ามาตรฐานของแบบจำลองสี RGB แสดงตามภาพที่ 1

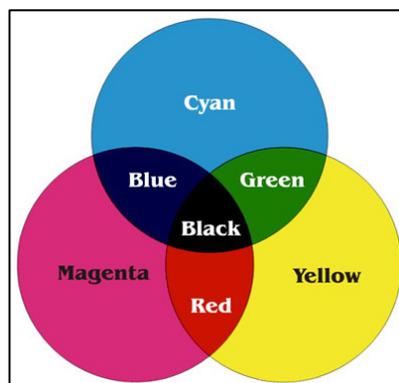


ภาพที่ 1 ลูกบาศก์สีของแบบจำลองสี RGB (RGB Color Cube)

โดยจากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ค่าทั้งหมดของ R, G, B จะมีค่าอยู่ในช่วง [0,1] ซึ่งสำหรับการแทนภาพด้วยแบบจำลองสี RGB โดยสมมุติให้ ภาพสีขนาด 24 บิต แสดงว่า จำนวนสีทั้งหมดที่เป็นไปได้บนภาพเท่ากับ $(2^8)^3 = 16,777,216$ สี R = 8 บิต , G = 8 บิต และ B = 8 บิต

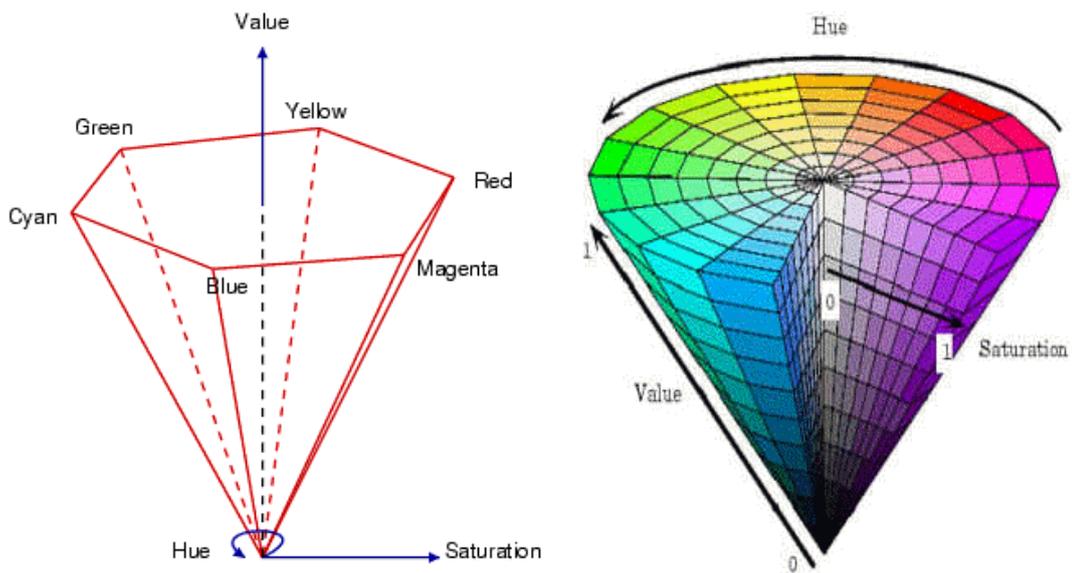
สำหรับข้อดีของการใช้ แบบจำลองสี RGB ง่ายต่อการใช้งาน เพราะอุปกรณ์รับภาพหรือแสดงผล จะใช้มาตรฐานแบบจำลองสี RGB ในการผสมสี แต่เนื่องจากจำนวนสีที่มากทำให้ยากแก่การนำมาวิเคราะห์และเข้าใจ

3.1.2 แบบจำลองสี CMYK (CMYK Color Model) เป็นแบบจำลองที่นำไปใช้มากในเครื่องพิมพ์ ซึ่งเป็นสีแบบ Subtractive Color แสดงตามภาพที่ 2 จะประกอบไปด้วย 3 สี คือ สีฟ้า (Cyan) , สีชมพู (Magenta) , สีเหลือง (Yellow) ส่วน สีดำ (Black) เนื่องจากว่า การทำให้เกิดสีดำจะต้องใช้ สีทั้ง 3 สีรวมกัน แต่เนื่องจาก เมื่อนำมาพิมพ์จริงแล้วสีจะไม่ดำสนิท ดังนั้นในแบบจำลองสีนี้จะรวมสีดำเข้าไปด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพิมพ์



ภาพที่ 2 แบบสี Subtractive Color

3.1.3 แบบจำลองสี HSV (HSV Color Model) เป็นมาตรฐานการระบุสีที่ประกอบไปด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ สีสัน (Hue) ความอิ่มตัวของสี (Saturation) และ ความสว่าง (Values) (Jeong, 2001) แสดงตามภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กรวยแสดงสีของแบบจำลองสี HSV (HSV Color Model)

อธิบายจากภาพที่ 3 จะเห็นว่าค่าสีส้ม (Hue) จะแสดงไว้ที่หน้าตัดของกรวย โดยจากค่า 0 ถึง 1 ซึ่งจะไล่จากสีแดง เหลือง เขียว ฟ้า น้ำเงิน ชมพู และกลับไปที สีแดง แสดงว่าค่า 0 และ 1 เป็นสีแดงเหมือนกัน สำหรับค่าอิ่มตัวของสี (Saturation) โดยจะไล่จากหน้าตัดกรวย ด้านในออกไปด้านนอก มีค่าจาก 0 ถึง 1 ซึ่งค่า 0 หมายความว่าไม่มีความอิ่มตัวของสี ซึ่งก็คือสีเทา ขอบด้านนอกกรวยที่มีค่าความอิ่มตัวมากที่สุด ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 สุดท้ายคือค่าความสว่างจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 เช่นเดียวกัน โดยค่า 0 คือไม่มีความสว่างที่ด้านล่างของกรวยจะเป็นสีดำ และ ค่าความสว่างมากที่สุดคือค่า 1 และจากกรวยแสดงค่าสีนี้ จะเห็นว่าค่าระดับสีเทาจะอยู่ในแกนกลางของกรวย โดยจะไล่ระดับความสว่างที่จุดล่างสุดจะเป็นสีดำ และจุดกลางหน้าตัดกรวยจะเป็นสีขาว

ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แบบจำลองสี HSV มาใช้แสดงคุณสมบัติของสีในการติดตามสร้างเส้นทางเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยจะมีการตัดส่วนของค่าความสว่างออกไปโดยจะเหลือแค่ค่า สีส้ม (Hue) และค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) เท่านั้น เพื่อลดผลของแสงต่อการติดตามวัตถุซึ่งรายละเอียดจำนวนของสีที่ใช้จะกล่าวอยู่ในส่วนของวิธีการ

3.2 แ่งความถี่สี (Color Histogram)

จากแบบจำลองสีที่ได้กล่าวมาแล้ว การจะแทนลักษณะสีของวัตถุหรือของภาพเพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลนั้น แ่งความถี่สี เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถที่จะแทนลักษณะสีของวัตถุได้ โดยแ่งความถี่สีจะประกอบไปด้วย จำนวนสีของแต่ละระดับสีที่อยู่ภาพ ซึ่งระดับของสีก็จะขึ้นอยู่กับจำนวนสีและแบบจำลองที่เราเลือกใช้ ยกตัวอย่างการแทนแ่งความถี่สี ดังต่อไปนี้ จำนวนสีของแบบจำลองสีสี RGB โดย RGB ต้องใช้ข้อมูลขนาด 24 บิต จะทำให้ได้จำนวนสีของแ่งความถี่สี $2^{3 \times 8} = 16,777,216$ สี เป็นต้น

3.3 การหาค่าความคล้ายของแ่งความถี่สี

การหาค่าความคล้ายของแ่งความถี่สีนี้ เพื่อที่จะต้องการเปรียบเทียบความเหมือนกันของภาพ 2 ภาพ หรือ ถ้าเป็นการติดตามวัตถุ ก็จะเป็นการเปรียบเทียบความเหมือนหรือคล้ายกันของ 2 วัตถุ โดยวิธีการที่จะกล่าวถึงในงานวิจัยนี้คือ Histogram Intersection (Smith and Chang, 1996) เนื่องจากเป็นวิธีการที่ง่ายและรวดเร็ว และให้ผลในการวัดได้ดีโดยมีละเอียดการหาค่าดังสมการที่ 2

$$d_I(h, g) = \frac{\sum_{m=0}^{M-1} \min(h[m], g[m])}{\min(\sum_{m_0=0}^{M-1} h[m_0], \sum_{m_1=0}^{M-1} g[m_1])} \quad (2)$$

กำหนดให้

$d_I(h, g)$ คือ ค่าความคล้ายกันของแ่งความถี่สี 2 แ่ง โดย 1 มีความคล้ายกันมากที่สุด และ 0 ไม่มีความคล้ายกัน

$h[m]$ คือ ชุดแ่งความถี่สีชุดที่ 1 , $g[m]$ คือ ชุดแ่งความถี่สีชุดที่ 2

m คือ จำนวนแ่งสีในแ่งความถี่ทั้งหมด

ข้อดีสำหรับวิธีการนี้จะสามารถเปรียบเทียบความเหมือนของแ่งความถี่สี 2 ชุดที่มีขนาดไม่เท่ากันได้

จากความรู้พื้นฐานทั้งหมดที่กล่าวมาแล้ว ผู้วิจัยจะกล่าวเฉพาะในส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเท่านั้น ดังนั้น หากผู้ที่สนใจในหัวข้อต่าง ๆ สามารถที่จะศึกษาเพิ่มเติมได้ตามการอ้างอิงที่ปรากฏ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการติดตามวัตถุนั้นมีมากมาย ยกตัวอย่างเช่น การตรวจจับคนเดินเท้าบนถนนจากระยะที่มีระบบช่วยขับรถอัตโนมัติ มีงานของ Philomin et al. (2000) ได้เสนอวิธีการโดยใช้แบบจำลองรูปร่าง ซึ่งจะสร้างแบบจำลองรูปร่างของคนเดินเท้าไว้สำหรับการตรวจจับ หรือ การตรวจจับรถยนต์สำหรับระบบควบคุมการจราจร นอกจากนี้ยังมีงานที่เกี่ยวข้องกับการติดตามการเคลื่อนไหวของมนุษย์ ซึ่งโดยมากจะเป็นการพัฒนาการรับรู้และการมองเห็นของหุ่นยนต์ เช่น การวิเคราะห์ลักษณะท่าทางของมนุษย์ เช่นงานของ Jiang et al. (2004) เป็นการวิเคราะห์กิจกรรมของมนุษย์ โดยจะอาศัย การตรวจจับลักษณะข้อปล้องของวัตถุ (แขน, ขา) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ เป็นต้น

สำหรับการติดตามวัตถุที่ถูกบังนั้นส่วนมากจะเป็นการพัฒนาโดยการเป็นส่วนหนึ่งของงานการติดตามวัตถุเพื่อรองรับกับเหตุการณ์ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่มาซ้อนทับกัน ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในการติดตามวัตถุ โดยเฉพาะการติดตามวัตถุหลายชิ้นยิ่งจะทำให้วัตถุเคลื่อนที่บังกันได้ง่าย ตัวอย่างเช่น งานของ Yilmaz et al. (2004) ซึ่งเป็นการติดตามวัตถุโดยใช้คุณลักษณะของวัตถุ โดยจะใช้เส้นแสดงรูปร่างวัตถุ (Contour) เป็นคุณลักษณะที่ติดตาม สำหรับส่วนการจัดการเกี่ยวกับวัตถุที่ถูกบัง งานวิจัยนี้จะจัดการเฉพาะกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่บังกันคือเคลื่อนที่เข้าหากัน ซึ่งเมื่อวัตถุถูกบังขึ้นจะมีวิธีการจัดการโดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นแรก เป็นการตรวจจับการซ้อนบัง และ อีกขั้นหนึ่ง คือ การกู้คืนรูปร่างของวัตถุที่ถูกบัง การตรวจจับการซ้อนบังจะดูจากขนาดของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปและระยะทางระหว่าง 2 วัตถุ สำหรับการกู้คืนรูปร่างจะใช้เส้นรอบรูปก่อนในการกู้คืนส่วนที่ถูกบังทั้งหมดทำให้สามารถติดตามต่อไปได้

ตัวอย่างต่อไปเป็นงานของ Weng et al. (2006) เป็นการติดตามวัตถุเดียวที่เลือกติดตามโดยใช้ตัวกรองคาร์ลมาน (Adaptive Kalman Filter) ซึ่งจะใช้ ค่าสีของวัตถุ (HSI Color Model) ในการติดตาม และจากค่าติดตามวัตถุนี้จะนำมาส่งกลับให้กับตัวกรองคาร์ลมานเป็นตัววัด ส่วนตัวประมาณค่าพารามิเตอร์จะถูกปรับโดยค่าสัดส่วนของการบัง ซึ่งตัวกรองคาร์ลมานจะนำมาใช้ในการทำนายการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งเมื่อเกิดการบังของวัตถุก็จะสามารถที่จะติดตามวัตถุต่อไปได้ ซึ่งวิธีการนี้สามารถที่จะติดตามวัตถุได้ทั้งในกรณีที่ วัตถุเคลื่อนที่บังกันหรือถูกบังจากวัตถุอื่น

อีกงานวิจัยหนึ่งที่น่าสนใจเป็นของ Kamar et al. (2007) การติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุหลายวัตถุโดยรวมการติดตามโดยใช้คุณสมบัติค่าสีของวัตถุ การเคลื่อนที่ และลักษณะเด่นของวัตถุเข้าด้วยกันในการติดตาม จากวิธีการนี้ แสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการใช้ลักษณะเด่นอื่น ๆ นอกจากสีในการติดตามแล้ว จะสามารถที่แยกแยะวัตถุได้ดีกว่า และสามารถที่จะติดตามวัตถุที่ถูกบังได้จนกระทั่งหายไป ส่วนสำหรับกรณีที่หายไปนั้น จะใช้การเคลื่อนที่ของวัตถุมาทำนายการเคลื่อนที่ในช่วงเวลาที่วัตถุหายไป ทำให้สามารถที่จะติดตามวัตถุในบริเวณที่มีการบังมาก ๆ ได้ แต่ข้อจำกัดของวิธีการนี้มีอยู่ คือ เมื่อวัตถุเคลื่อนอยู่เป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งอาจจะไม่มีความแตกต่างของคุณลักษณะของวัตถุก็จะทำให้ติดตามเป็นวัตถุเดียวกัน

งานวิจัยอีกงานหนึ่งเป็นของ Zhou and Tao. (2003) ซึ่งเป็นการติดตามวัตถุที่ถูกบดบังโดยใช้วิธีในการการแยกภาพออกเป็นลำดับชั้น คือ ส่วนของวัตถุที่เคลื่อนที่ กับ ส่วนพื้นหลังของภาพ และจากลำดับชั้นของวัตถุ ทำให้สามารถทราบได้ว่าวัตถุใดถูกบังจากส่วนใด ทำให้สามารถแยกวัตถุที่เคลื่อนที่ออกจากพื้นหลังที่บังวัตถุได้และจะจำลองรูปร่างของวัตถุออกจากพื้นหลังที่บดบังจึงสามารถติดตามวัตถุเมื่อถูกบังได้ ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถตรวจจับได้ทั้งกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่สวนกันแล้วเกิดการบังกัน หรือ ทั้งในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสิ่งบดบัง แต่เงื่อนไขของงานวิจัยนี้คือจะต้องเป็นการติดตามวัตถุที่เป็นวัตถุแข็งเกร็ง (rigid object) คือรูปร่างไม่มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อให้สามารถที่จะจำลองรูปร่างของวัตถุได้

ตัวอย่างงานวิจัยสุดท้ายเป็นงานของ Ellis and Xu. (2001) เป็นการติดตามวัตถุคนเดินเท้าในสภาพแวดล้อมเปิด โดยการจำลองและแยกพื้นหลังด้วย Gaussian และ ใช้ค่าความสว่างของสีของวัตถุในการติดตามวัตถุ โดยจะติดตามในลักษณะวงรอบ (Blob) และจะใช้ โครงข่ายเบย์ (Bayesian Network) ในการแยกแยะจัดการกับวัตถุที่ถูกบดบังบางส่วนหรือตัดสินว่าเป็นวัตถุใหม่เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ถ้าเกิดกรณีที่มีหลาย ๆ วัตถุ บังกันอยู่จะไม่สามารถแยกได้ว่าเป็นคนละวัตถุกัน จะมองวัตถุทั้ง 2 เป็นวงรอบ (Blob) เดียวกัน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. Hardware

1.1. กล้องดิจิทัล 1 ตัว

1.2. คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง หน่วยประมวลผล Intel Core™ 2 Duo ความเร็ว 1.66 GHz.

หน่วยความจำ Ram 1024 MB ฮาร์ดดิสก์ความจุ 80 กิกะไบต์

2. Software

2.1. ระบบปฏิบัติการ Windows Xp

2.2. โปรแกรม Matlab R2006a

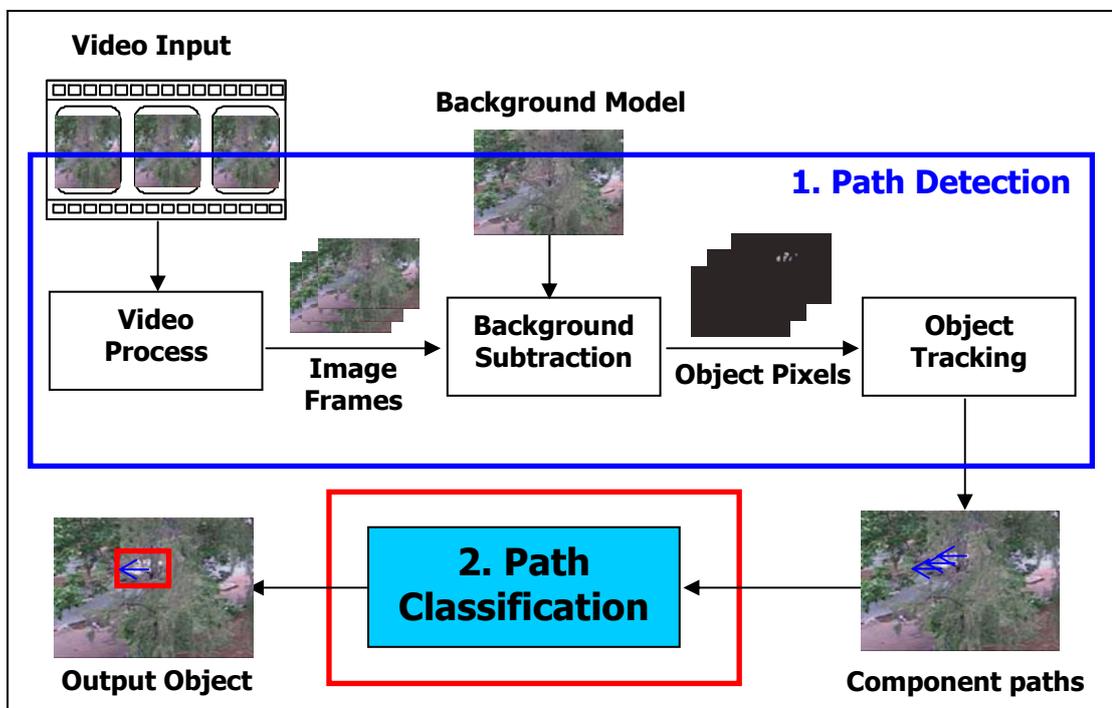
2.3. 3ds Max 9

วิธีการ

ในส่วนของวิธีการ เพื่อให้เข้าใจภาพรวมและส่วนสำคัญของงานวิจัย ผู้วิจัยจะขออธิบายแนวคิดของวิธีการก่อน โดยงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีในจำแนกส่วนประกอบย่อยของวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสิ่งบังด้านหน้าว่าเป็นวัตถุเดียวกันหรือไม่ โดยแนวคิดที่ว่า เมื่อวัตถุถูกบังวัตถุจะแยกกระจายออกเป็นหลายชิ้นส่วนประกอบย่อย โดยบางชิ้นอาจจะปรากฏตลอดเวลา หรือ อาจจะหายไปในช่วง ทำให้เกิดเส้นทางกระจายขึ้นหลายเส้นทาง ซึ่งแต่ละเส้นทางจะเป็นเส้นทางสั้นๆ ที่ไม่ต่อเนื่องกัน แต่ ถ้าส่วนประกอบเหล่านั้นเป็นส่วนหนึ่งของวัตถุเดียวกัน จะต้องมีความสัมพันธ์ของเส้นทางที่เคลื่อนที่ที่เหมือนกัน ดังนั้นวิธีการที่เสนอนี้จะทำการวิเคราะห์จัดกลุ่มเส้นทางที่เคลื่อนที่ของส่วนประกอบย่อยหลายเส้นทางที่มีลักษณะคุณสมบัติใกล้เคียงกันให้เป็นเส้นทางเดียวกันและจะรวมส่วนประกอบย่อยให้เป็นวัตถุเดียวกันด้วย โดยสุดท้ายจะได้เส้นทางที่เคลื่อนที่ใหม่เกิดขึ้นเพียงเส้นทางเดียวและเป็นของวัตถุเดียว

ภาพรวมขั้นตอนของวิธีการที่นำเสนอแสดงให้เห็นในภาพที่ 4 โดยแยกขั้นตอนออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1. Path Detection เป็นกระบวนการเริ่มต้นในการเตรียมเส้นทางการเคลื่อนที่ของส่วนประกอบวัตถุเพื่อนำมาใช้ในการจัดกลุ่มเส้นทางในขั้นตอนถัดไป
2. Path Classification เป็นกระบวนการในการจัดกลุ่มเส้นทางการเคลื่อนที่เพื่อรวมส่วนประกอบของวัตถุหลายชิ้นให้เป็นวัตถุชิ้นเดียวกันสำหรับการติดตามวัตถุ



ภาพที่ 4 ภาพรวมขั้นตอนของวิธีการจำแนกและติดตามวัตถุ

จากภาพที่ 4 อธิบายดังนี้ 1. Path Detection เป็นขั้นตอนของการหาเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ส่วนประกอบย่อยของวัตถุซึ่งจะประกอบไปด้วย การจัดการกับไฟล์วีดิทัศน์ (Video Process) จนได้มาเป็นลำดับของภาพ (Image Frames) และ การหาตำแหน่งของวัตถุในภาพ (Object pixels) โดยการลบภาพพื้นหลัง (Background Subtraction) และการติดตามการเคลื่อนที่ของส่วนประกอบของวัตถุ (Object Tracking) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะเป็นเส้นทางการเคลื่อนที่หลาย ๆ เส้นทางที่เกิดจากส่วนประกอบของวัตถุ (Component paths) 2. Path Classification ขั้นตอนนี้จะนำเส้นทางที่

ได้มาวิเคราะห์จัดกลุ่มว่าเป็นเส้นทางของวัตถุเดียวกันหรือไม่และจะรวมเส้นทางและส่วนประกอบวัตถุที่อยู่กลุ่มเดียวกันให้เป็นวัตถุเดียว รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนจะกล่าวในลำดับต่อไป ซึ่งจะกล่าวแบ่งออกเป็น 2 หัวข้อดังนี้

1. การหาเส้นทางเคลื่อนที่ของส่วนประกอบวัตถุ
2. การจัดกลุ่มเส้นทางเคลื่อนที่เพื่อรวมเป็นวัตถุเดียว

1. การหาเส้นทางเคลื่อนที่ของส่วนประกอบวัตถุ

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในขั้นตอนนี้เป็นการทำงานหาเส้นทางเคลื่อนที่ของส่วนประกอบวัตถุที่คอมพิวเตอร์สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นขั้นตอนเริ่มต้นในการเตรียมเส้นทางก่อนที่จะนำไปจัดกลุ่มเพื่อรวมส่วนประกอบวัตถุหลายชิ้นให้เป็นวัตถุเดียวกัน ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนย่อยจะอธิบายดังต่อไปนี้

1.1 การเตรียมลำดับภาพ

การเตรียมลำดับภาพในงานวิจัยนี้เป็นขั้นตอนในการแบ่งภาพวิดีโอ ออกเป็นลำดับของภาพ และการประมวลผลภาพขั้นพื้นฐาน ในกรณีที่ภาพไม่มีความเหมาะสมในการประมวลผลในขั้นถัดไป เช่นการลดสัญญาณรบกวน (Noise) การเพิ่มหรือลดความเข้มแสง (Contrast) หรือการทำให้ภาพคมชัดขึ้น (Sharpening) เพื่อให้ส่วนต่าง ๆ ในภาพชัดเจนขึ้น (Gonzalez and Woods, 2002)

1.2 การหาตำแหน่งของวัตถุบนภาพ

ในงานวิจัยนี้ใช้การลบภาพพื้นหลัง (Background Subtraction) ในระดับภาพเทาเพื่อแยกวัตถุที่เคลื่อนไหวออกจากพื้นหลังของภาพ โดยการเปรียบเทียบภาพกับแบบจำลองภาพพื้นหลัง (Background Model) ที่เก็บไว้ จนได้จุดภาพของวัตถุที่สนใจในการติดตาม ตัวอย่างภาพที่ผ่านการลบภาพพื้นหลังแสดงในภาคผนวก

1.3 การติดตามส่วนประกอบของวัตถุ

การติดตามส่วนประกอบวัตถุจากจุดภาพที่เราได้จากการลบภาพพื้นหลัง เมื่อวัตถุถูกบังจุดภาพเหล่านี้จะแยกออกเป็นหลายชิ้นส่วน ผู้วิจัยได้ใช้การหาลักษณะเฉพาะของวัตถุในการติดตามและสร้างเส้นทาง ซึ่งลักษณะที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้คือสีของวัตถุโดยการพิจารณาจากค่าแห่งความถี่สีของวัตถุ (Color Histogram) เนื่องจากว่าวัตถุที่ติดตามมีรูปร่างไม่แน่นอนซึ่งเกิดจากการบังทำให้ไม่สามารถมองเห็นรูปร่างของวัตถุได้ ดังนั้น การใช้ค่าสีของวัตถุ สามารถวิเคราะห์จากจุดภาพไม่จำเป็นต้องใช้รูปร่างของวัตถุเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่ข้อเสียของการใช้ค่าสีของวัตถุคือจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษา แล้วเห็นว่า ภาพแห่งความถี่สีที่เหมาะสม คือมีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงมากที่สุด คือ แห่งความถี่สีแบบ HS ซึ่งเป็นแห่งสีที่ประกอบด้วย ค่าสีสัน (Hue) และ ความอิ่มตัวของสี (Saturation) โดยจะตัดค่าความสว่าง (Value) ออกไป เพื่อลดความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแสง (พิรณูช, 2547) โดยจำนวนสีทั้งหมดที่ใช้ประกอบไปด้วย ค่าสีสัน จำนวน 36 ระดับ และ ค่าความอิ่มตัวของสี 3 ระดับ และ ระดับของสีเทา (Gray scale) จำนวน 4 ระดับ รวมจำนวนสีทั้งหมดที่ใช้ $36*3 + 4 = 112$ สี

จากค่าแห่งความถี่สีของวัตถุย่อยที่หาได้ เราจะนำมาจัดคู่วัตถุระหว่างเฟรม (Object Matching) จะใช้วิธีการเปรียบเทียบลักษณะความคล้ายของแห่งความถี่สี เพื่อสร้างเป็นเส้นทางเคลื่อนที่ โดยการใช้ วิธีการเปรียบเทียบค่าแห่งสี (Histogram Intersection) ซึ่งเป็นวิธีการในการหาความคล้ายกันของแห่งความถี่สี 2 ชุด (Smith and Chang, 1996) และจะจับคู่กันเมื่อมีความคล้ายกันมากที่สุดและมีความคล้ายกันมากกว่าค่าขีดแบ่ง (Threshold)

เมื่อเราจับคู่วัตถุระหว่างเฟรมจะทำให้ทราบได้ว่า วัตถุใดในแต่ละเฟรม เป็นส่วนเดียวกันบ้าง จะนำมาสร้างเป็นเส้นทางเคลื่อนที่ของวัตถุ แต่เนื่องจากเมื่อวัตถุถูกบังทำให้วัตถุแยกออกเป็นชิ้นส่วนย่อย ๆ หรือ วัตถุขาดหายไปในช่วงเวลา ทำให้เส้นทางจะกระจายออกไปได้หลายเส้นและไม่ต่อเนื่องกัน จากแนวคิดที่เสนอเมื่อวัตถุเหล่านี้เป็นชิ้นเดียวกัน จะต้องมิลักษณะเส้นทางเคลื่อนที่ที่คล้ายกัน ดังนั้น จากเส้นทางที่ได้ในขั้นตอนนี้เราจะนำไปจัดกลุ่มเพื่อหาว่าเส้นทางใดบ้างที่เป็นเส้นทางของวัตถุเดียวกัน ซึ่งรายละเอียดวิธีการจะนำเสนอในหัวข้อถัดไป

2. การจัดกลุ่มเส้นทางการเคลื่อนที่เพื่อรวมเป็นวัตถุเดียว

การจัดกลุ่มเส้นทางการเคลื่อนที่ ผู้วิจัยได้เสนอวิธีการวิเคราะห์ลักษณะประจำของเส้นทางการเคลื่อนที่ในการจัดกลุ่มเส้นทาง และจะนำเส้นทางกรอบภาพในอดีตมาช่วยในการตัดสินใจว่าเส้นใดในกรอบภาพปัจจุบันน่าจะเป็นเส้นทางเดียวกันบ้าง โดยการเปรียบเทียบลักษณะประจำของเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ ลักษณะประจำที่เลือกใช้คือ มุมทิศทาง ตำแหน่ง และ ช่วงเวลา

วิธีการในการเปรียบเทียบเส้นทางการเคลื่อนที่ระหว่างเส้นทางการเคลื่อนที่ในอดีตและเส้นทางการเคลื่อนที่ในปัจจุบัน ดังที่ได้กล่าวมาแล้วคือ จะพิจารณาจากลักษณะประจำของเส้นทางการเคลื่อนที่ คือ ทิศทาง, ช่วงเวลา และ ตำแหน่ง ซึ่งการเปรียบเทียบจะใช้ค่ามุมทิศทางการเคลื่อนที่ ของเส้นทางการเคลื่อนที่ เป็นหลัก โดยดูจากค่ามุมทิศทางใกล้เคียงกับมุมของเส้นทางการเคลื่อนที่ใดกับข้อมูลอดีตมากที่สุด แต่จะต้องต่างกันไม่เกินค่าขีดแบ่ง (Threshold) ที่กำหนดไว้ จึงจะกำหนดให้เป็นกลุ่มเดียวกับเส้นทางการเคลื่อนที่นั้น โดยค่ามุมในการเคลื่อนที่จะมีค่าจาก 0 – 360 องศา

ส่วนลักษณะประจำอื่น คือ ตำแหน่ง และ ช่วงเวลา จะนำมาใช้ในการเปรียบเทียบในการจำแนกแบ่งกลุ่มวัตถุด้วย ซึ่งจะใช้ในการตัดสินใจว่า เส้นทางนั้นจะเป็นเส้นทางเดิมที่ต่อเนื่องกันมา หรือ เป็น เส้นทางของวัตถุใหม่ที่เคลื่อนที่เข้ามา โดยค่าตำแหน่งจะพิจารณาจากตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลาเดียวกัน ต้องมีตำแหน่งต่างกันไม่เกินค่าขีดแบ่งที่กำหนดเช่นเดียวกัน และช่วงเวลา ของเส้นทางจะต้องมีความเป็นไปได้ เช่น จะต้องเป็นเส้นทางที่ต่อเนื่องหรือระยะเวลาห่างกันไม่เกินค่าขีดแบ่ง หรือ ช่วงเวลาซ้อนทับกัน เป็นต้น ขั้นตอนวิธีในการจำแนกและติดตามการเคลื่อนที่ของส่วนประกอบ แสดงตามภาพที่ 5

```

frame [.]          = ลำดับข้อมูลจุดภาพของวัตถุที่เคลื่อนที่
previous_path[.] = null
b = จำนวนกรอบภาพในอดีต
for จำนวนข้อมูลภาพ n ภาพ
    path[.]=Create path(frame[i-b,i])
    for จำนวนเส้นทางในภาพ k เส้นทาง
        path_id[k]=Compare( path[k], previous_path[.])
    end
    new_path[.]=Group_path( path [.] , path_id[.] )
    previous_path[.] = new_path [.]
end

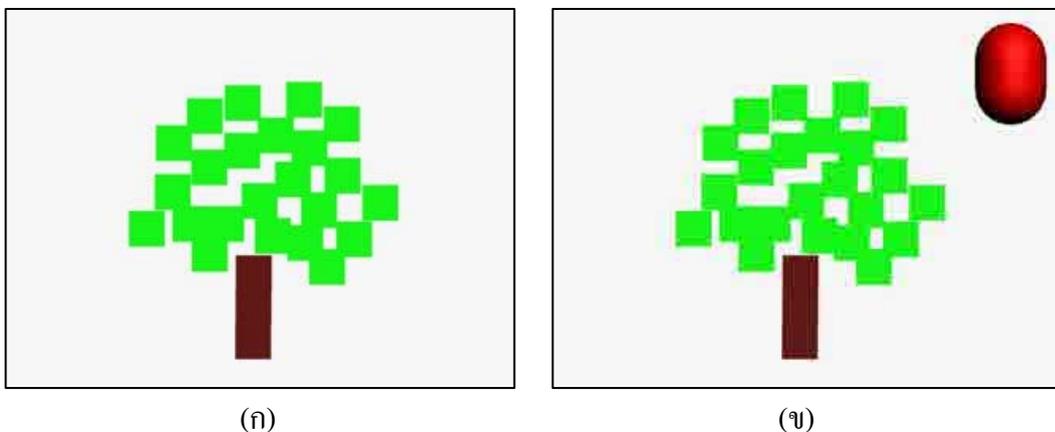
```

ภาพที่ 5 ขั้นตอนวิธีในการจำแนกและติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุ

จากภาพที่ 5 ตามที่ได้กล่าวมาหลักการทำงานของวิธีการคือการนำข้อมูลเส้นทางของกรอบภาพในอดีตมาเปรียบเทียบกับลักษณะประจำ (feature) เพื่อกำหนดกลุ่มให้กับเส้นทางในกรอบภาพปัจจุบันว่าใกล้เคียงกับเส้นทางของวัตถุใดในกรอบภาพในอดีต และรวมเส้นทางและส่วนประกอบวัตถุที่เป็นกลุ่มเดียวกันให้เหลือเป็นเส้นทางเดียวและวัตถุเดียว อธิบายขั้นตอนทั้งหมดจากขั้นตอนวิธีได้ดังต่อไปนี้ เริ่มต้น กำหนดค่าจุดภาพของวัตถุที่เคลื่อนที่ในลำดับภาพ (frame [.]) ที่ได้จากการนำข้อมูลภาพมาลบภาพพื้นหลัง (Background Subtraction) เป็นค่าข้อมูลนำเข้า สำหรับสร้างเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งหมดโดยเส้นทางที่ได้จะเป็นเส้นทางของวัตถุย่อยที่เกิดจากการบังและวัตถุแยกออกจากกันซึ่งทั้งหมดนี้เป็นกระบวนการของการหาเส้นทางการเคลื่อนที่ก่อนจะนำเส้นทางมาพิจารณาจัดกลุ่ม ซึ่งได้กล่าววิธีการไปแล้วในหัวข้อการหาเส้นทางการเคลื่อนที่ของส่วนประกอบวัตถุ จากนั้นเส้นทาง (path[.]) ที่ได้ จะนำมาเปรียบเทียบกับเส้นทางในกรอบภาพก่อน (previous_path[.]) เพื่อจัดกลุ่มจะได้ หมายเลขกลุ่ม (path_id) ว่าเส้นทางใดอยู่กลุ่มใด จากนั้นนำเส้นทางทั้งหมดอยู่กลุ่มเดียวกันมารวมให้เป็นเส้นทางเดียวกัน โดยการหาค่าเฉลี่ยของตำแหน่งของทุกเส้นทางที่กรอบภาพเดียวกัน และเก็บค่าเส้นทางใหม่ (new_path[.]) ที่ได้ไว้สำหรับเปรียบเทียบในกรอบภาพถัดๆ ไปจนสุดท้ายได้เส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุทั้งหมด ณ กรอบภาพที่ n

โดยจากขั้นตอนวิธีนี้เมื่อนำมาคำนวณมีค่าความซับซ้อนของเวลา (Time complexity) ที่ใช้ในการประมวลผลประมาณ $O(n*k)$ โดยที่ n คือจำนวนข้อมูลกรอบภาพทั้งหมดในแฟ้มภาพเคลื่อนไหว และ k คือจำนวนเส้นทางที่เกิดขึ้นในแต่ละภาพ

แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์จัดกลุ่มเส้นทาง โดยการจำลองสถานการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านบริเวณที่มีวัตถุอื่นบังด้านหน้าตามภาพที่ 6

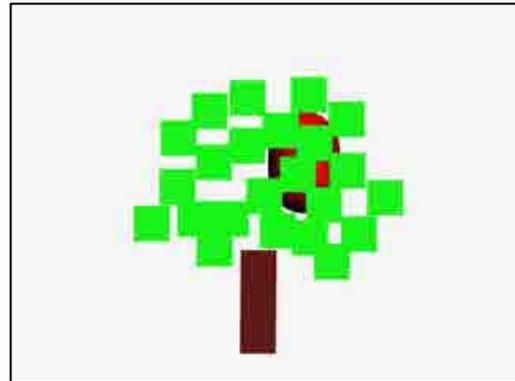


ภาพที่ 6 สถานการณ์จำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านบริเวณที่มีสิ่งบังด้านหน้า

จากภาพที่ 6 เพื่อให้เข้าใจขั้นตอนวิธีการที่น่าเสนอนี้ ผู้วิจัยได้อธิบายขั้นตอนการจำแนก และติดตามวัตถุจากภาพจำลองขั้นตอนการทำงานของวิธีการ โดย ภาพที่ 6 (ก) เป็นภาพฉากหลัง ของบริเวณที่วัตถุจะเคลื่อนที่ผ่าน โดยวัตถุสี่เหลี่ยมเป็นวัตถุที่อยู่นิ่งที่บังอยู่ด้านหน้าและไม่มี การเคลื่อนที่ และใน ภาพที่ 6 (ข) เป็นช่วงเวลาที่วัตถุเริ่มเคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณที่ติดตาม โดย กำหนดให้วัตถุวงรีเป็นวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่



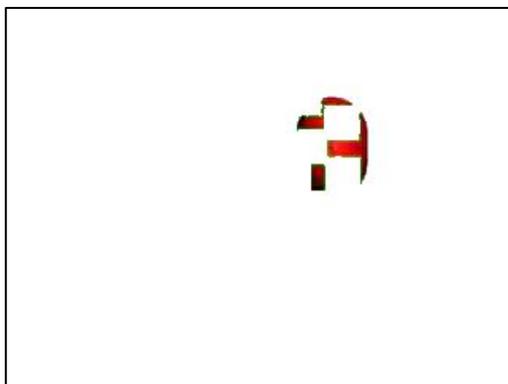
(ก)



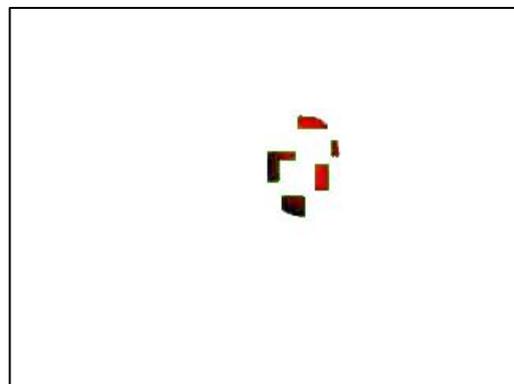
(ข)

ภาพที่ 7 วัตถุเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสิ่งบังด้านหน้าในช่วงเวลาต่างกัน ก.) วัตถุ ณ เวลา ที่ $t = n - 1$ ข.) วัตถุ ณ เวลา ที่ $t = n$

ภาพที่ 7 แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุในช่วงเวลาแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบวัตถุใน 2 ช่วงเวลาตามภาพที่ 7 (ก) และ (ข) จะเห็นว่าการบังในช่วงเวลาที่ต่างกัน ขนาดและรูปร่างของวัตถุก็จะเปลี่ยนแปลงไปและจะมองเห็นวัตถุแยกออกเป็นหลายส่วน ซึ่งจะไม่สามารถทราบได้ว่าเป็นวัตถุ เดียวกันหรือไม่และเมื่อทำการติดตามจะทำให้เกิดเส้นทางการเคลื่อนที่กระจายได้หลายเส้นทาง



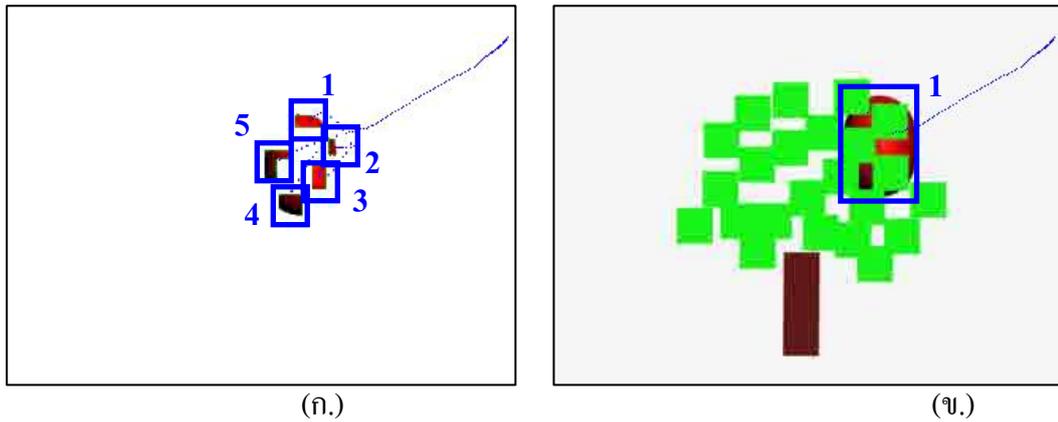
(ก)



(ข)

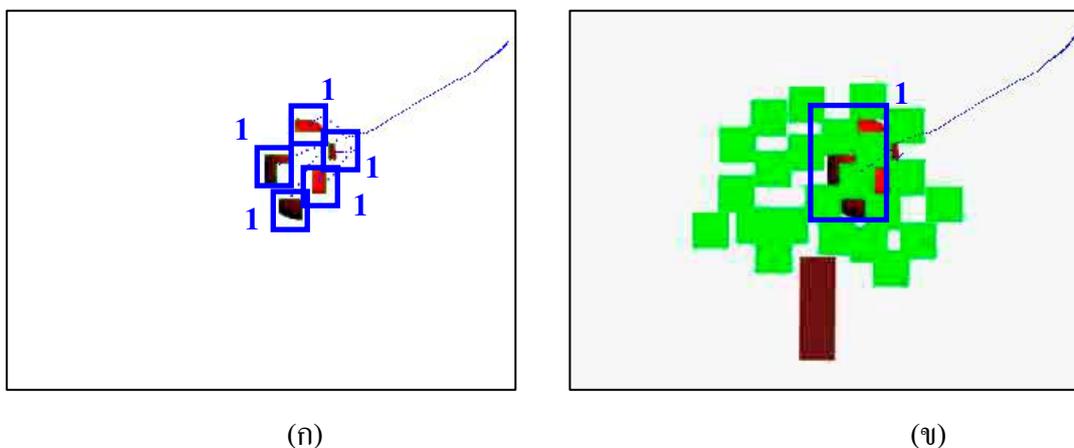
ภาพที่ 8 จุดภาพที่ได้จากการลบภาพพื้นหลัง ก.) วัตถุ ณ เวลา ที่ $t = n - 1$ ข.) วัตถุ ณ เวลา ที่ $t = n$

ภาพที่ 8 จะเห็นว่าเมื่อทำการลบภาพพื้นหลังแล้วในบริเวณที่วัตถุถูกบังจะมองเห็นจุดภาพของวัตถุแยกออกจากกันอย่างชัดเจน ตามภาพที่ 8 (ก) วัตถุแยกออกจากกันเป็น 3 ชั้นส่วน และ ภาพที่ 8 (ข) วัตถุแยกออกจากกันเป็น 5 ชั้นส่วน เมื่อช่วงเวลาต่างกันจำนวนและขนาดของวัตถุก็ไม่เท่ากัน



ภาพที่ 9 เส้นทางเคลื่อนที่ในเวลา $t = n$ และ $t = n - 1$ (ก.) เส้นทางเคลื่อนที่ในเวลา $t = n$ (ข.) เส้นทางเคลื่อนที่ในเวลา $t = n - 1$

ตามภาพที่ 9 สมมุติเป็นผลการพิจารณาหาเส้นทางเคลื่อนที่ ณ เวลา $t = n$ ตามภาพที่ 9 (ก) เป็นเส้นทางที่ติดตามได้ในช่วงเวลาที่ $t = n$ เห็นได้ว่าได้เส้นทางกระจายออกเป็น 5 เส้นทางเนื่องจากวัตถุถูกบังแล้วแยกออกเป็น 5 ชั้นส่วนประกอบ สำหรับภาพที่ 9 (ข) แสดงเส้นทางที่เวลา $t = n - 1$ ซึ่งเป็นเส้นทางที่ผ่านการพิจารณาเส้นทางแล้ว สำหรับนำมาเปรียบเทียบจัดกลุ่มเส้นทางในกรอบภาพที่เวลา $t = n$



ภาพที่ 10 การจำแนกจัดกลุ่มเส้นทางเคลื่อนที่ของส่วนประกอบวัตถุ ณ เวลา $t = n$

สุดท้ายในภาพที่ 10 แสดงถึงผลที่ได้จากการเปรียบเทียบจัดกลุ่มเส้นทางการเคลื่อนที่ ในช่วงเวลาที่ $t = n$ จะเห็นว่าในเมื่อเปรียบเทียบเส้นทางทุกเส้นทางแล้ว จะมีทิศทางใกล้เคียงกัน กับเส้นทางในกรอบภาพที่ $t = n-1$ ช่วงเวลาและตำแหน่งระยะห่างก็ต่อเนื่องกัน จึงจัดอยู่กลุ่มที่ 1 เหมือนกันทุกเส้นทาง ตามภาพที่ 10 (ก) สุดท้ายตามภาพที่ 10 (ข) เป็นผลเมื่อนำเส้นทางทั้ง 5 เส้นทางมารวมเข้าด้วยกัน โดยการหาค่าเฉลี่ยตำแหน่งของวัตถุในเฟรมเดียวกันทำให้ได้ 1 เส้นทางใหม่และรวมขอบเขตของวัตถุทั้ง 5 วัตถุให้เสมือนเป็นวัตถุก้อนเดียวกัน และจะเก็บไว้สำหรับ เปรียบเทียบกับข้อมูลในกรอบภาพถัดไป

การทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็นการติดตามวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีสิ่งบังด้านหน้าด้วยข้อมูล ทั้งหมด 2 รูปแบบ คือ

1. การจำลองสถานการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านบริเวณที่มีวัตถุอื่นอยู่ด้านหน้า
2. การทดลองจากข้อมูลการเคลื่อนที่จริงของวัตถุผ่านบริเวณที่มีสิ่งบังด้านหน้า

1. การจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.1 ทดสอบผลของสภาพแวดล้อมที่มีต่อการติดตามและจำแนกส่วนประกอบของวัตถุ

กำหนดลักษณะของข้อมูลดังนี้ จำลองการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านบริเวณที่มีวัตถุอื่นบัง อยู่ด้านหน้า และสภาพแวดล้อมจะต้องไม่มีการเคลื่อนไหวของภาพพื้นหลังและการเปลี่ยนแปลง ของแสง ลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุหลายวัตถุเข้ามาในบริเวณที่ ติดตาม ซึ่งมีขนาดพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 500 ตารางหน่วย และ กำหนดให้ขนาดของบริเวณที่มีการ บังมีขนาดพื้นที่ 300 ตารางหน่วยคิดเป็นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่ติดตามทั้งหมด จากนั้น จะเปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุที่บังด้านหน้าจาก 1×1 ตารางหน่วย จนถึงขนาด 5×5 ตารางหน่วย และ ความหนาแน่นของการบังจาก 0-100 เปอร์เซ็นต์ โดยเทียบจากพื้นที่ที่มีการบัง และทดสอบ เปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่ 3 ขนาด คือ 2×2 ตารางหน่วย 3×3 ตารางหน่วย และ 4×4

ตารางหน่วย เทียบจากพื้นที่ที่มีการบังเช่นเดียวกัน โดยจะกำหนดจำนวนวัตถุที่เคลื่อนที่และเส้นทางการเคลื่อนที่ให้เหมือนกันทุกชุดข้อมูล ชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชุดข้อมูลสำหรับทดสอบโดยการจำลองสถานการณ์เปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม

ชุดข้อมูล	ขนาดวัตถุด้านหน้า (ตารางหน่วย)	เปอร์เซ็นต์การบัง	ขนาดของวัตถุเคลื่อนที่ (ตารางหน่วย)	จำนวนวัตถุ เคลื่อนที่
1-11	1:300	0-100	4:300	5
12-22	1:300	0-100	9:300	5
23-33	1:300	0-100	16:300	5
34-44	4:300	0-100	4:300	5
45-55	4:300	0-100	9:300	5
56-66	4:300	0-100	16:300	5
67-77	9:300	0-100	4:300	5
78-88	9:300	0-100	9:300	5
89-99	9:300	0-100	16:300	5
100-110	16:300	0-100	4:300	5
111-121	16:300	0-100	9:300	5
122-132	16:300	0-100	16:300	5
133-143	25:300	0-100	4:300	5
144-154	25:300	0-100	9:300	5
155-165	25:300	0-100	16:300	5

จากข้อมูลในตารางที่ 1 รวมจำนวนชุดข้อมูลที่ทำการทดสอบจำนวน 165 ชุดข้อมูล โดยกำหนดหัวข้อในการทดลองดังต่อไปนี้

1. เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านสภาพแวดล้อมการบังที่แตกต่างกัน จากการกำหนดความหนาแน่นในการบังที่แตกต่างกันจาก 0 เปอร์เซ็นต์ ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้ทราบถึง

ประสิทธิภาพของวิธีที่นำเสนอในการจำแนกส่วนประกอบและติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกบังได้ในบริเวณที่มีความหนาแน่นของการบังแตกต่างกันอย่างไร

2. การเปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุด้านหน้า จาก 1 ถึง 25 ตารางหน่วย เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพของวิธีการและผลกระทบของวัตถุด้านหน้ามีผลต่อการจำแนกและติดตามวัตถุอย่างไร

3. การเปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่ จาก 4 ถึง 16 ตารางหน่วย เพื่อทดสอบว่าขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน จะมีผลต่อการจำแนกและติดตามวัตถุอย่างไร

เพื่อไม่ให้เส้นทางและจำนวนของวัตถุที่เคลื่อนที่มีผลต่อการติดตาม โดยกำหนดเส้นทางและช่วงเวลากการเคลื่อนที่ของวัตถุทุกวัตถุให้เหมือนกันและจำนวนวัตถุเท่ากัน ซึ่งเส้นทางที่ทำการจำลองเป็นวัตถุเคลื่อนที่ในทิศทางที่แตกต่างกัน และ เคลื่อนที่ในลักษณะใดค ไม่มี การเคลื่อนที่มารวมกลุ่มกัน เป็นต้น ตัวอย่างข้อมูลที่ใช้ทดสอบจะแสดงในภาคผนวก

1.2 ทดสอบติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ในรูปแบบต่างกัน

ในหัวข้อนี้จะจำลองวัตถุเคลื่อนที่ในลักษณะเส้นทาง กรณีที่วัตถุเคลื่อนที่รวมกันเข้ามา และแยกออกจากกันภายหลัง หรือ วัตถุเคลื่อนที่แยกกันและรวมกันเป็นวัตถุเดียวในภายหลัง เพื่อทดสอบว่าวิธีการที่ใช้สามารถติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ลักษณะนี้ได้หรือไม่ โดยจะทดสอบเปรียบเทียบกับลักษณะการเคลื่อนที่แบบปกติคือ วัตถุเคลื่อนที่เข้ามาเป็นวัตถุเดียวตลอดเวลา โดยจะกำหนดสภาพแวดล้อมในการติดตาม ดังนี้ ขนาดของวัตถุด้านหน้าขนาด 1*1 ตารางหน่วย และเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่น 50 เปอร์เซ็นต์ และขนาดวัตถุที่เคลื่อนที่ขนาด 2*2 ตารางหน่วย จะแสดงภาพตัวอย่างข้อมูลในภาคผนวก

2. สถานการณ์การเคลื่อนที่จริงของวัตถุ

ลักษณะประเภทและจำนวนข้อมูลการเคลื่อนที่ของวัตถุในสภาพแวดล้อมจริงที่นำมาทดลองแสดงดังตารางที่ 2 และตัวอย่างข้อมูลแสดงตามภาพที่ 11

จากตารางที่ 2 สรุปได้ว่าการทดลองกับข้อมูลจริงเป็นการติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุ 1 ชั้น จำนวน 10 ชุดข้อมูล และ 2 ชั้นจำนวน 10 ชุดข้อมูล ซึ่งวัตถุที่ติดตามมีหลายประเภท เช่น คน , รถยนต์ และ รถจักรยานยนต์ และ ภาพตัวอย่างชุดข้อมูลในภาพที่ 11 เป็นลำดับภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ 3 ชุดข้อมูล โดยชุดข้อมูลที่ 1 และ 2 เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุ 1 ชั้น และ ชุดที่ 3 เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุ 2 ชั้น ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยวัตถุดังกล่าวเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีต้นไม้บังอยู่ด้านหน้า จะเห็นว่าวัตถุเมื่อถูกบังจะกระจายออกเป็นส่วนประกอบหลายชิ้นส่วน และลักษณะของภาพพื้นหลังที่แตกต่างกันก็จะทำให้เกิดการรูปแบบการบัง และการกระจายของวัตถุที่แตกต่างกัน โดยการทดลองจากข้อมูลจริงเพื่อแสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนี้สามารถที่จะจำแนกและติดตามรวมวัตถุที่ถูกบังในสถานการณ์จริงได้ ซึ่งจากพื้นหลังของข้อมูลจริงที่ใช้ทดสอบทั้งหมดแสดงในภาคผนวก

สำหรับการวัดผลในงานวิจัยนี้จะใช้ค่า ความเที่ยง (Precision) และ ค่าเรียกกลับ (Recall) ในการวัดความถูกต้องในการติดตามและรวมเส้นทางการเคลื่อนที่ (Yilmaz et al., 2006) สมการตามภาพที่ 12

ความเที่ยง	=	$\frac{\text{จำนวนตำแหน่งที่ถูกต้อง}}{\text{จำนวนตำแหน่งทั้งหมดที่สร้างขึ้น}}$
ค่าเรียกกลับ	=	$\frac{\text{จำนวนตำแหน่งที่ถูกต้อง}}{\text{จำนวนตำแหน่งที่เกิดขึ้นจริง}}$

ภาพที่ 12 สมการค่าความเที่ยงและค่าเรียกกลับ

การวัดผลจะวัดเฉพาะในช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีการบังเกิดขึ้น โดยที่ค่าตำแหน่งที่เกิดขึ้นจริงเป็นค่าที่กำหนดขึ้นจากผลเฉลยการจำลองข้อมูล (Ground Truth)

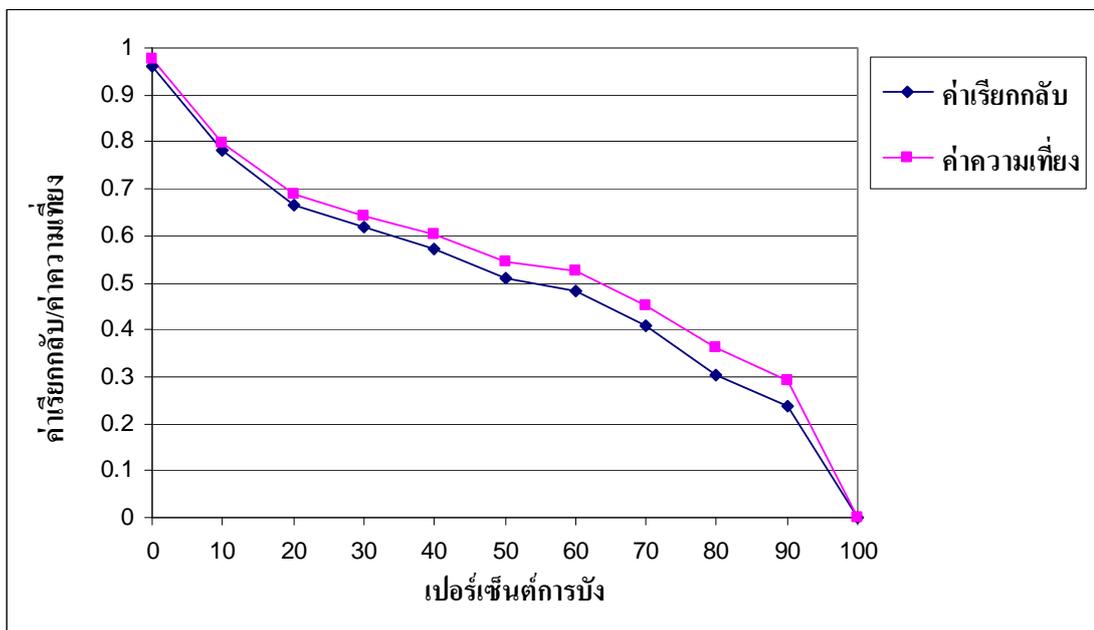
ผลและวิจารณ์

การทดลองจำแนกส่วนประกอบและติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกบังคับได้ผลดังต่อไปนี้

1. ผลการทดลองข้อมูลการจำลองสถานการณ์

การจำลองสถานการณ์การเคลื่อนที่ ผลการทดลองแสดง ค่าเรียกกลับ และ ค่าความเที่ยงที่ได้จากจำแนกและติดตามวัตถุ โดยแสดงผลแยกตามการวิเคราะห์ดังนี้คือ

1.1 ผลของค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของบั้งจาก 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่แบ่งแยกตามขนาดของวัตถุเคลื่อนที่หรือวัตถุที่บั้งด้านหน้า แสดงตามภาพที่ 13

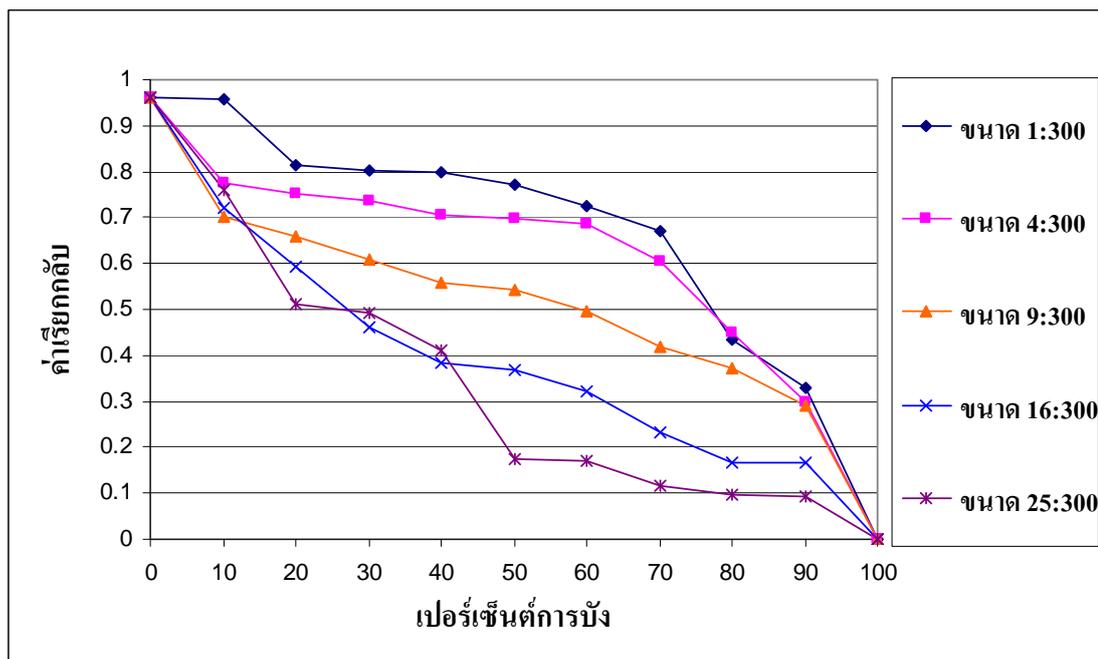


ภาพที่ 13 เปรียบเทียบค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงกับเปอร์เซ็นต์การบัง

จากภาพที่ 13 เมื่อค่าความหนาแน่นของการบังเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงลดลง โดยค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงจะมีค่ามากหรือใกล้เคียง 1 เมื่อเปอร์เซ็นต์การบังเป็น 0 และ ผลของทั้งสองค่าจะลดลง เมื่อ เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบังเพิ่มขึ้น เนื่องจากว่า

เมื่อความหนาแน่นของการบังมากขึ้นจะทำให้ส่วนประกอบของวัตถุมองเห็นได้น้อยลง รวมถึงการกระจายของส่วนประกอบวัตถุจะมากขึ้นและช่วงเวลาที่มองเห็นก็จะลดลง ทำให้เส้นทางที่ติดตามได้มีการกระจายมากขึ้นและระยะเวลาของเส้นทางสั้นลง ดังนั้น การติดตามหรือจำแนกวัตถุจึงเกิดความคลาดเคลื่อนมากขึ้นตามลำดับ จากกราฟนี้จะเห็นว่าผลที่ได้มีค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงน้อย เนื่องจากว่าผลของกราฟเป็นผลรวมที่ได้ข้อมูลทั้งหมด โดยไม่แยกตามขนาดของวัตถุ ด้านหน้าหรือขนาดของวัตถุเคลื่อนที่ ซึ่งมีผลต่อการติดตาม สำหรับการวิเคราะห์ตามขนาดของวัตถุ ด้านหน้าและตามขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่จะกล่าวถึงในหัวข้อถัดไป

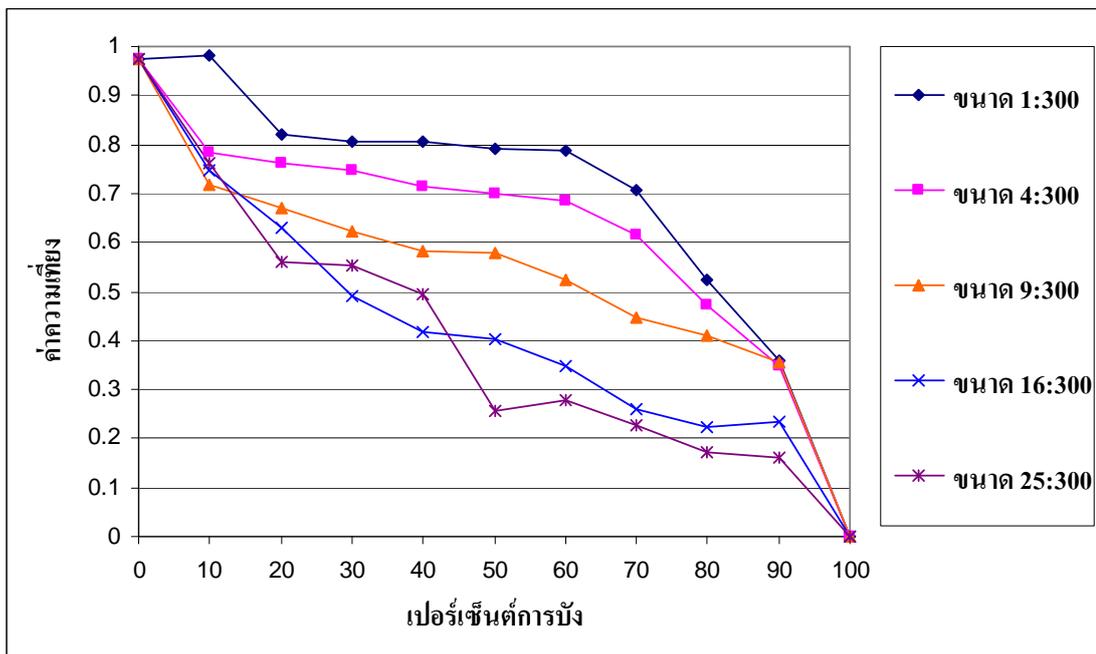
1.2 ผลค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบัง จาก 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ โดยแสดงตามขนาดของวัตถุที่บังด้านหน้า จาก 1 ถึง 25 ตารางหน่วย ต่อบริเวณที่มีการบัง 300 ตารางหน่วย ไม่แบ่งตามขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่ ตามภาพที่ 14 และ 15



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบค่าเรียกกลับกับเปอร์เซ็นต์การบัง แสดงตามขนาดวัตถุด้านหน้า

พิจารณาตามภาพที่ 14 ผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าเรียกกลับและเปอร์เซ็นต์การบัง จะเห็นว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์การบังมีค่าเพิ่มขึ้นค่าเรียกกลับที่ได้จะมีค่าลดลงตามลำดับ และเมื่อพิจารณาผลของขนาดวัตถุที่บังด้านหน้าที่มีต่อการจำแนกวัตถุ เห็นว่าขนาดของวัตถุด้านหน้ามีขนาดใหญ่ จะทำให้ค่าเรียกกลับมีค่าน้อยลงตามลำดับเช่นเดียวกัน และจากกราฟจะเห็นได้ว่าในช่วงความหนาแน่นของการบังประมาณ 50 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ ผลค่าเรียกกลับที่ได้จะลดตามลำดับของขนาด

อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับในช่วงความหนาแน่น 0 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ค่าเรียกกลับจะลดตาม เปอร์เซ็นต์การบังแต่บางส่วนของขนาดวัตถุด้านหน้าที่มีขนาดใหญ่ อาจมีค่าเรียกกลับมากกว่าวัตถุ ด้านหน้าขนาดเล็ก ทั้งนี้เนื่องจาก ในช่วงความหนาแน่นเปอร์เซ็นต์การบังน้อย ความหนาแน่น ของการบังจะส่งผลต่อการติดตามน้อย ซึ่งผลที่ได้ก็จะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาของการเคลื่อนที่และการ บังด้วย เมื่อพิจารณาที่ขนาดวัตถุด้านหน้าขนาด 1:300 และ 4:300 ตารางหน่วย และเปอร์เซ็นต์การ บังน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ค่าเรียกกลับจะมีค่าโดยประมาณมากกว่า 0.7



ภาพที่ 15 เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับเปอร์เซ็นต์การบัง แสดงตามขนาดวัตถุด้านหน้า

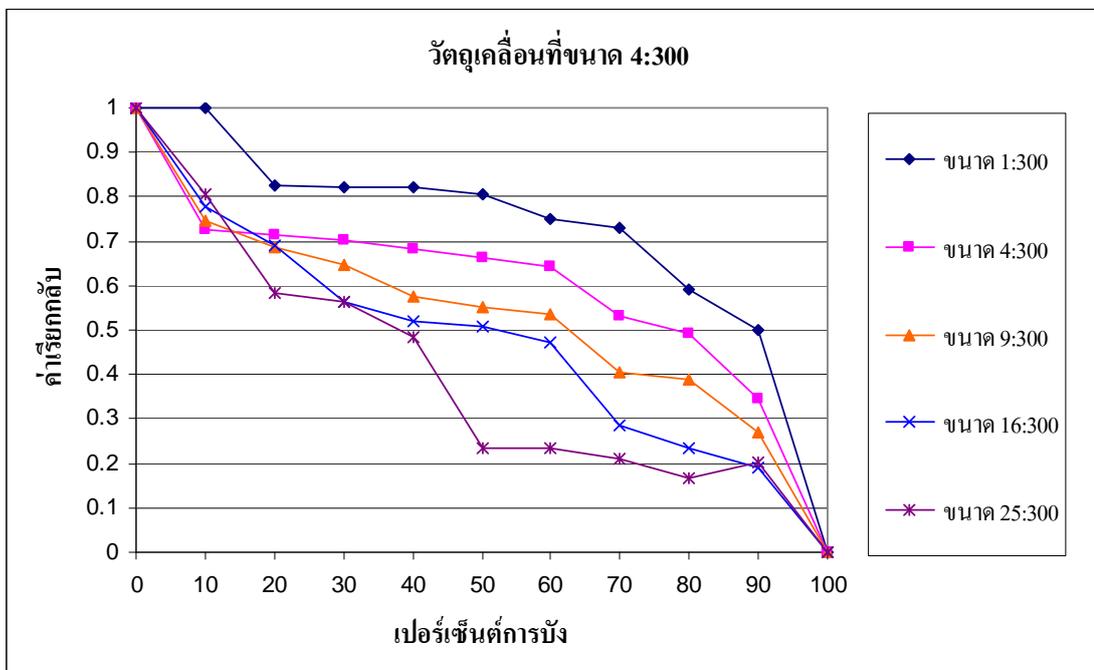
ภาพที่ 15 ผลของค่าความเที่ยงเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การบัง ได้ผลสอดคล้องกับค่า เรียกกลับคือ ค่าความเที่ยงจะลดลงเมื่อเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบังเพิ่มขึ้นและ ขนาดของ วัตถุด้านหน้าใหญ่ขึ้นเช่นเดียวกัน โดยค่าความเที่ยงจะมีค่าโดยประมาณมากกว่า 0.7 เมื่อ ขนาดวัตถุ ด้านหน้า 1:300 และ 4:300 ตารางหน่วย และเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์

จากการวิเคราะห์จากกราฟทั้ง 2 ภาพ เมื่อขนาดของวัตถุด้านหน้ามีขนาดใหญ่ขึ้น ก็จะ สามารถบังวัตถุได้มากกว่าวัตถุด้านหน้ามีขนาดเล็ก เพราะวัตถุด้านหน้าขนาดใหญ่สามารถบังวัตถุ ให้หายไปทั้งหมดได้ เมื่อวัตถุหายไปเราจะไม่สามารถมองเห็นส่วนประกอบของวัตถุจึงทำให้ไม่ สามารถติดตามในช่วงเวลานั้นได้ ทำให้เส้นทางที่ติดตามได้ไม่ต่อเนื่อง นอกจากนี้ เมื่อขนาดของ วัตถุด้านหน้าใหญ่ การบังจะทำให้ส่วนประกอบของวัตถุแยกห่างออกจากกันมากกว่าวัตถุด้าน

หน้าที่มีขนาดเล็ก ดังนั้น เมื่อหาเส้นทางการเคลื่อนที่ทิศทางของเส้นทางจะมีความแตกต่างกันมากกว่าวัตถุขนาดเล็กจึงทำให้การจัดกลุ่มเกิดความคลาดเคลื่อนได้มากกว่า

1.3 ผลค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงแสดงตามขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่เปรียบเทียบกับขนาดของวัตถุที่บังด้านหลัง และ เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบัง ตามภาพที่ 16 ถึง ภาพที่ 21

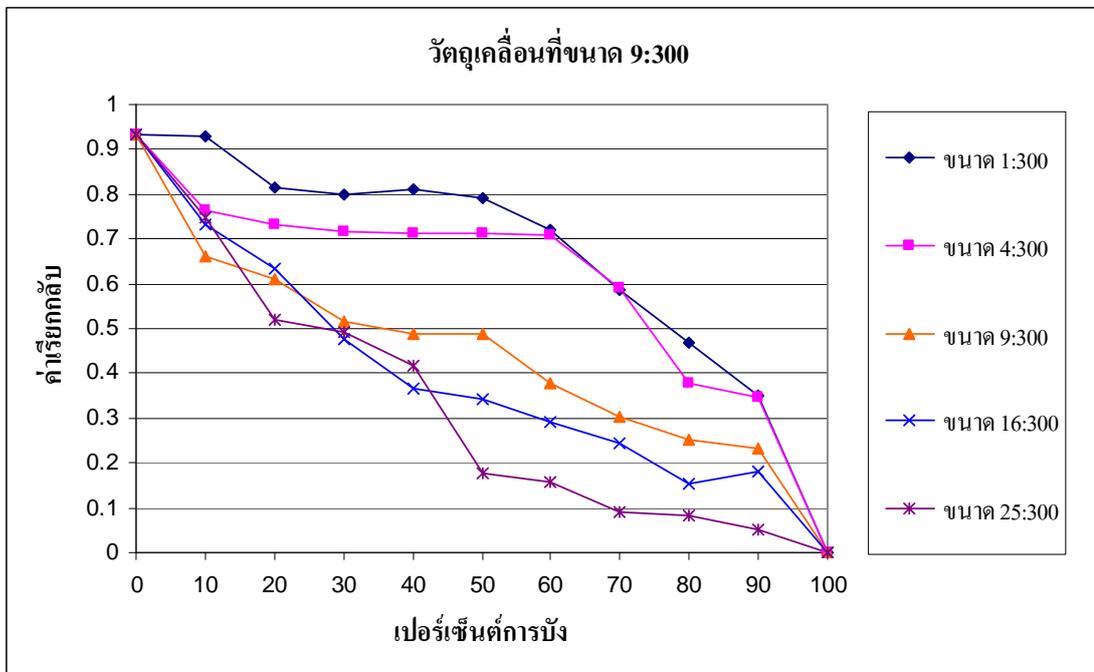
ภาพที่ 16 ถึง ภาพที่ 18 แสดงค่าเรียกกลับเปรียบเทียบตามขนาดของวัตถุด้านหลังกับ เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่น แบ่งแยกตามขนาดของวัตถุเคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย 9 ตารางหน่วย และ 16 ตารางหน่วย ตามลำดับ



ภาพที่ 16 เปรียบเทียบค่าเรียกกลับกับเปอร์เซ็นต์การบัง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 4 ตารางหน่วย

ภาพที่ 16 ขนาดของวัตถุเคลื่อนที่ขนาด 4 ตารางหน่วย เมื่อพิจารณาจากผลจะเห็นว่า เมื่อขนาดวัตถุด้านหลังมีขนาด 1:300 ตารางหน่วย ผลที่ได้ในช่วงความหนาแน่นของการบังน้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเรียกกลับมากกว่า 0.7 และเมื่อพิจารณาที่ขนาดวัตถุด้านหลังขนาดอื่น ผลค่าเรียกกลับในแต่ละช่วงความหนาแน่นจะแตกต่างลดลงจากขนาดวัตถุ 1:300 ตารางหน่วยค่อนข้างมาก เนื่องจากว่า วัตถุขนาด 1:300 ตารางหน่วยนี้ มีขนาดเล็กกว่าวัตถุเคลื่อนที่ เวลาที่บังจะ

ไม่สามารถบังคับวัตถุหายไปได้ แต่วัตถุจะแยกออกจากกันและปรากฏอย่างต่อเนื่องจึงทำให้สามารถจำแนกและติดตามวัตถุได้ดีกว่าขนาดวัตถุด้านหน้าที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเคลื่อนที่

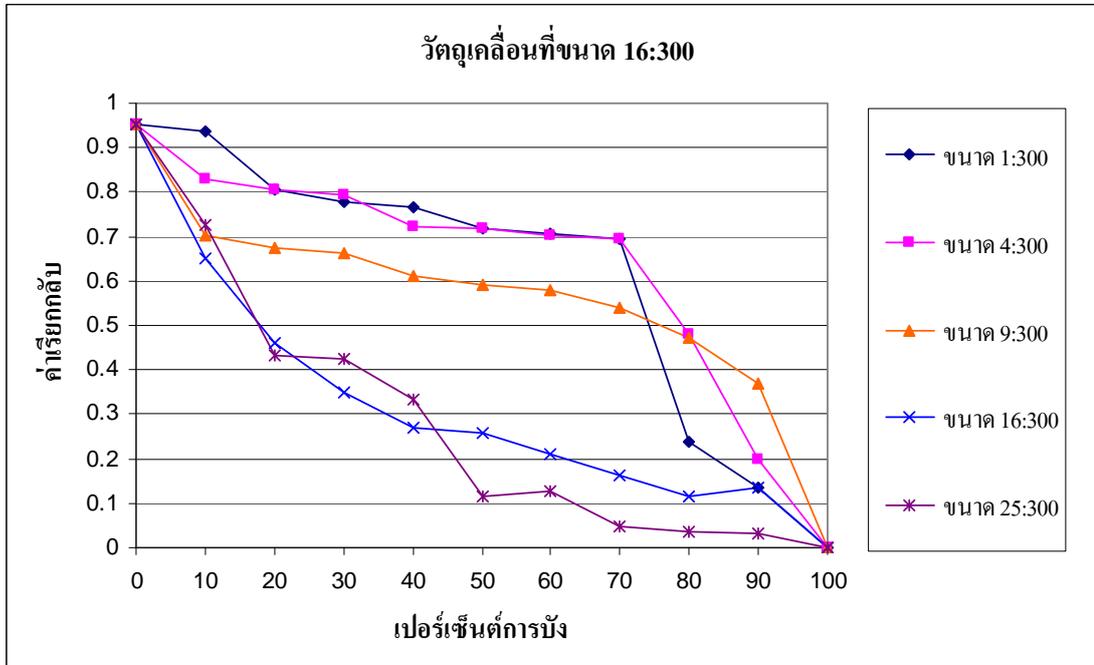


ภาพที่ 17 เปรียบเทียบค่าเรียกกลับกับเปอร์เซ็นต์การบัง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 9 ตารางหน่วย

ภาพที่ 17 เป็นผลของค่าเรียกกลับเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ขนาด 9 ตารางหน่วย จะเห็นว่าผลที่ได้มีลักษณะเช่นเดียวกับผลของวัตถุเคลื่อนที่ขนาด 4 ตารางหน่วย พิจารณาตามที่ขนาดวัตถุเคลื่อนที่ ขนาด 9 ตารางหน่วย ที่ความหนาแน่น น้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ และขนาดวัตถุด้านหน้า 1:300 และ 4:300 ตารางหน่วย จะได้ค่าเรียกกลับมากกว่า 0.7 และสำหรับวัตถุด้านหน้าขนาด 9:300 ถึง 25:300 ตารางหน่วย ค่าเรียกกลับจะลดลงมากเช่นเดียวกัน

ภาพที่ 18 เป็นผลของค่าเรียกกลับเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ขนาด 16 ตารางหน่วย จะได้ผลค่าเรียกกลับ มากกว่า 0.7 เมื่อขนาดของวัตถุด้านหน้า 1:300 และ 4:300 ตารางหน่วย เช่นเดียวกับวัตถุเคลื่อนที่ขนาด 9 ตารางหน่วย เมื่อพิจารณาที่ขนาดวัตถุด้านหน้า 9:300 ตารางหน่วย ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าวัตถุเคลื่อนที่ขนาด 16 ตารางหน่วย แต่จากผลที่ได้มีค่าแตกต่างจาก ขนาด 1:300 และ 4:300 ตารางหน่วย เนื่องจากว่า ขนาดวัตถุด้านหน้า 9:300 ตารางหน่วยมีขนาดใหญ่ถึงแม้ว่าไม่สามารถที่จะบังคับวัตถุให้หายไปได้ทั้งหมดได้ แต่ก็จะทำให้ระยะห่างระหว่างชิ้นส่วนประกอบวัตถุค่อนข้างมาก ทำให้ผลการจำแนกและติดตามมีความคลาดเคลื่อนมากกว่าวัตถุด้านหน้าขนาดเล็ก แต่เมื่อพิจารณา

เปรียบเทียบ ที่วัตถุด้านหน้าขนาด 16:300 และ 25:300 ตารางหน่วย จะมีค่าลดลงจากวัตถุด้านหน้าขนาดเล็กกว่าวัตถุเคลื่อนที่มากกว่า



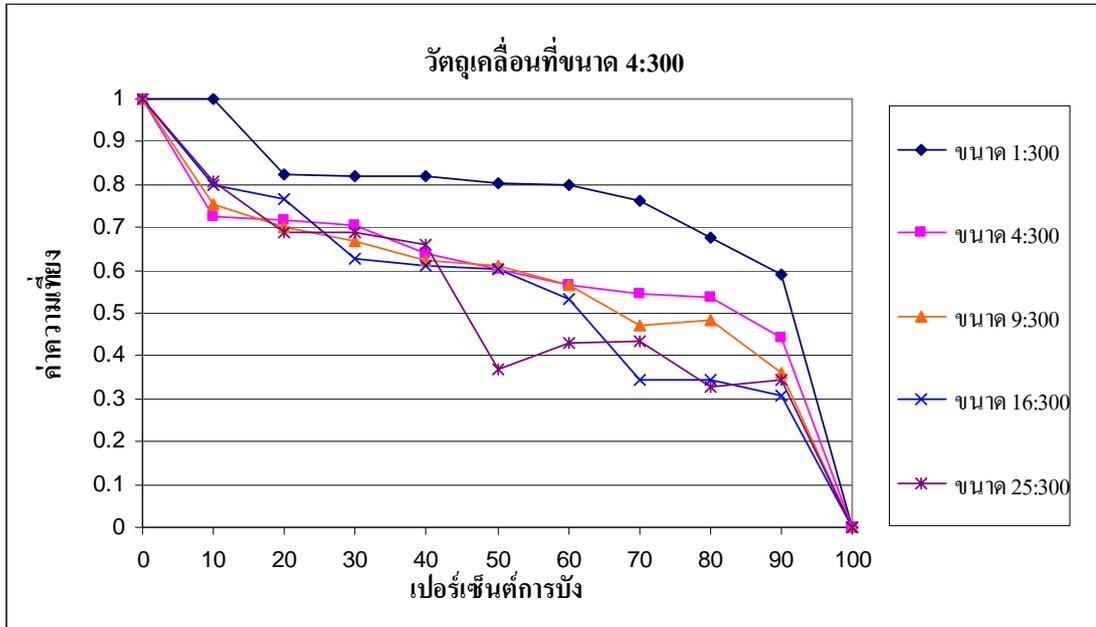
ภาพที่ 18 เปรียบเทียบค่าเรียกกลับกับเปอร์เซ็นต์การบัง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 16 ตารางหน่วย

จากผลค่าเรียกกลับทั้ง 3 ภาพ แสดงให้เห็นว่าเมื่อขนาดวัตถุด้านหน้ามีขนาดเล็กกว่าวัตถุเคลื่อนที่ วิธีการที่ใช้จะสามารถจำแนกส่วนประกอบวัตถุและติดตามวัตถุได้ดีกว่าวัตถุด้านหน้าขนาดใหญ่กว่าวัตถุเคลื่อนที่ แต่เมื่อวัตถุด้านหน้ามีขนาดใหญ่ขึ้นถึงแม้ว่าขนาดจะเล็กกว่าวัตถุที่ติดตาม ก็จะทำให้ผลค่าเรียกกลับลดลงเช่นเดียวกัน และเมื่อพิจารณาโดยรวมทั้งหมด เมื่อวัตถุด้านหน้าขนาด 1:300 และ 4:300 ตารางหน่วย และเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบังน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์จะได้ค่าเรียกกลับมีค่ามากกว่า 0.7

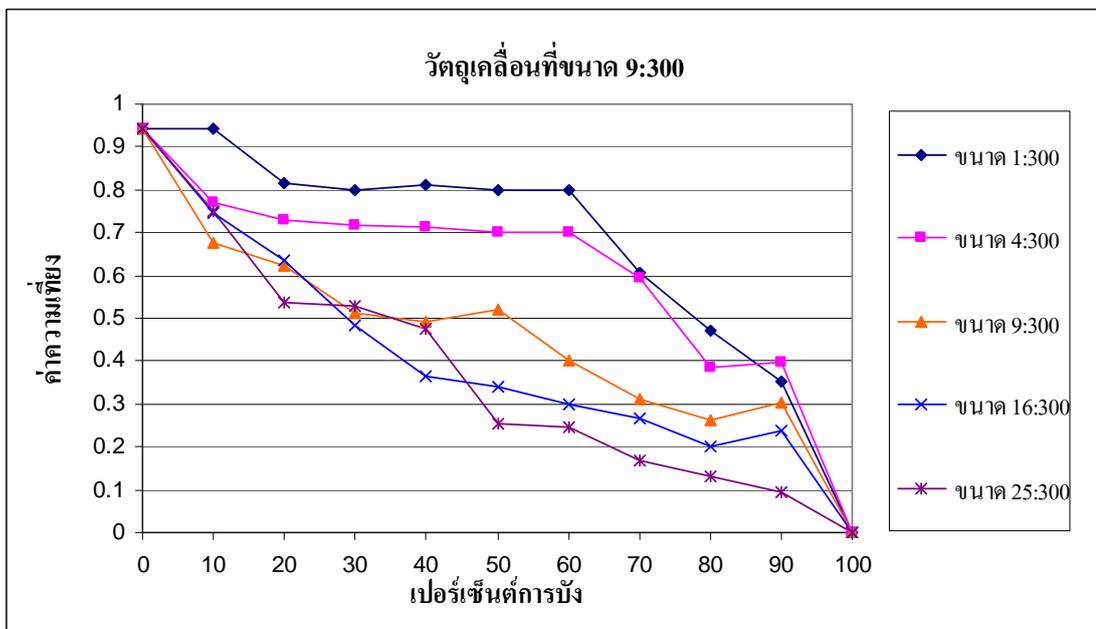
ภาพที่ 19 ถึง ภาพที่ 21 แสดงค่าความเที่ยงเปรียบเทียบตามขนาดของวัตถุด้านหน้ากับเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่น แบ่งแยกตามขนาดของวัตถุเคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย 9 ตารางหน่วย และ 16 ตารางหน่วย ตามลำดับ

ภาพที่ 19 วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 4 ตารางหน่วย เมื่อพิจารณาจากผลจะเห็นว่า เมื่อขนาดวัตถุด้านหน้ามีขนาด 1:300 ตารางหน่วย ผลที่ได้ในช่วงความหนาแน่นของการบังน้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเที่ยง มากกว่า 0.7 เช่นเดียวกับค่าเรียกกลับ ซึ่งก็เป็นเหตุผลเดียวกับค่าเรียก

กลับที่ว่า วัตถุค้ำหน้ามีขนาดเล็กกว่าวัตถุเคลื่อนที่เวลาที่บั้งจะไม่สามารถบั้งวัตถุหายไปได้ แต่วัตถุจะแยกออกจากกันและปรากฏอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้สามารถจำแนกและติดตามวัตถุได้ดีกว่าขนาดวัตถุค้ำหน้าที่มีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเคลื่อนที่

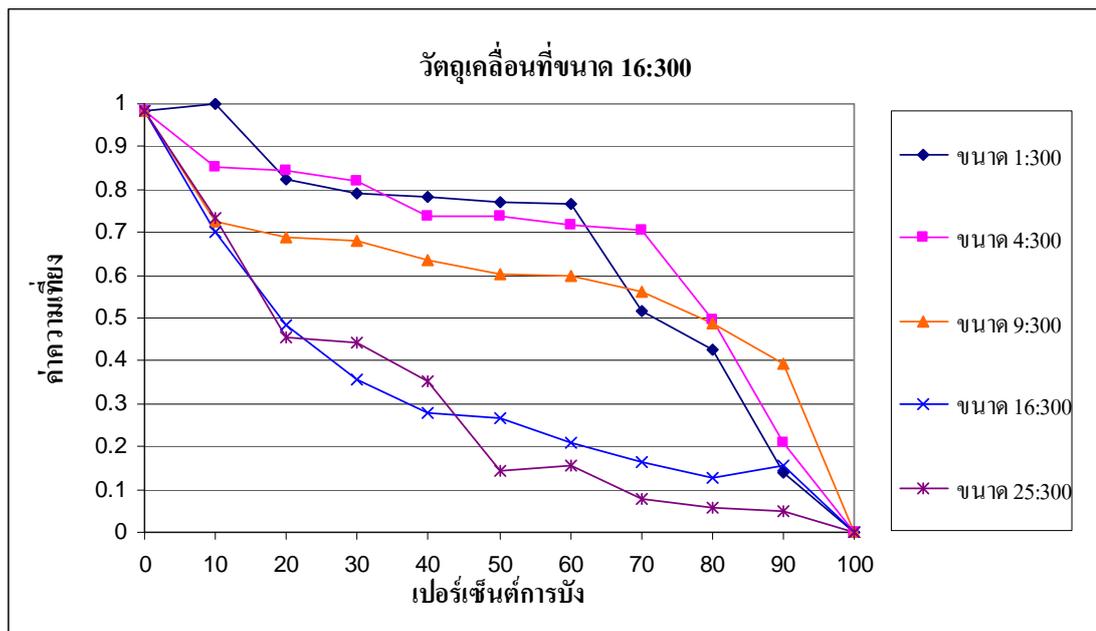


ภาพที่ 19 เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับเปอร์เซ็นต์การบั้ง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 4 ตารางหน่วย



ภาพที่ 20 เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับเปอร์เซ็นต์การบั้ง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 9 ตารางหน่วย

ภาพที่ 20 เป็นผลของค่าความเที่ยงเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ขนาด 9 ตารางหน่วย จะเห็นว่าผลที่ได้มีลักษณะเช่นเดียวกับผลของ วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 4 ตารางหน่วย พิจารณาตามทีขนาดวัตถุเคลื่อนที่ ขนาด 9 ตารางหน่วย ที่ความหนาแน่น น้อยกว่า 60 เปอร์เซนต์ และขนาดวัตถุด้านหน้า 1:300 และ 4:300 ตารางหน่วย จะได้ค่าความเที่ยงมากกว่า 0.7 และสำหรับ ทีขนาดวัตถุด้านหน้า 9:300 ถึง 25:300 ตารางหน่วย ค่าความเที่ยงจะลดลงมากเช่นเดียวกันกับค่าเรียกกลับ

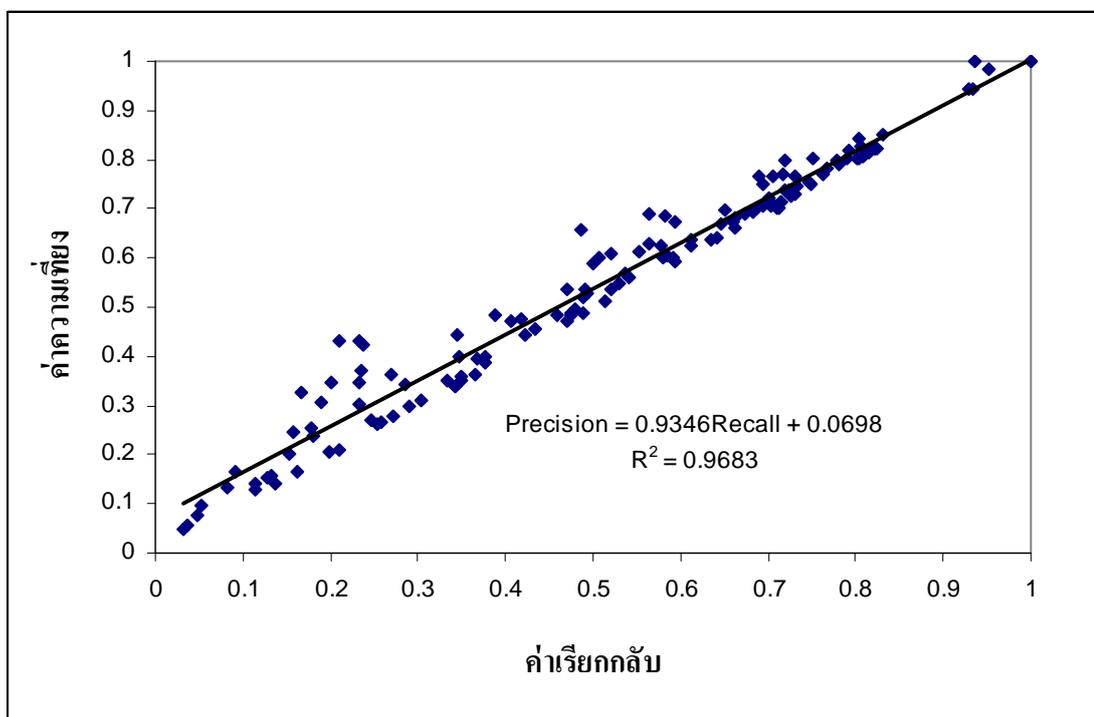


ภาพที่ 21 เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับเปอร์เซ็นต์การบัง วัตถุเคลื่อนที่ขนาด 16 ตารางหน่วย

ภาพที่ 21 เป็นผลของค่าความเที่ยงเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ขนาด 16 ตารางหน่วย จะได้ผลค่าความเที่ยง มากกว่า 0.7 เมื่อขนาดของวัตถุด้านหน้า 1:300 และ 4:300 ตารางหน่วย เช่นเดียวกับวัตถุเคลื่อนที่ขนาด 9 ตารางหน่วย แต่เมื่อพิจารณาทีขนาดวัตถุด้านหน้า 9:300 ตารางหน่วย ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าวัตถุเคลื่อนที่ขนาด 16 ตารางหน่วย แต่จากผลที่ได้มีค่าแตกต่างจาก ขนาด 1:300 และ 4:300 ตารางหน่วย ซึ่งเช่นเดียวกับผลค่าเรียกกลับ คือ เมื่อขนาดวัตถุด้านหน้า 9:300 ตารางหน่วยมีขนาดใหญ่ถึงแม้ว่าไม่สามารถที่จะบังวัตถุให้หายไปทั้งหมดได้ แต่ก็จะทำให้ระยะห่างการกระจายระหว่างชิ้นส่วนประกอบวัตถุค่อนข้างมากทำให้ผลการจำแนกและติดตาม มีความคลาดเคลื่อนมากกว่าวัตถุด้านหน้าขนาดเล็ก แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบ ทีวัตถุด้านหน้าขนาด 16:300 และ 25:300 ทีขนาดใหญ่กว่าวัตถุเคลื่อนที่ จะมีค่าความเที่ยงลดลงจากวัตถุด้านหน้าขนาดเล็กกว่าวัตถุเคลื่อนที่มากกว่า

จากผลค่าความเที่ยงทั้ง 3 ภาพ แสดงให้เห็นว่าเมื่อขนาดวัตถุด้านหน้ามีขนาดเล็กกว่าวัตถุเคลื่อนที่ วิธีการนี้ จะสามารถจำแนกส่วนประกอบวัตถุและติดตามการเคลื่อนที่ได้ดีกว่าวัตถุด้านหน้าขนาดใหญ่กว่าวัตถุเคลื่อนที่ และเมื่อพิจารณาโดยรวม เมื่อวัตถุด้านหน้าขนาด 1:300 และ 4:300 ตารางหน่วย และเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบังน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ จะได้ค่าความเที่ยงมากกว่า 0.7

1.4 ผลค่าเรียกกลับเปรียบเทียบกับค่าความเที่ยง



ภาพที่ 22 เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับค่าเรียกกลับ ข้อมูลการจำลองสถานการณ์

พิจารณาผลการเปรียบเทียบระหว่างค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงตามภาพที่ 22 เมื่อทำการวิเคราะห์ Regression analysis เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยง ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ต่อตัวแปรเชิงเส้น (Linear) คือ เมื่อค่าเรียกกลับมีค่ามาก ค่าความเที่ยงก็จะมีค่ามากเช่นเดียวกัน และมีค่าการกระจาย (R-Square) แสดงถึงความแม่นยำของความสัมพันธ์ระหว่างค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยง มากกว่า 0.9 หมายความว่า จากผลที่เราติดตามได้ถ้าเส้นทางมีค่าเรียกกลับสูง โอกาสที่ค่าความเที่ยงจะสูงด้วย ก็มีมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์

1.5 ผลจากการทดสอบติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ในรูปแบบแตกต่างกัน

ตารางที่ 3 ผลค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงการทดสอบติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ต่างกัน

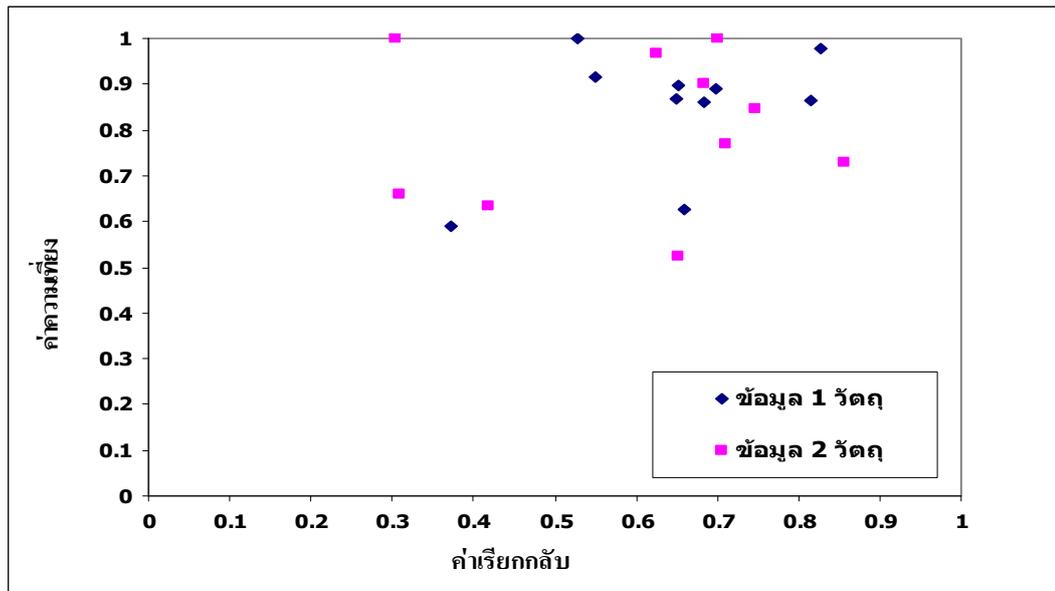
เส้นทางที่	ค่าเรียกกลับ	ค่าความเที่ยง
1	0.81	0.92
2	0.72	0.97
3	0.99	0.99

ผลการทดลองการจำแนกและติดตามวัตถุ ตามลักษณะเส้นทางการเคลื่อนที่ แสดงตามตารางที่ 3 โดยเส้นทางที่ 1 เป็นเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนเข้ามาเป็นกลุ่มและจะแยกออกจากกันภายหลังเส้นทางที่ 2 เป็นเส้นทางที่วัตถุเคลื่อนที่เข้ามาในลักษณะ โคดแยกออกจากกันและจะรวมกลุ่มกันในช่วงเวลาต่อมา สุดท้าย เส้นทางที่ 3 เป็นการเคลื่อนที่แบบปกติคือ เคลื่อนที่ในลักษณะ โคด ไม่มีการรวมกลุ่มของวัตถุ จากผลทั้ง 3 เส้นทางจะเห็นว่า เมื่อวัตถุมีการรวมกันหรือแยกออกจากกันจะทำให้ผลที่ได้มีค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงลดลงจากการติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่แบบปกติ แต่ผลที่ได้ยังมีค่าเฉลี่ยของค่าเรียกกลับมากกว่า 0.7 และ ค่าความเที่ยง มากกว่า 0.9 ซึ่งสอดคล้องกับการทดสอบผลของสภาพแวดล้อมต่อการติดตาม ในหัวข้อก่อนคือ เมื่อวัตถุด้านหน้ามีขนาดเล็กและเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบังต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองนี้จึงแสดงว่าวิธีการที่นำเสนอนี้สามารถที่จะติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ในกรณีที่วัตถุเคลื่อนที่มารวมกลุ่มกันหรือแยกออกจากกันได้

สรุปจากผลค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงในการจำลองสถานการณ์การเคลื่อนที่ ทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า ผลการทดลองที่ดีที่สุดอยู่ในช่วงบริเวณที่มีค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงมากกว่า 0.7 ซึ่งเป็นผลจากการติดตามและจำแนกวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่วัตถุด้านหน้ามีขนาด 1:300 และ 4:300 ตารางหน่วย โดยที่ค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจากการทดลองการจำลองสถานการณ์เพื่อที่เราสรุปได้ว่าขั้นตอนวิธีที่นำเสนอนี้สามารถติดตามวัตถุได้ดีเมื่อเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีวัตถุที่บังขนาดเล็กและเล็กกว่าขนาดวัตถุที่เคลื่อนที่ โดยที่มีค่าความหนาแน่นของการบังไม่เกิน 60 เปอร์เซ็นต์

2. ผลการทดลองข้อมูลเคลื่อนที่ในสถานการณ์จริง

ผลการทดลองข้อมูลการเคลื่อนที่จริงของ 1 วัตถุ และ 2 วัตถุ ผลการเปรียบเทียบค่าเรียกกลับและค่าความเที่ยงแสดงตามภาพที่ 23



ภาพที่ 23 เปรียบเทียบค่าความเที่ยงกับค่าเรียกกลับข้อมูลจริง

พิจารณาผลการติดตามวัตถุ ค่าเรียกกลับส่วนมากอยู่ในช่วง 0.6 ถึง 0.7 และ ค่าความเที่ยงอยู่ในช่วงมากกว่า 0.7 จากการวิเคราะห์ เนื่องจากลักษณะข้อมูลเป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านบริเวณที่มีต้นไม้หรือพุ่มไม้บังอยู่ด้านหน้าทุกชุดข้อมูล ซึ่งความหนาแน่นพุ่มไม้มีความหนาแน่นไม่แตกต่างกันมาก ทำให้ผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน สำหรับข้อมูลที่มีค่าผลการติดตามมีค่าน้อยกว่าปกติ จากการวิเคราะห์ กรณีที่การติดตามวัตถุ 2 ขึ้น ค่าความเที่ยงและเรียกกลับมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่าการติดตามวัตถุ 1 ขึ้น เนื่องจากว่า เมื่อวัตถุเพิ่มขึ้นทำให้มีเส้นทางที่เกิดขึ้นกระจายมากขึ้น ส่งผลให้เส้นทางที่ติดตามได้มีความคลาดเคลื่อนมากขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของการบังและการเคลื่อนที่ของวัตถุ และเนื่องจากว่าข้อมูลที่ติดตามเป็นข้อมูลจริง สภาพแวดล้อมและลักษณะของวัตถุ ไม่สามารถที่จะกำหนดได้ เช่นลักษณะสีของวัตถุไม่แตกต่างกับค่าพื้นหลังมาก หรือ ขนาดของวัตถุเคลื่อนที่มีขนาดเล็กมาก เมื่อเกิดการบังทำให้ไม่สามารถแยกแยะจุดภาพของวัตถุออกจากพื้นหลังของภาพได้อย่างชัดเจน ทำให้บางส่วนเกิดการผิดพลาดในการติดตาม แต่จากการทดลองข้อมูลจริงทั้งหมด เมื่อเรากำหนดค่าเฉลี่ยของผลการทดลอง เราจะได้ ค่าเรียกกลับ มากกว่า 0.6 และค่าเฉลี่ยของค่าความเที่ยงมากกว่า 0.7

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

วิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอขั้นตอนวิธีในการจำแนกรวมกลุ่มเส้นทางการเคลื่อนที่ของส่วนประกอบวัตถุเพื่อติดตามวัตถุที่ถูกบังโดยวัตถุอื่น เมื่อวัตถุถูกบังทำให้วัตถุแยกกระจายออกเป็นชิ้นส่วนย่อยทำให้เกิดเส้นทางหลายเส้นทาง การจัดกลุ่มและรวมเส้นทางการเคลื่อนที่นี้ จะใช้ลักษณะคุณสมบัติของเส้นทางที่เหมือนกัน เช่น ทิศทาง ช่วงเวลาที่เกิดเส้นทาง และ ตำแหน่ง มาเป็นคุณสมบัติในการจัดกลุ่มเส้นทาง โดยจะใช้ค่าของเส้นทางในช่วงเวลาก่อนหน้า มาพิจารณาเปรียบเทียบกับเส้นทางใน ช่วงเวลาปัจจุบัน เพื่อกำหนดกลุ่มของเส้นทางให้กับเส้นทาง ทำให้สามารถที่จะรวมชิ้นส่วนประกอบของวัตถุที่แยกออกจากกันเป็นวัตถุเดียวกันได้ และ เกิดเส้นทางใหม่ที่ได้จากการติดตามของ 1 วัตถุเพียงเส้นทางเดียว

จากการทดลองจำลองสถานการณ์การเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านบริเวณที่มีสภาพแวดล้อมในการบังแตกต่างกันนั้น แสดงให้เห็นว่าการติดตามวัตถุโดยการจัดกลุ่มเส้นทางการเคลื่อนที่จะสามารถติดตามได้ดี เมื่อวัตถุที่บังมีขนาดเล็กและเล็กกว่าวัตถุเคลื่อนที่ รวมถึงมีค่าความหนาแน่นไม่เกินกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่มีการบัง โดยค่าเรียกกลับจะมีค่ามากกว่า 0.7 และมีค่าความเที่ยงมากกว่า 0.7 เช่นเดียวกัน และผลจากการทดลองเปลี่ยนแปลงเส้นทางการเคลื่อนที่ในรูปแบบต่างกัน แสดงว่านอกจากเส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุในลักษณะ โดดแล้ว วิธีนี้สามารถที่จะติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ในลักษณะที่เคลื่อนที่มารวมกลุ่มกัน หรือวัตถุรวมกลุ่มกันและแยกออกจากกันในภายหลังได้ แต่เมื่อวัตถุเคลื่อนที่รวมเป็นกลุ่มเดียวกันแล้ว การติดตามจะมองเป็นวัตถุเดียว

จากการทดลองติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุเคลื่อนที่ในสถานการณ์จริง แสดงให้เห็นเช่นเดียวกันว่า สามารถติดตามวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีวัตถุอื่นอยู่ด้านหน้าได้ และจะสามารถติดตามได้ดีขึ้นเมื่อวัตถุที่อยู่ด้านหน้ามีความหนาแน่นน้อย ผลการทดลองที่ได้มีค่าเรียกกลับโดยเฉลี่ยมีค่ามากกว่า 0.6 และ มีค่าความเที่ยงมากกว่า 0.7 ทำให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนี้สามารถที่จะติดตามและรวมเส้นทางการเคลื่อนที่ในสถานการณ์จริงได้

ข้อจำกัดของงานวิจัย

เนื่องจากการติดตามวัตถุเป็นหัวข้อที่เปิดกว้าง ดังนั้น เพื่อให้งานวิจัยดำเนินไปได้จึงมีการกำหนดขอบเขตของงานไว้เพื่อลดปัญหาอื่น ๆ ที่อยู่นอกประเด็นความสนใจ โดยมีข้อจำกัดของงานวิจัยดังนี้

1. วัตถุจะต้องเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่พอมองเห็นได้หรือหายไปแค่บางช่วงเวลา
2. วัตถุจะต้องมีสีที่แตกต่างจากพื้นหลังพอสมควรจนสามารถแยกความแตกต่างได้
3. สภาพแวดล้อมของบริเวณที่ติดตามจะต้องคงที่ไม่มีมีการเคลื่อนไหวของภาพพื้นหลัง
4. การเคลื่อนที่ของวัตถุจะเป็นการเคลื่อนที่แบบโคจร คือ กรณีถ้าวัตถุเคลื่อนที่รวมกันเป็นกลุ่มตลอดเวลา จะไม่สามารถแยกแยะวัตถุได้ว่าเป็นคนละวัตถุแต่จะมองรวมเป็นวัตถุเดียวกัน
5. การเคลื่อนที่ของวัตถุต้องไม่มีการปรับเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่แบบฉับพลัน เช่น วัตถุเคลื่อนที่เดินหน้าและถอยหลังทันที จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการติดตามได้

ข้อเสนอแนะ

วิธีการที่งานวิจัยนี้นำเสนอ นั้น สามารถนำไปปรับพัฒนาร่วมกับการติดตามวัตถุในวิธีการอื่นเพื่อช่วยในการติดตามวัตถุในช่วงเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีการบังเกิดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ระบบติดตามคนเดินเท้า เมื่อมีการติดตามการเคลื่อนที่ของคนเดินเท้า สามารถนำวิธีการหรือแนวคิดของงานวิจัยนี้ ไปช่วยในการติดตามในช่วงเวลาที่คนมีการเคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่มีการบัง เช่น ฝุ่นไม้ บริเวณที่มีวัตถุอื่นอยู่ด้านหน้าได้ ซึ่งจะทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามมากขึ้น สามารถที่จะติดตามได้ในหลายสภาพแวดล้อมไม่จำกัดว่าจะต้องติดตามเฉพาะบริเวณที่ไม่มีวัตถุอื่นบังอยู่

สำหรับแนวทางการพัฒนางานวิจัยนี้ต่อไปในอนาคตที่ คือ การพัฒนาปรับปรุงวิธีการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามให้มีความถูกต้อง ในช่วงของการบังที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบังสูง ๆ และ การพัฒนาวิธีการเพื่อจัดการกับข้อจำกัดของงานให้ดีขึ้น เช่น พัฒนาการจัดการการเคลื่อนที่ที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น คือเมื่อวัตถุเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงทิศทางโดยฉับพลัน ซึ่งอาจจะต้องการเพิ่มคุณลักษณะอื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกส่วนประกอบ เพื่อว่ามีการเปลี่ยนแปลงเส้นทางการเคลื่อนที่แบบฉับพลัน ก็จะทำให้สามารถจำแนกส่วนประกอบของวัตถุโดยใช้

คุณสมบัติอื่นได้ หรืออาจจะใช้การทำนายเส้นทางของการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นที่สามารถเป็นไปได้ทั้งหมด เพื่อเป็นแนวทางในการรวมกลุ่มเส้นทาง ถ้าหากว่าวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงเส้นทางฉับพลันก็จะสามารถตรวจจับได้ เป็นต้น ต่อไปคือ การพัฒนาเพื่อให้สามารถแยกและติดตามวัตถุที่รวมเป็นกลุ่มก้อนและมีเส้นทางเคลื่อนที่เหมือนกันให้เป็นคนละวัตถุได้ เช่น รถยนต์ 2 คัน วิ่งมาคู่กัน เป็นต้น

นอกจากการลดข้อจำกัดและการเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอแล้ว แนวทางการพัฒนางานวิจัยต่อที่น่าสนใจอีกหนึ่งแนวทาง คือ การจำแนกและติดตามวัตถุที่ถูกบังเมื่อพื้นหลังของภาพมีการเคลื่อนไหว หรือ เมื่อกล้องวิทัศน์ไม่อยู่นิ่ง ซึ่งจะต้องอาศัยวิธีการในการจัดการเกี่ยวกับการลบภาพพื้นหลัง หรือการคำนวณตำแหน่งของวัตถุบนภาพ เพื่อให้รองรับการเปลี่ยนแปลงของพื้นหลังได้ สุดท้ายสำหรับวิธีการที่งานวิจัยนี้นำเสนอผู้วิจัยคาดหวังว่าจะสามารถนำมาพัฒนา และ เป็นแนวทางเพื่อใช้ในการติดตามวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านบริเวณที่ถูกบดบังได้ต่อไปได้ในอนาคต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

พีรณัฐ อุดมระติ. 2547. การติดตามการเคลื่อนที่ของบุคคลในบริเวณเปิดสภาพคงที่. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Bretzner, L. 1999. **Multi-Scale Feature Tracking and Motion Estimation.**

Available Source: <http://citeseer.ist.psu.edu/bretzner99multiscale.html>, May 13, 2004

Ellis, T. and Xu M. 2001. Object Detection and Tracking in an Open and Dynamic World.

**Proceeding IEEE International Workshop on Performance Evaluation on Tracking
and Surveillance 2nd.** Hawaii, USA.

Gao, J., R.T. Collins, A.G. Hauptmann and H.D. Wactlar. 2004. Articulated Motion Modeling
for Activity Analysis. **Third International Conference on Image and Video Retrieval
(CIVR'04)**, Workshop on Articulated and Nonrigid Motion. Dublin City, Ireland.

Gonzalez, R.C. and R.E. Woods. 2002. **Digital Image Processing.** Prentice-Hall, Inc., USA

Jeong, S. 2001. **Histogram-Based Color Image Retrieval.** Available Source:

<http://scien.stanford.edu/class/psych221/projects/02/sojeong/#introduction>,
March 18, 2007.

Kamar, P.S., P. Guha and A. Mukerjee. 2007. **Colour and Feature Based Multiple Object
Tracking Under Heavy Occlusion.** Available Source:

[http://www.cse.iitk.ac.in/research/pdfs/ddmtech/sateesh-guha-mukerjee-icapr07_colour-
feature-multi-obj-tracking-occlusion.pdf](http://www.cse.iitk.ac.in/research/pdfs/ddmtech/sateesh-guha-mukerjee-icapr07_colour-feature-multi-obj-tracking-occlusion.pdf), January 1, 2008.

McIvor, A.M. 2000. **Background Subtraction Techniques.** Available Source:

<http://www.mcs.csuhayward.edu/~tebo/Classes/6825/ivcnz00.pdf>, April 22, 2004

- Philomin, V., R. Duraiswami and L. Davis. 2000. **Pedestrian tracking from a moving vehicle.**
Available Source:<http://www.umiacs.umd.edu/~ramani/pubs/iv2000.pdf>, May 20, 2006.
- Smith, J.R. and S. Chang. 1996. Tools and Technique for Color Image Retrieval. Vol. 2670.
Storage & Retrieval for Still Image and Video Databased IV. Proc. IS&T/SPID, San Jose, CA.
- Sonka, M., V. Hlavac, and R. Boyle. 1993. **Image processing, analysis and machine vision.**
Chapman & Hall Computing, UK.
- Weng, S., C. Kuo and S. Tu. 2006. Video Object Tracking using Adaptive Kalman Filter.
ELSEVIER Journal of Visual Communication and Image Representation :1190-1208
- Yilmaz, A., O. Javed and M. Shah. 2006. Object Tracking A Survey. **ACM Computing Surveys** Volume:38 No: 4 Article: 13.
- Yilmaz, A., X. Li and M. Shah. 2004. Contour-Based Object Tracking With Occlusion Handling in Video Acquired Using Mobile Cameras. **IEEE Transaction on pattern analysis and machine intelligence** Volume: 26 No: 11: 1531-1536.
- Zhou, Y. and H. Tao. (2003). A Background Layer Model for Object Tracking through Occlusion. **IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)** Volume: 2:1079-1085.

ภาคผนวก

1. การลบภาพพื้นหลัง (Background Subtraction)

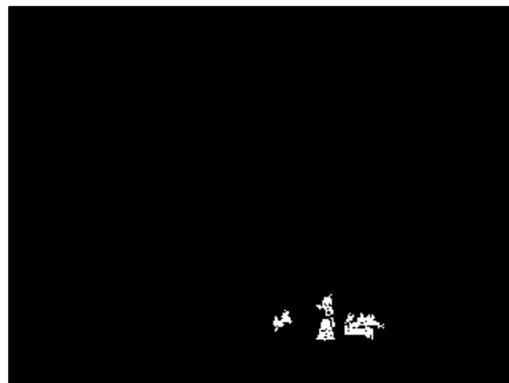
แสดงตัวอย่างผลภาพจากการลบภาพพื้นหลังจากขั้นตอนในการหาตำแหน่งของวัตถุบนภาพ



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพผนวกที่ 1 การลบภาพพื้นหลัง

โดยภาพผนวกที่ 1 (ก) เป็นภาพจากภาพพื้นหลังที่เก็บไว้สำหรับ เปรียบเทียบหาเพื่อหาตำแหน่งวัตถุบนภาพ ภาพผนวกที่ 1 (ข) เป็นภาพก่อนการลบภาพพื้นหลังที่มีวัตถุเคลื่อนที่ในภาพ ภาพผนวกที่ 1 (ค) เป็นภาพที่ผ่านการลบภาพพื้นหลังแล้วจะเห็นจุดภาพที่เป็นวัตถุเคลื่อนที่

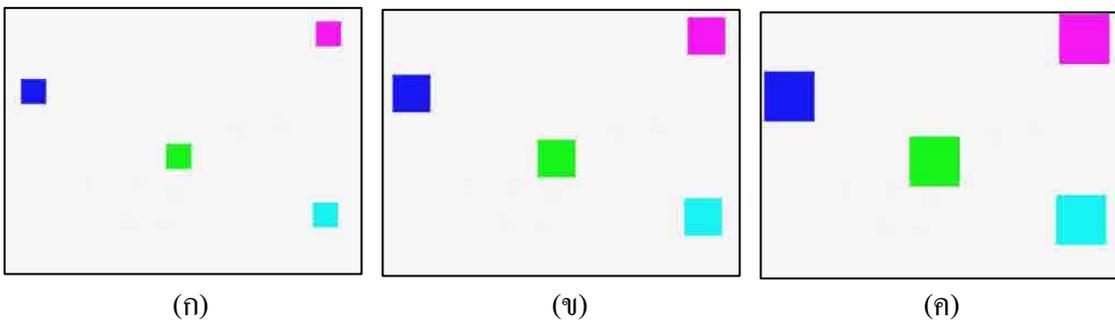
2. ภาพชุดข้อมูลสำหรับการทดลอง

ในหัวข้อนี้จะเป็นตัวอย่างภาพชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดลองจำแนกและติดตามการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีวัตถุอื่นบังด้านหลัง โดยแบ่งเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

2.1 ข้อมูลจำลองสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม

ตัวอย่างในหัวข้อนี้จะประกอบไปด้วย การจำลองสถานการณ์กรณีเปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุเคลื่อนที่ การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นเปอร์เซ็นต์การบัง และการเปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุที่บังด้านหลัง

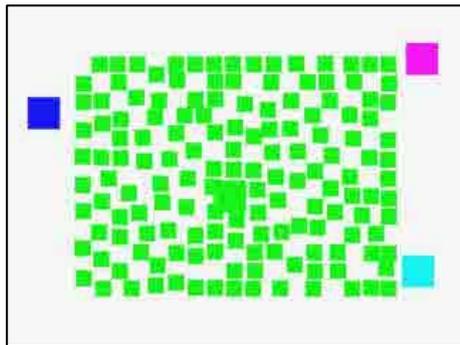
ภาพตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงขนาดวัตถุเคลื่อนที่ สำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบจากการจำลองสถานการณ์



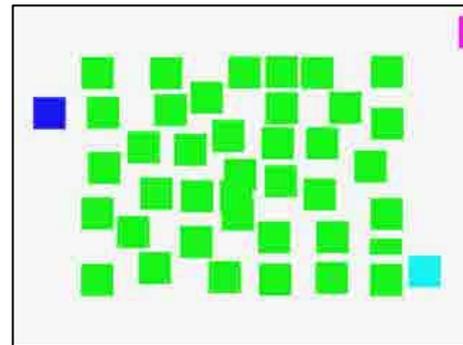
ภาพผนวกที่ 2 ขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่แตกต่างกันสำหรับการติดตามโดยความหนาแน่นของการบัง 0 เปอร์เซ็นต์

ภาพผนวกที่ 2 แสดงขนาดของวัตถุที่ใช้ในการทดลองการติดตาม โดย ในภาพผนวกที่ 2 (ก) เป็นขนาดของวัตถุเคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย ภาพผนวกที่ 2 (ข) ขนาดของวัตถุเคลื่อนที่ 9 ตารางหน่วย และ ภาพผนวกที่ 2 (ค) ขนาดของวัตถุเคลื่อนที่ 16 ตารางหน่วย

แสดงภาพตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุที่บังด้านหลังสำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบจากการจำลองสถานการณ์ ตามภาพผนวกที่ 3



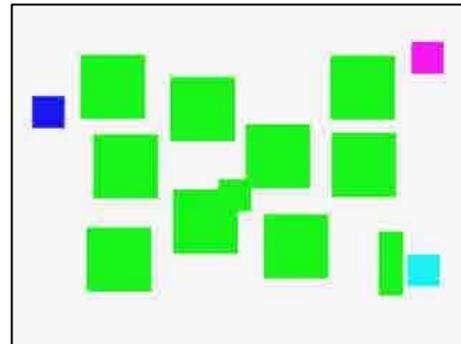
(ก)



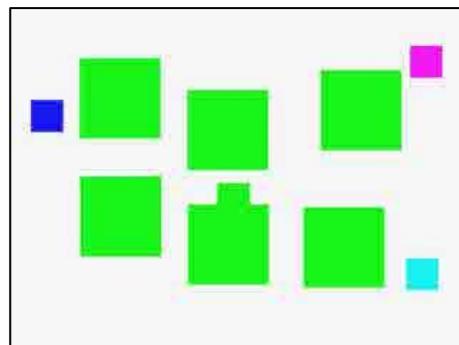
(ข)



(ค)



(ง)

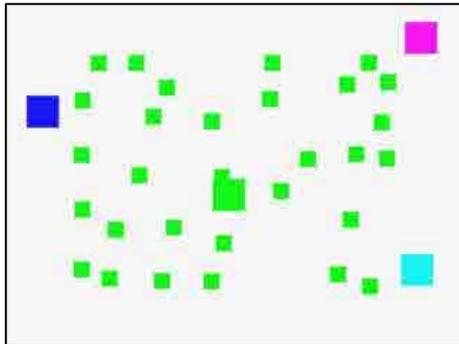


(จ)

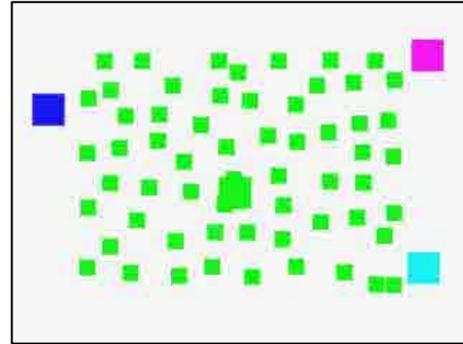
ภาพผนวกที่ 3 ขนาดของวัตถุที่บังด้านหน้าแตกต่างกันสำหรับการติดตามความหนาแน่นของการบัง 50 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของวัตถุเคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย

ภาพผนวกที่ 3 แสดงตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุที่บังด้านหน้า โดย ภาพผนวกที่ 3 (ก) ขนาดของวัตถุด้านหน้า 1 ตารางหน่วย ภาพผนวกที่ 3 (ข) ขนาดของวัตถุด้านหน้า 4 ตารางหน่วย ภาพผนวกที่ 3 (ค) ขนาดของวัตถุด้านหน้า 9 ตารางหน่วย ภาพผนวกที่ 3 (ง) ขนาดของวัตถุด้านหน้า 16 ตารางหน่วย และ ภาพผนวกที่ 3 (จ) ขนาดของวัตถุด้านหน้า 25 ตารางหน่วย

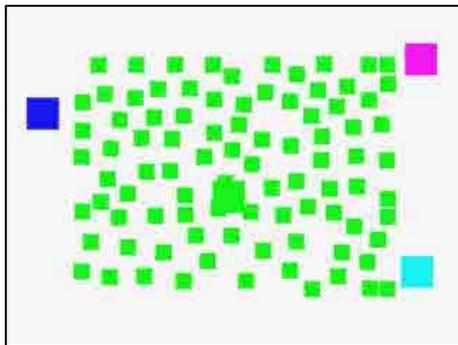
แสดงภาพการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบังต่อขนาดพื้นที่ 300 ตารางหน่วย สำหรับชุดข้อมูลที่ใช้ทดสอบจากการจำลองสถานการณ์



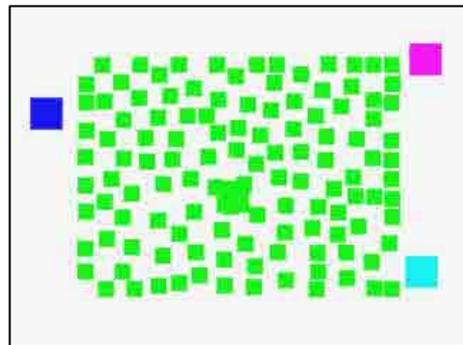
(ก)



(ข)



(ค)

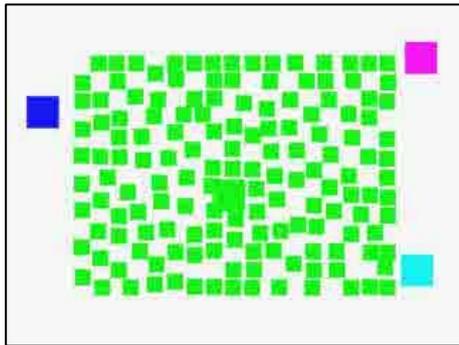


(ง)

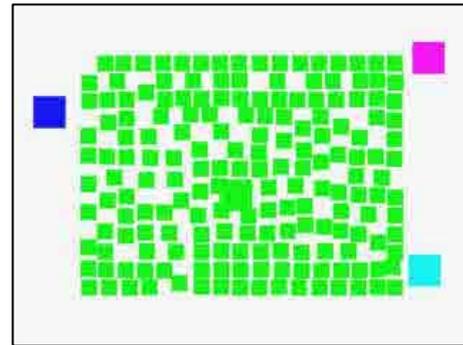
ภาพผนวกที่ 4 เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบัง 10-40 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของวัตถุที่บัง
ด้านหน้า 1 ตารางหน่วย และขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย

ภาพผนวกที่ 4 แสดงตัวอย่างการเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบัง โดยในภาพที่ 4 เป็นเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นจาก 10 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ดังต่อไปนี้ โดย ภาพผนวกที่ 4 (ก) เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบัง 10 เปอร์เซ็นต์ ภาพผนวกที่ 4 (ข) เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบัง 20 เปอร์เซ็นต์ ภาพผนวกที่ 4 (ค) เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบัง 30 เปอร์เซ็นต์ และ ภาพผนวกที่ 4 (ง) เปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบัง 40 เปอร์เซ็นต์

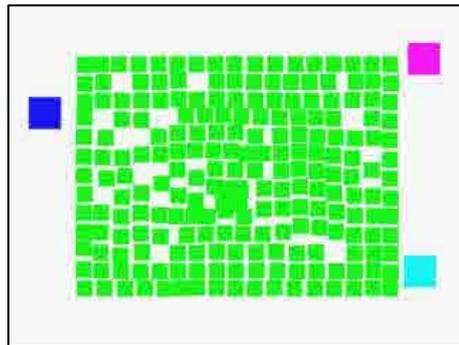
สำหรับเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบังจาก 50 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ แสดงในภาพ
ผนวกที่ 5



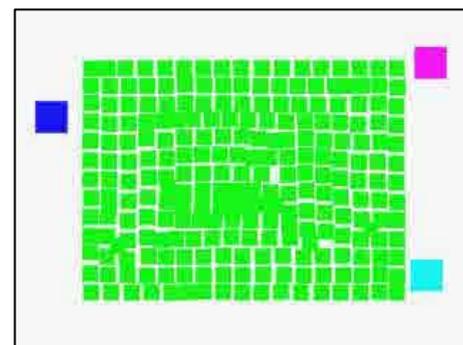
(ก)



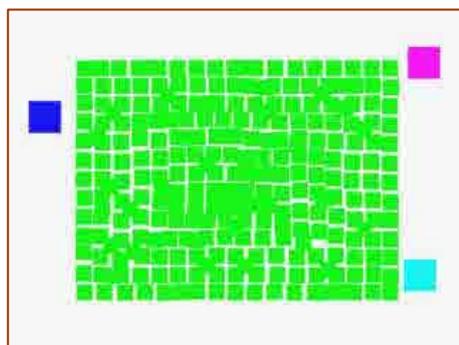
(ข)



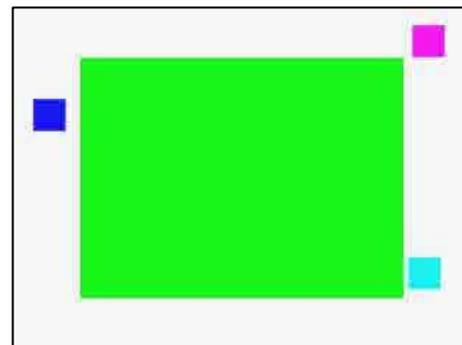
(ค)



(ง)



(จ)



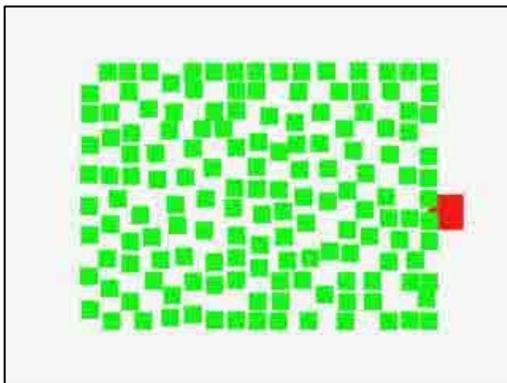
(ฉ)

ภาพผนวกที่ 5 เฟอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของการบัง 50-100 เฟอร์เซ็นต์ ขนาดของวัตถุที่บัง
ด้านหน้า 1 ตารางหน่วย และขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย

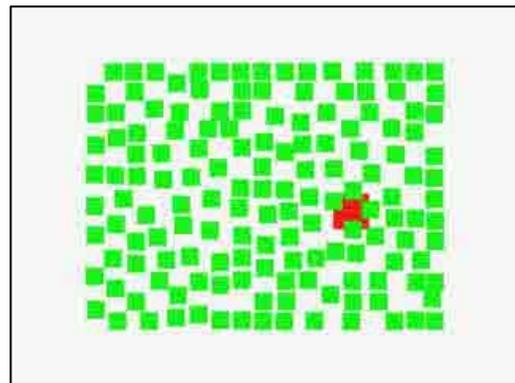
ภาพผนวกที่ 5 (ก) เฟอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบัง 50 เฟอร์เซ็นต์ ภาพผนวกที่ 5 (ข)
เฟอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบัง 60 เฟอร์เซ็นต์ ภาพผนวกที่ 5 (ค) เฟอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการ
บัง 70 เฟอร์เซ็นต์ ภาพผนวกที่ 5 (ง) เฟอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบัง 80 เฟอร์เซ็นต์ ภาพผนวกที่ 5
(จ) เฟอร์เซ็นต์ความหนาแน่นการบัง 90 เฟอร์เซ็นต์ และ ภาพผนวกที่ 5 (ฉ) เฟอร์เซ็นต์ความ
หนาแน่นการบัง 100 เฟอร์เซ็นต์

2.2 ข้อมูลจำลองสถานการณ์สำหรับทดสอบเส้นทางการเคลื่อนที่

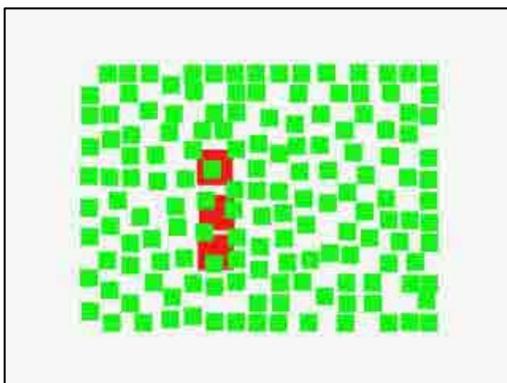
ตัวอย่างภาพชุดข้อมูล กรณีการทดสอบการจำลองสถานการณ์การเคลื่อนที่โดยที่เส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุจะรวมเป็นกลุ่มวัตถุเดียวกันแล้วเคลื่อนที่แยกออกจากกัน ในภายหลัง แสดงตามภาพผนวกที่ 6



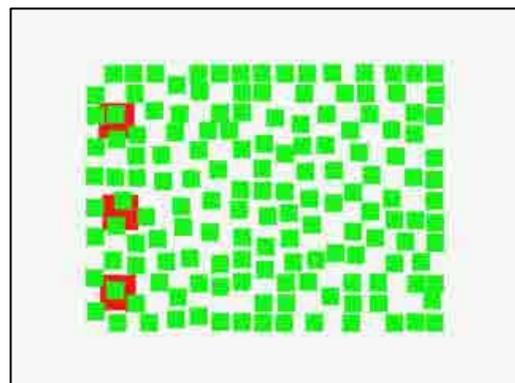
(ก)



(ข)



(ค)

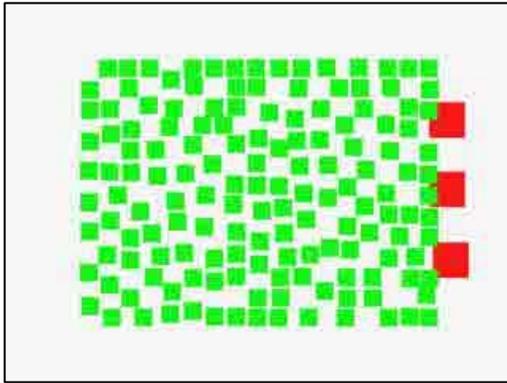


(ง)

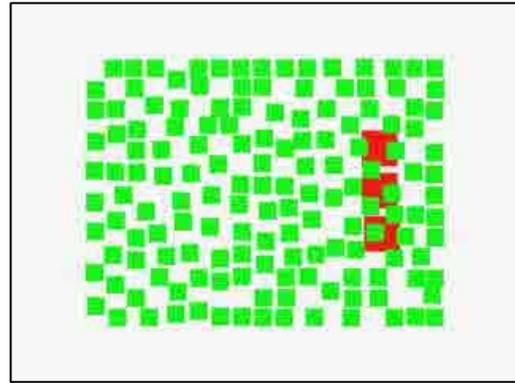
ภาพผนวกที่ 6 เส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุ กรณีเคลื่อนที่รวมกันเข้ามาและ แยกออกจากกัน ภายหลัง ความหนาแน่นของการบัง 50 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของวัตถุที่บังด้านหน้า 1 ตารางหน่วย และขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย

จากภาพผนวกที่ 6 จะเห็นว่า วัตถุจะเคลื่อนที่เข้ามา เหมือนเป็นวัตถุเดียวกันและจะแยกออกจากกัน โดย ภาพผนวกที่ 6 (ก) ตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลา $t = 50$ ภาพผนวกที่ 6 (ข) ตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลา $t = 100$ ภาพผนวกที่ 6 (ค) ตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลา $t = 150$ และ ภาพผนวกที่ 6 (ง) ตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลา $t = 200$

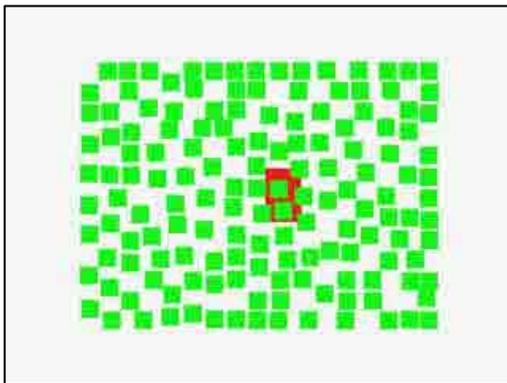
ตัวอย่างภาพชุดข้อมูลกรณีทดสอบการจำลองสถานการณ์การเคลื่อนที่โดยที่เส้นทาง
การเคลื่อนที่ของวัตถุแยกเข้ามาในลักษณะ โคดและรวมกลุ่มเหมือนเป็นวัตถุเดียวกันภายหลัง



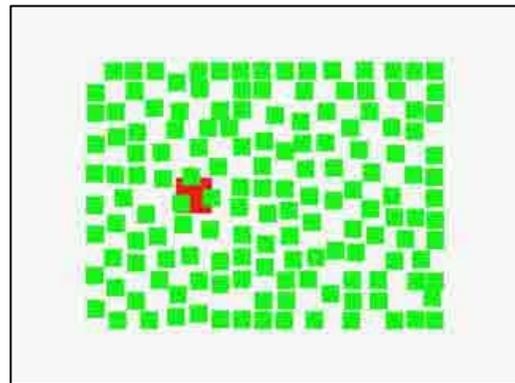
(ก)



(ข)



(ค)

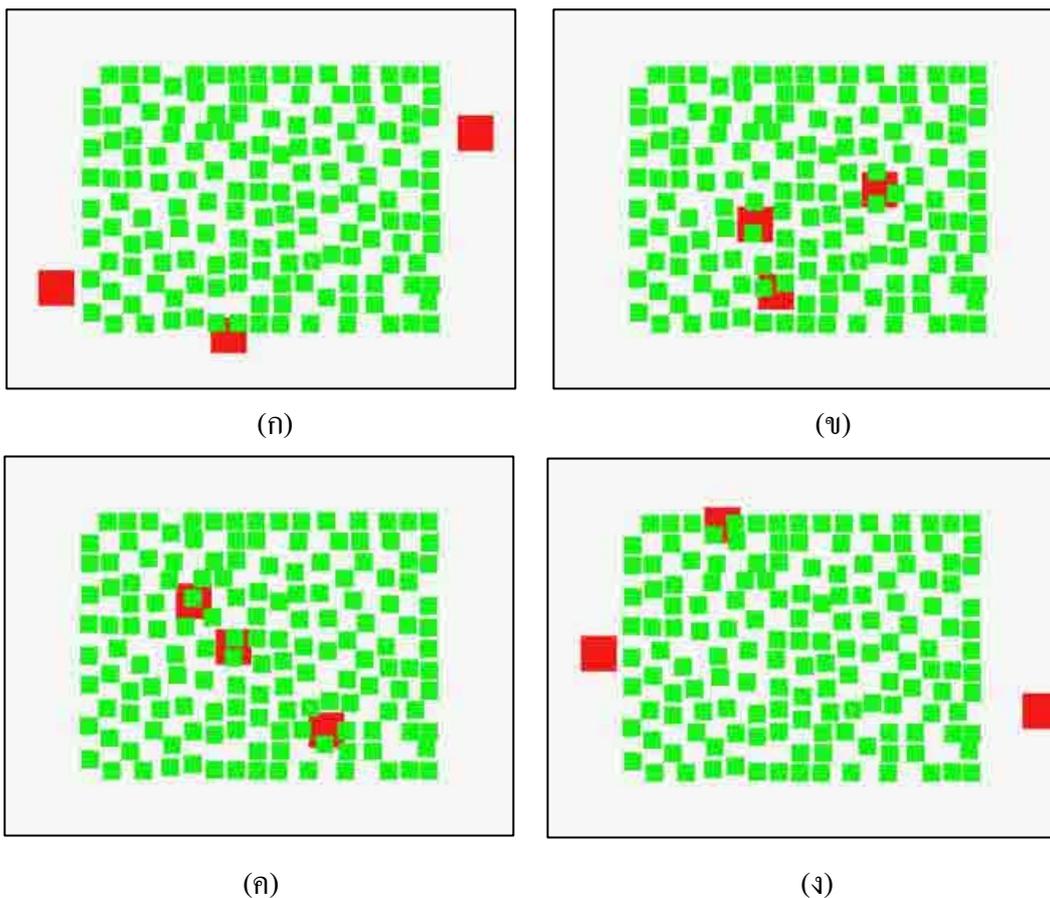


(ง)

ภาพผนวกที่ 7 เส้นทางเคลื่อนที่ของวัตถุกรณีเคลื่อนที่เข้ามาในลักษณะ โคดและรวมกัน
ภายหลัง ความหนาแน่นของการบัง 50 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของวัตถุที่บังด้านหน้า 1
ตารางหน่วย และขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย

จากภาพผนวกที่ 7 จะเห็นว่า วัตถุจะเคลื่อนที่เข้ามาเป็นหลายวัตถุแยกจากกัน และจะ
เคลื่อนที่รวมกันเป็นวัตถุเดียว โดย ภาพผนวกที่ 7 (ก) ตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลา $t = 50$ ภาพ
ผนวกที่ 7 (ข) ตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลา $t = 100$ ภาพผนวกที่ 7 (ค) ตำแหน่งของวัตถุใน
ช่วงเวลา $t = 150$ และ ภาพผนวกที่ 7 (ง) ตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลา $t = 200$

ตัวอย่างภาพชุดข้อมูลกรณีทดสอบการจำลองสถานการณ์เปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่โดยที่
เส้นทางเคลื่อนที่ของวัตถุแยกเข้ามาในลักษณะ โคดและไม่มีกรรวมกัน

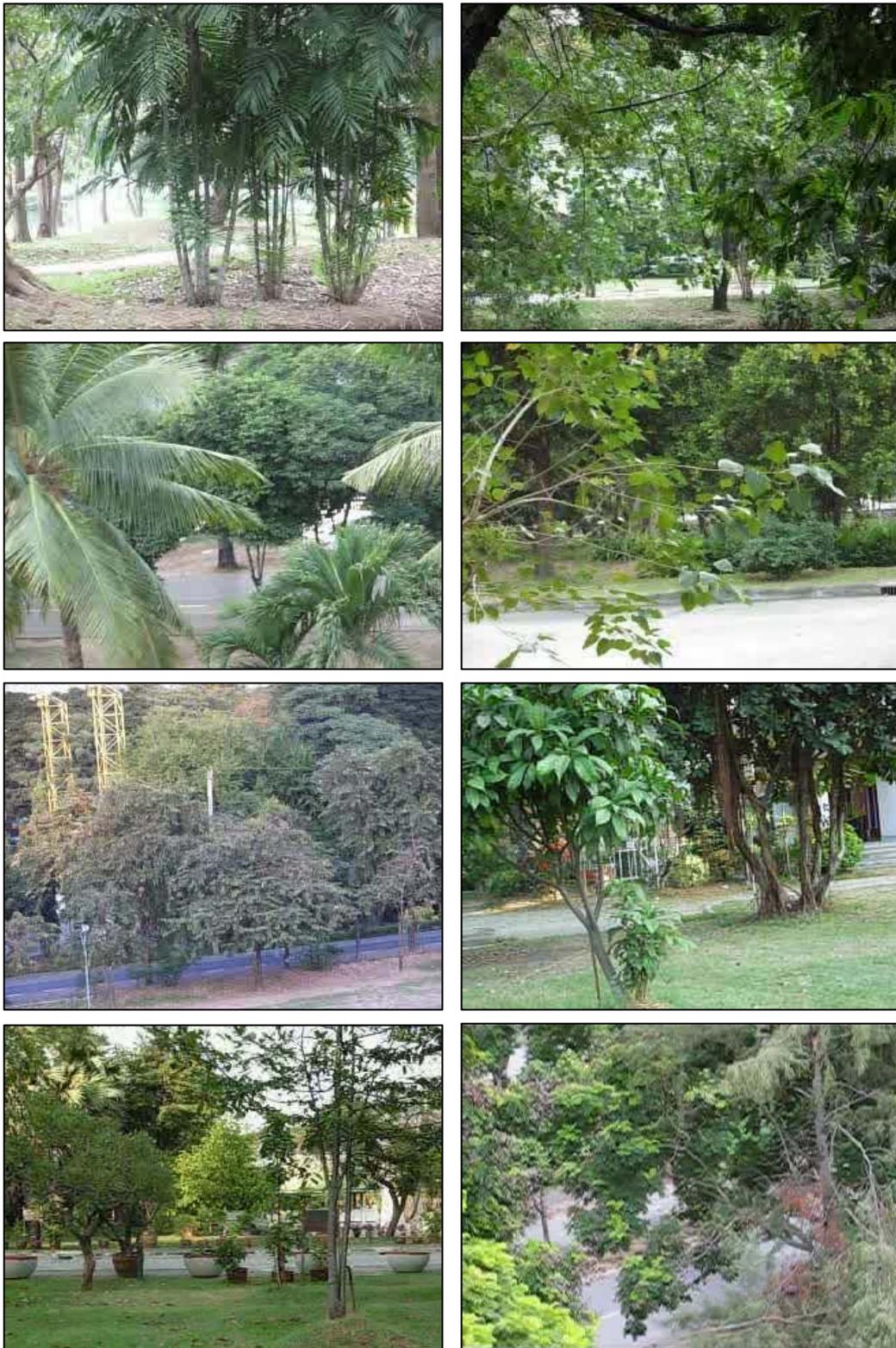


ภาพผนวกที่ 8 เส้นทางการเคลื่อนที่ของวัตถุกรณีเคลื่อนที่เข้ามาในลักษณะโดดไม่มีการรวมกัน ความหนาแน่นของการบัง 50 เปอร์เซ็นต์ ขนาดของวัตถุที่บังด้านหน้า 1 ตารางหน่วย และขนาดของวัตถุที่เคลื่อนที่ 4 ตารางหน่วย

จากภาพผนวกที่ 8 จะเห็นว่า วัตถุจะเคลื่อนที่เข้ามาเป็นหลายวัตถุแยกจากกันและสวนกันไปมาโดยไม่มีการรวมกลุ่มเกิดขึ้น โดย ภาพผนวกที่ 8 (ก) ตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลา $t = 50$ ภาพผนวกที่ 8 (ข) ตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลา $t = 100$ ภาพผนวกที่ 8 (ค) ตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลา $t = 150$ และ ภาพผนวกที่ 8 (ง) ตำแหน่งของวัตถุในช่วงเวลา $t = 200$

2.3 ข้อมูลการเคลื่อนที่จริงของวัตถุผ่านบริเวณที่มีสิ่งบดบังด้านหน้า

แสดงบริเวณและสภาพแวดล้อมของชุดข้อมูลที่ใช้ในการติดตามการเคลื่อนที่จริงซึ่งเป็นบริเวณที่มีพุ่มไม้บังอยู่ด้านหน้า แสดงตามภาพผนวกที่ 9



ภาพผนวกที่ 9 ภาพจากพื้นหลังของข้อมูลจริงสำหรับการทดลอง

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	นางสาวภัทรา สุมนจิตรภรณ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 22 เมษายน 2524
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมคอมพิวเตอร์) เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2546
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ที่ปรึกษาระบบ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท ที.เอ็น. อินฟอร์เมชัน ซิสเต็มส์ จำกัด (TNIS)
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-