

การตรวจจับควันไฟป่าด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล

สุรพงษ์ สุฤทธิ์¹ และ วัชร ฉัตรวิริยะ²

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

E-mail: s0060703@kmitl.ac.th¹, kcwatcha@kmitl.ac.th²

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอวิธีการตรวจจับควันไฟป่าด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล กล้องถ่ายภาพวิดีโอจะถูกใช้เป็นอุปกรณ์ในการรับภาพเข้ามา แล้วทำการแบ่งเป็นภาพต่อเนื่องเพื่อนำไปประมวลผล วิธีการที่นำเสนอประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ขั้นที่ 1 ตรวจจับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยเปรียบเทียบภาพปัจจุบันกับภาพก่อนหน้า ขั้นที่ 2 ทำการหาพื้นที่ที่มีความสนใจ โดยแบ่งพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง (BLOBs Segmentation) และประยุกต์ใช้คอนเน็กต์คอมโพเนนต์อัลกอริทึม (Connected Component Algorithm) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน ขั้นที่ 3 คำนวณค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของควันไฟพร้อมกับการประยุกต์ใช้คอนเวกซ์ฮัลลออัลกอริทึม (Convexhull Algorithm) ขั้นตอนสุดท้าย เป็นการวิเคราะห์ค่าที่ได้จากการคำนวณของภาพปัจจุบันเปรียบเทียบกับภาพก่อนหน้าร่วมกับกฎที่ได้จากการพิจารณาคุณสมบัติที่สำคัญของควันไฟเพื่อตัดสินใจว่าภาพที่ทำการประมวลผลนั้นมีควันเกิดขึ้นหรือไม่ ผลการทดลองจากภาพจำลองและภาพการเกิดไฟป่าจริงสามารถตรวจจับควันไฟจากภาพได้ถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ-- การประมวลผลภาพดิจิทัล; พื้นที่ที่มีความสนใจ; องค์ประกอบที่เชื่อมติดกัน; คอนเวกซ์ฮัลลออัลกอริทึม

1. บทนำ

ไฟป่าเป็นอุบัติเหตุที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเป็นอย่างมาก จากสถิติการเกิดไฟป่าทั้งในและต่างประเทศพบว่าความรุนแรงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นั่นหมายความว่าความเสียหายและผลกระทบก็จะรุนแรงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย มีความพยายามหาวิธีป้องกันและแก้ไขปัญหาอย่างต่อเนื่อง แต่การป้องกันการเกิดไฟป่าเป็นสิ่งที่ทำได้ยาก เนื่องจากสาเหตุเกิดขึ้นได้หลายทางทั้งที่เกิดจากธรรมชาติและเกิดจากฝีมือของมนุษย์ อีกทั้งป่าไม่มีพื้นที่และบริเวณกว้างทำให้การเฝ้าระวังป้องกันทำได้ยาก สิ่งที่สามารถทำได้ขณะนี้คือการลดความเสียหายที่เกิดขึ้นโดยการเฝ้าตรวจไฟป่า เมื่อมีไฟป่าเกิดขึ้นจะต้องมีการแจ้งเตือนที่ถูกต้อง รวดเร็ว และเข้าประจักษ์ไฟป่าอย่างทันทั่วทั้ง เพื่อไม่ให้ความเสียหายขยายวงกว้าง

ปัจจุบันระบบเฝ้าตรวจไฟป่า (Forest Fire Monitoring System) สามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเฝ้าตรวจไฟป่าโดยใช้คนซึ่งจะมีหอคอย

สูงเป็นที่สำหรับเฝ้าตรวจและการออกตรวจพื้นที่จริง การตรวจจับไฟป่าด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม และการตรวจจับไฟป่าจากกล้องสำรวจร่วมกับระบบประมวลผลภาพ เป็นต้น การตรวจเฝ้าด้วยคนเป็นวิธีที่สามารถวินิจฉัยได้ถูกต้องกว่าวิธีอื่น แต่มีปัญหาด้านการทำงานอย่างต่อเนื่อง ส่วนภาพถ่ายจากดาวเทียมเป็นระบบเฝ้าตรวจแบบไม่เป็นเวลาจริง (Non-Real Time) และใช้งบประมาณสูง [1] วิธีการตรวจจับไฟป่าด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัลจึงได้รับความสนใจจากนักวิจัยเป็นอย่างมาก [2-4] เนื่องจากใช้งบประมาณต่ำและสามารถทำงานแบบเวลาจริงได้ อีกทั้งเทคโนโลยีสนับสนุนอื่นๆ ของระบบตรวจจับภาพเช่น ระบบสื่อสารข้อมูลได้พัฒนาอย่างมาก การเฝ้าตรวจไฟป่าด้วยภาพถ่ายจากกล้องสำรวจจึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในปัจจุบัน

มีงานวิจัยจำนวนมากที่นำเสนอเทคนิคและวิธีการเฝ้าตรวจไฟป่าด้วยภาพที่ได้จากกล้องสำรวจ โดยจะตรวจจับคุณสมบัติต่างๆ ที่บ่งชี้ถึงการเกิดไฟป่า เช่น สีของเปลวเพลิง สีและลักษณะการเคลื่อนที่ของควันไฟ เป็นต้น งานวิจัยการตรวจจับไฟป่าด้วยคุณลักษณะแบบพลวัตโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks) [1] เป็นการวิเคราะห์ขนาดและพื้นที่ของเปลวเพลิงเพื่อแยกแยะวัตถุที่มีความคล้ายคลึงกับการเกิดไฟป่า การตรวจจับไฟป่าจากวิดีโอด้วยคุณสมบัติแบบผสมผสาน [5] เป็นวิธีการวิเคราะห์สีของเปลวเพลิงร่วมกับอัตราการถูกลามของพื้นที่ที่เกิดเพลิง ยังมีงานวิจัยอีกกลุ่มหนึ่งที่มุ่งเน้นการตรวจจับควันไฟ [6-8] โดยนำคุณลักษณะของสี และพื้นที่การเกิดควันไฟมาวิเคราะห์เพื่อตัดสินใจเป็นควันไฟหรือไม่

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอวิธีการตรวจจับควันไฟป่าด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล โดยกล้องถ่ายภาพวิดีโอจะถูกใช้เป็นอุปกรณ์ในการรับภาพที่มีความต่อเนื่องเข้ามา แล้วทำการแบ่งให้เป็นภาพดิจิทัลเพื่อนำไปประมวลผล เนื้อหาในเอกสารประกอบด้วย ส่วนที่ 1 เป็นการกล่าวถึงปัญหาของการเกิดไฟป่าและแนวทางการค้นคว้าวิจัยเพื่อแก้ปัญหา ส่วนที่ 2 เป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญและแนวคิดการแก้ปัญหา ส่วนที่ 3 นำเสนอวิธีการตรวจจับไฟป่า ส่วนที่ 4 การทดลองตามวิธีการที่นำเสนอ ส่วนที่ 5 ผลการทดลอง และสุดท้ายเป็นการสรุปผลการทดลอง

2. ข้อมูลพื้นฐานและแนวคิดการแก้ปัญหา

การตรวจจับควันไฟป่าด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล มีข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญและจำเป็นในการศึกษาวิจัย โดยกล่าวถึงคุณสมบัติของควันไฟและ

แนวคิดในการแก้ปัญหา เพื่อนำความรู้ในส่วนนี้มาเสนอและพัฒนาวิธีการตรวจจับควันไฟป่าให้มีประสิทธิภาพต่อไป

2.1. คุณสมบัติของควันไฟป่า

จากผลการศึกษาและทดลองของผู้วิจัยพบว่าควันไฟมีคุณสมบัติที่สำคัญ 3 ประการคือ สี การเปลี่ยนแปลงพื้นที่และทิศทางการเคลื่อนที่ แต่มีวัตถุอื่นที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงเช่นเดียวกับควันไฟ ดังนั้นการแยกแยะควันไฟจากวัตถุอื่นจะต้องมีวิธีการที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ การเปรียบเทียบคุณสมบัติที่สำคัญของควันไฟกับวัตถุอื่นๆ แสดงให้เห็นในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของควันไฟกับวัตถุที่มีความคล้ายคลึงกัน

วัตถุ	คุณสมบัติ		
	สี	การเปลี่ยนแปลงพื้นที่	ทิศทางการเคลื่อนที่
ควันไฟป่า	เทา	เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา	เคลื่อนที่ขึ้น ทิศทางไม่แน่นอน
ก้อนเมฆ	เทา	เปลี่ยนแปลงน้อยมาก	เคลื่อนที่ในทิศทางเดียวหรือไม่เคลื่อนที่
หมอก	เทา	เปลี่ยนแปลงน้อยมากหรือไม่เปลี่ยนแปลง	เคลื่อนที่ช้ามากหรือไม่เคลื่อนที่

จากตารางสรุปได้ว่า การแยกแยะควันไฟป่าจากวัตถุที่มีความคล้ายคลึงกันนั้น ควันไฟควรจะมียุทธศาสตร์เป็นสีเทา พื้นที่ของการเกิดควันไฟจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และทิศทางการเคลื่อนที่มีทิศขึ้นโดยที่มีทิศทางไม่แน่นอน ซึ่งแตกต่างจากก้อนเมฆที่มีสีเทาเหมือนกันแต่พื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก รวมทั้งมีการเคลื่อนที่ไปในทางเดียวและมีทิศทางการเคลื่อนที่ที่แน่นอนหรือไม่มีการเคลื่อนที่เลย

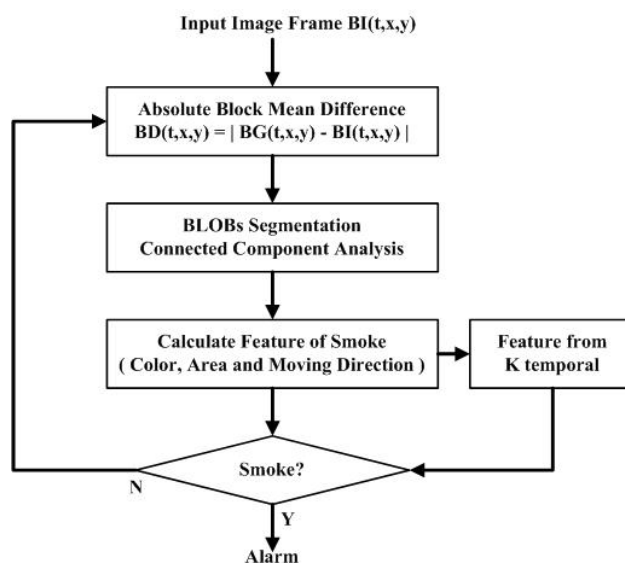
2.2. แนวคิดการแก้ปัญหา

จากตารางที่ 1 ควันไฟป่า ก้อนเมฆและหมอก มีคุณสมบัติที่เหมือนกันในเรื่องของสี แต่คุณสมบัติที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดคือ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่และทิศทางการเคลื่อนที่ ทั้งหมดนี้สามารถสรุปได้ว่า การแยกแยะให้ชัดเจนว่าเป็นควันไฟจะต้องนำคุณสมบัติทั้ง 3 ข้อมาพิจารณาและวิเคราะห์ร่วมกัน จะเลือกพิจารณาอย่างใดอย่างหนึ่งไม่ได้ เนื่องจากยังมีวัตถุอื่นที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันซึ่งอาจทำให้การตัดสินใจมีความผิดพลาด

การตรวจจับควันไฟป่าด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัลเป็นวิธีที่ถูกเลือกใช้ในการแก้ปัญหา เนื่องจากสามารถตรวจจับคุณสมบัติต่างๆ ของควันไฟได้อย่างเหมาะสม สามารถตรวจจับสี จำนวนพื้นที่และทิศทางการเคลื่อนที่ได้ อย่างไรก็ตามการตรวจจับควันไฟปายังคงอาศัยวิธีการที่มีประสิทธิภาพเพื่อระบุความชัดเจนของสิ่งที่เกิดขึ้นในภาพ ซึ่งวิธีการแก้ปัญหามุ่งพิจารณาบนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้นำเสนอในข้างต้น

3. การตรวจจับควันไฟป่า

วิธีการตรวจจับควันไฟป่าที่นำเสนอมี 4 ขั้นตอน โดยใช้หลักการของการประมวลผลภาพดิจิทัลควบคู่กับการพิจารณาคุณสมบัติของควันไฟ วิธีการเริ่มจาก พิจารณาภาพที่เข้ามาเปรียบเทียบกับภาพก่อนหน้าว่ามีการเปลี่ยนแปลงของวัตถุในภาพหรือไม่ จากนั้นให้ทำการแบ่งส่วนของภาพเพื่อหาพื้นที่ที่ให้ความสนใจแล้วนำไปตรวจสอบ คำนวณค่าคุณสมบัติต่างๆ สุดท้ายเป็นการตัดสินใจว่าพื้นที่ที่แบ่งออกนั้นเป็นควันไฟหรือไม่ ซึ่งจะต้องทำการพิจารณาคุณลักษณะต่างๆ ทุกค่าและจะต้องเปรียบเทียบกับคุณลักษณะของภาพที่เข้ามาก่อนหน้าเพื่อให้เกิดความถูกต้องและมีประสิทธิภาพ ภาพรวมขั้นตอนการตรวจจับควันไฟตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการตรวจจับควันไฟป่า

3.1. การตรวจจับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

ขั้นแรกของวิธีการที่นำเสนอ เป็นการตรวจจับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง การประมวลผลภาพจะใช้ค่าของสีในรูปแบบ Y (Y Color Model) กระบวนการเริ่มจากอ่านภาพแรกเข้ามาแล้วเก็บเป็นภาพพื้นหลังหรือภาพก่อนหน้า BG(t,x,y) จากนั้นอ่านภาพที่สองเข้ามาเก็บเป็นภาพปัจจุบัน BI(t,x,y) เปลี่ยนรูปแบบสีของภาพจาก RGB เป็นแบบ Y ให้อยู่ในรูปค่าทศนิยม 0 - 1 เพื่อให้ได้ค่าความละเอียดของระดับสีมากขึ้น แล้วหาค่าสัมบูรณ์ความแตกต่างของภาพ BD (t,x,y) ตามสมการที่ 1

$$BD(t,x,y)=|BG(t,x,y)-BI(t,x,y)| \quad (1)$$

ที่เวลา t และ t-1 ถ้าภาพมีควันไฟเกิดขึ้นหรือมีการเคลื่อนที่ของวัตถุใดๆในภาพ BD (t,x,y) จะเก็บค่าความแตกต่างของภาพที่เวลา t เอาไว้

3.2. การแบ่งส่วนของภาพเพื่อหาพื้นที่ที่ให้ความสนใจ

การแบ่งส่วนของภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อหาพื้นที่ที่ให้ความสนใจด้วยการนำภาพ $BD(t,x,y)$ เปลี่ยนให้เป็นภาพแบบไบนารี $BB(t,x,y)$ โดยเปรียบเทียบแต่ละพิกเซลของภาพกับค่า TH แล้วกำหนดตามสมการที่ 2

$$BB(t,x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } BD(t,x,y) > TH \\ 0 & \text{other} \end{cases} \quad (2)$$

จากสมการที่ 2 จะปรากฏ BLOBs ซึ่งก็คือพื้นที่ที่ให้ความสนใจ ทำการวิเคราะห์ BLOBs เหล่านั้นโดยพิจารณาคุณสมบัติที่เชื่อมติดกันด้วยการประยุกต์ใช้คอนเน็กต์คอมโพเนนท์อัลกอริทึม ทำให้สามารถหา BLOBs(t_i) ที่เวลา t ได้ และเพื่อให้ BLOBs(t_i) มีความสมบูรณ์ชัดเจนมากขึ้นจะใช้กระบวนการ Erode and Dilate เข้ามาช่วยเพื่อตัดจุดเล็กๆ ออกไป

3.3. การคำนวณคุณสมบัติของควันไฟป่า

3.3.1. คำนวณพื้นที่ที่ให้ความสนใจ

ภาพที่ได้จากการแบ่งส่วนพื้นที่ที่ให้ความสนใจหรือ $BB(t,x,y)$ การคำนวณพื้นที่ที่จะต้องประยุกต์ใช้คอนเน็กต์คอมโพเนนท์อัลกอริทึม หาระยะห่างระหว่าง BLOBs เพื่อทำการหาคำอธิบายของบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลง พร้อมทั้งวาดกรอบรูปสี่เหลี่ยมรอบบริเวณดังกล่าว จากนั้นคำนวณหาพื้นที่ของบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงและพื้นที่สี่เหลี่ยมแล้วเก็บค่าที่ได้ไว้ใน Feature from k Temporal

3.3.2. คำนวณค่าสีแต่ละพิกเซล

การคำนวณค่าสีจะคำนวณค่าความเป็นสีเทาของทุกพิกเซลที่อยู่ในบริเวณกรอบสี่เหลี่ยม โดยทั่วไปแล้วค่าสีเทาที่ได้จากสีแบบ RGB เกิดจากค่าสี $R=G=B$ จึงจะเกิดสีเทาที่สมบูรณ์ แต่ภาพที่นำมาประมวลผลนั้นค่าสีเทาที่เกิดจาก RGB จะมีโอกาสเหลื่อมล้ำกันเสมอ ในการคำนวณจะต้องกำหนดค่าเฉลี่ยขึ้นค่าหนึ่งเพื่อตรวจสอบ

$$\alpha_{xy} = (R_{xy} + G_{xy} + B_{xy})/3 \quad (3)$$

α_{xy} เป็นค่าเฉลี่ยของสี RGB ของแต่ละพิกเซล จะถูกใช้เพื่อตรวจสอบความเป็นสีเทาโดยหาค่าสัมบูรณ์ของความแตกต่างกับ RGB แล้วเปรียบเทียบกับ TH ตามกฎ (สมการ) ที่ 4 ถ้าหากค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่กำหนดจะถือว่าเป็นสีเทา

$$\begin{aligned} & \text{if } |R_{xy} - \alpha_{xy}| \& |G_{xy} - \alpha_{xy}| \& |B_{xy} - \alpha_{xy}| < TH \\ & \quad \text{gray color} \\ & \text{else} \\ & \quad \text{not gray} \end{aligned} \quad (4)$$

3.3.3. คำนวณทิศทางการเคลื่อนที่

จากคุณสมบัติของควันไฟที่มีการเคลื่อนที่ขึ้นตามแนวแกน y และมีทิศทางที่ไม่แน่นอน การคำนวณทิศทางการเคลื่อนที่ของควันไฟจึงสามารถวิเคราะห์จากตำแหน่งจุดเกิดของรูปสี่เหลี่ยม ที่ติดกรอบบริเวณควันไฟที่เกิดขึ้นของภาพก่อนหน้าเปรียบเทียบกับภาพปัจจุบันโดยพิจารณาตามกฎดังนี้

$$\begin{aligned} & \text{if } (y_{\min}(t) < y_{\max}(t-1)) \\ & \quad \text{smoke} \\ & \text{else} \\ & \quad \text{not smoke} \end{aligned} \quad (5)$$

จากกฎข้างต้นเป็นการตรวจสอบตำแหน่งพิกเซลด้านบนของกรอบสี่เหลี่ยมในภาพปัจจุบันหรือ $y_{\min}(t)$ กับตำแหน่งด้านล่างของกรอบสี่เหลี่ยมในภาพก่อนหน้าหรือ $y_{\max}(t-1)$ ถ้า $(y_{\min}(t) < y_{\max}(t-1))$ น้อยกว่า $y_{\max}(t-1)$ แสดงว่าการเคลื่อนที่มีทิศทางขึ้น

3.4. การตัดสินใจเป็นควันไฟหรือไม่

ค่าที่ได้จากการคำนวณคุณสมบัติของควันไฟประกอบด้วย ค่าพื้นที่ที่ให้ความสนใจ พื้นที่กรอบสี่เหลี่ยม ค่าสี และทิศทางการเคลื่อนที่ ทุกค่าจะถูกเก็บไว้ในส่วนของ Feature From K Temporal ซึ่งค่าเหล่านี้จะเป็นคุณสมบัติของแต่ละภาพตั้งแต่ $F(t)$, $F(t-1)$, $F(t-2)$, ..., $F(t-k-1)$ โดยที่ k เป็นลำดับภาพที่เข้ามา

การตัดสินใจภาพนั้นเป็นควันไฟหรือไม่ จะต้องวิเคราะห์ทุก ๆ ค่าที่อยู่ใน $F(t)$ ด้วยการเปรียบเทียบ $F(t)$, $F(t-1)$, $F(t-2)$, ..., $F(t-k-1)$ ถ้าค่า k มีค่ามากการตัดสินใจเป็นควันไฟจะใช้เวลามากแต่ให้ประสิทธิภาพและความถูกต้องสูง แต่ถ้า k มีค่าน้อยการตัดสินใจจะใช้เวลาน้อยกว่าความน่าเชื่อถือของระบบการตรวจจับควันไฟจะน้อยลงตามไปด้วย ดังนั้นการกำหนดค่า k เพื่อใช้เปรียบเทียบสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม

มีหลายวิธีที่จะตัดสินใจพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นควันไฟหรือไม่ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอกฎเพื่อใช้ในการตัดสินใจ ตามกฎ (สมการ) ที่ 6 ซึ่งเป็นการพิจารณาจากทุกคุณสมบัติของควันไฟที่ได้นำเสนอไปแล้ว

$$\begin{aligned} & \text{if } ((Area\ Changed) \& (Gray\ Color) \& (Move\ Up)) == TRUE \\ & \quad \text{smoke} \\ & \text{else} \\ & \quad \text{not smoke} \end{aligned} \quad (6)$$

กฎ (สมการ) การตัดสินใจข้างต้น ทุกๆ คุณสมบัติที่ได้จากการวิเคราะห์ค่า $F(t)$, $F(t-1)$, $F(t-2)$, ..., $F(t-k-1)$ จะต้องเป็นจริงทุกค่าจึงจะตัดสินใจได้ว่า พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นคือควันไฟ

4. การทดลอง

การทดลองใช้ภาพวิดีโอจำนวน 4 ชุด ชุดที่ 1 เป็นตัวอย่างของภาพที่ไม่มีการเกิดควันไฟ ชุดที่ 2 เป็นตัวอย่างภาพการสร้างควันไฟป่าจำลองด้วยการเผาหญ้าและกิ่งไม้ในทุ่งหญ้า ภาพทั้งสองชุดถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพวิดีโอ กล้องจะถูกติดตั้งบนขาตั้งกล้องที่มีความมั่นคงแข็งแรงเพื่อป้องกันการสั่นไหวของภาพ ตั้งค่าความละเอียดของภาพ 10 เมกะพิกเซล ขนาดภาพ 640 x 480 ความเร็วในการถ่ายภาพวิดีโอ 30 เฟรมต่อวินาที ชุดที่ 3 เป็นภาพที่ได้จากสำนักข่าว Valley View News เป็นการเกิดไฟป่าในประเทศสหรัฐอเมริกา และภาพชุดที่ 4 เป็นภาพการเกิดไฟป่าในประเทศไทย ภาพวิดีโอแต่ละชุดมีความยาวประมาณ 3.5 วินาที เมื่อนำมาแบ่งเป็นภาพต่อเนื่องจะได้ภาพดิจิทัลประมาณ 100 ภาพ แต่ละภาพมีขนาดไฟล์ประมาณ 80 กิโลไบต์ และจะถูกนำไปประมวลผลตามลำดับ

โปรแกรมจะทำการอ่านข้อมูลภาพที่ได้จากการแบ่งภาพวิดีโอเข้ามาทีละภาพแล้วทำการประมวลผลจากขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้าย จากนั้นทำการเก็บค่าที่ได้จากการคำนวณไว้ แล้วทำการอ่านภาพในลำดับถัดไป ค่าที่ได้จากการคำนวณจะถูกเก็บไว้เพื่อเป็นข้อมูลชั่วขณะจำนวน k ภาพโดยจะนำข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์เพื่อตัดสินว่าพื้นที่ที่ตรวจจับนั้นใช่ควันหรือไม่ ความเร็วในการประมวลผลแต่ละภาพเป็นสิ่งที่วัดประสิทธิภาพของระบบ ในการทดลองลำดับภาพที่เข้ามามีความต่อเนื่องกันด้วยเวลา 30 ภาพ ต่อ 1 วินาที ความแตกต่างระหว่างภาพที่ t และ $t-1$ จะมีความแตกต่างกันน้อยมาก ดังนั้นเวลาการอ่านภาพเข้ามาเพื่อประมวลผลสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม

การทดลองแสดงผลด้วยภาพและค่าตัวเลข ในส่วนของภาพจะแสดงให้เห็นวิธีการในการประมวลผลแต่ละขั้นตอน ส่วนตัวเลขเป็นการบันทึกค่าที่ได้จากการคำนวณเพื่อนำมาวิเคราะห์ทำโดยบันทึกเป็นไฟล์นามสกุล xls แล้วนำค่าเหล่านั้นมาวิเคราะห์ด้วยกราฟต่อไป

5. ผลการทดลอง

5.1. ผลการทดลองตรวจจับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง

การตรวจจับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง ชุดที่ 1 เป็นตัวอย่างของภาพที่ไม่มีการเกิดควันไฟ ชุดที่ 2 เป็นตัวอย่างภาพจำลองการเกิดควันไฟป่า ตามรูปที่ 2 ก และ ข ตามลำดับ

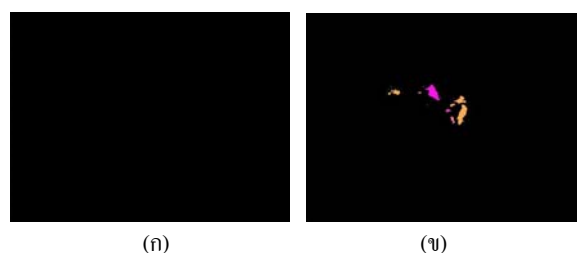


รูปที่ 2 การตรวจจับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง (ก) ภาพชุดที่ 1
(ข) ภาพชุดที่ 2

รูปที่ 2 ก เป็นภาพที่ได้จากการตรวจจับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของภาพชุดที่ 1 สังเกตเห็นว่าจะเป็นสีดำตลอดทั้งภาพ เนื่องจาก เป็นตัวอย่างของภาพที่ไม่มีการเกิดควันไฟ ทำให้ค่าจากการคำนวณไม่มีความแตกต่าง ส่วนรูปที่ 2 ข เป็นภาพที่ได้จากการตรวจจับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของภาพชุดที่ 2 สังเกตเห็นความเปลี่ยนแปลงในภาพนั้นคือมีความแตกต่างกันระหว่างภาพที่ t และ $t-1$

5.2. ผลการทดลองการแบ่งส่วนเพื่อหาพื้นที่ที่ให้ความสนใจ

ภาพแบบไบนารี BB(t,x,y) ที่ได้จากสมการที่ 2 เมื่อประยุกต์ใช้คอนเน็กต์คอมโพเนนต์อัลกอริทึม ทำให้สามารถหา BLOBs(t,i) ที่เวลา t ได้ และหลังจากใช้กระบวนการ Erode and Dilate เพื่อตัดจุดเล็กๆ ออกไปแล้ว ได้ผลตามรูปที่ 3

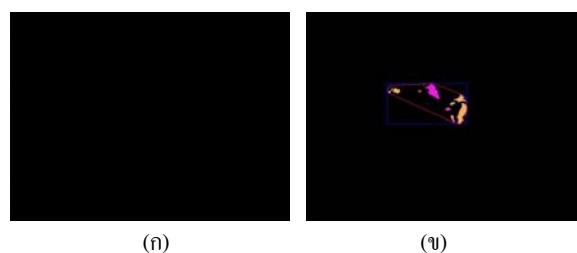


รูปที่ 3 การแบ่งส่วนเพื่อหาพื้นที่ที่ให้ความสนใจ (ก) ภาพชุดที่ 1
(ข) ภาพชุดที่ 2

จากสมการที่ 2 ค่า TH ที่ใช้ในการทดลองกับภาพชุดที่ 1 และชุดที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.2 เนื่องจากภาพ BD(t,x,y) แต่ละพิกเซลมีค่าเป็นเลขทศนิยม ดังนั้นการกำหนดค่า TH มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับกระบวนการ Erode and Dilate ดังนั้นจะต้องพิจารณาอย่างเหมาะสม

5.3. ผลการทดลองการคำนวณคุณสมบัติของควันไฟป่า

ผลการทดลองการคำนวณคุณสมบัติของควันไฟป่า ได้จากการนำผลการทดลองในขั้นตอนที่ 5.2 มาทำการหาพื้นที่การเกิดควันไฟด้วยการวาดกรอบของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงและวาดกรอบสี่เหลี่ยม ผลการทดลองตามรูปที่ 4





(ก)

(ง)

รูปที่ 4 การวาดกรอบล้อมรอบพื้นที่ที่ให้ความสนใจ (ก) ภาพชุดที่ 1 (ข) ภาพชุดที่ 2 (ค) ภาพต้นฉบับชุดที่ 1 (ง) การวาดกรอบบนภาพต้นฉบับชุดที่ 2



รูปที่ 5 การวาดกรอบล้อมรอบพื้นที่ที่ให้ความสนใจในภาพชุดที่ 3 การเกิดไฟป่าในประเทศสหรัฐอเมริกา (ภาพจากสำนักข่าว Valley View News)



รูปที่ 6 การวาดกรอบล้อมรอบพื้นที่ที่ให้ความสนใจในภาพชุดที่ 4 การเกิดไฟป่าในประเทศรัสเซีย (ภาพจาก <http://www.youtube.com/watch?v=llcocHLvlf0&feature=related>)

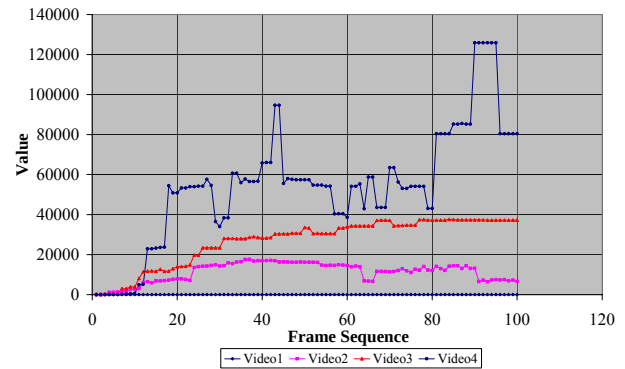
การคำนวณค่าต่างๆ ตามสมการและกฎที่นำเสนอ ผลที่ได้จะถูกเก็บบันทึกในรูปแบบของไฟล์นามสกุล xls และจะนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

5.4. ผลการทดลองการตัดสินใจเป็นควันไฟหรือไม่

ค่าที่ได้จากการคำนวณจะถูกนำมาวิเคราะห์และแสดงผลในรูปแบบต่างๆ ในส่วนของโปรแกรมจะมีการตรวจสอบตามกฎที่นำเสนอ โดยวิเคราะห์ $F(t)$, $F(t-1)$, $F(t-2)$, ..., $F(t-k-1)$ แล้วตัดสินใจว่าใช่ควันไฟหรือไม่ เพื่อให้

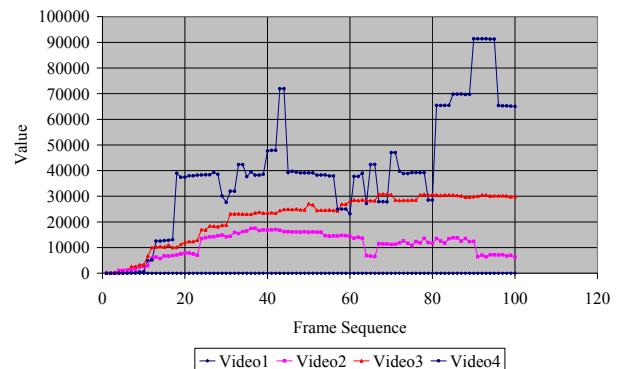
เห็นความแตกต่างและการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน สามารถแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟตามรูปที่ 7-9

รูปที่ 7 เป็นผลการทดลองคำนวณหาพื้นที่สี่เหลี่ยมรอบบริเวณที่เกิดควัน จะพบว่าภาพชุดที่ 1 มีค่าเป็น 0 ซึ่งเป็นภาพที่ไม่มีการเกิดควันไฟ ในขณะที่ภาพชุดที่ 2-4 มีค่าที่บ่งบอกถึงการเกิดควันไฟ



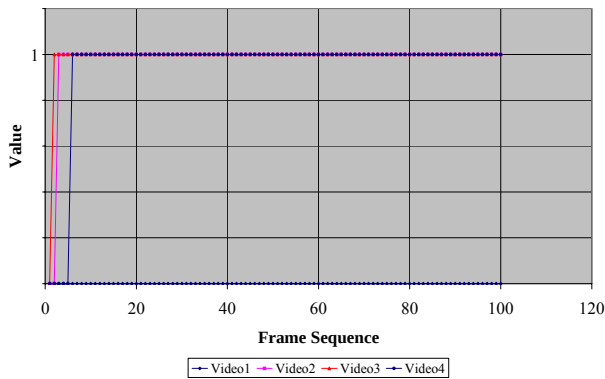
รูปที่ 7 การเปรียบเทียบพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมของภาพชุดที่ 1 - 4

รูปที่ 8 เป็นผลการทดลองคำนวณหาจำนวนพิกเซลที่มีความเป็นสีเทา โดยกำหนดค่า $TH = 0.1$ และทำการคำนวณหาจำนวนพิกเซลที่มีความเป็นสีเทาถ้าจำนวนพิกเซลน้อยกว่า $AreaRect/2$ จะถือว่าพื้นที่การเปลี่ยนแปลงนั้นไม่ใช่ควัน จากกราฟจะพบว่าภาพชุดที่ 2-4 จะมีจำนวนพิกเซลที่เป็นสีเทาจำนวนมาก ในขณะที่ภาพชุดที่ 1 มีค่าเป็น 0



รูปที่ 8 การเปรียบเทียบจำนวนพิกเซลที่มีสีเทาของภาพชุดที่ 1 - 4

รูปที่ 9 เป็นผลการทดลองคำนวณหาทิศการเคลื่อนที่ โดยเปรียบเทียบ $y_{min}(t)$ กับ $y_{max}(t-1)$ ค่าที่แสดงในกราฟมีค่าเป็น 0 หรือ 1 โดยที่ 0 แทนการไม่ทราบทิศทางการเคลื่อนที่ 1 แทนทิศการเคลื่อนที่ขึ้น จากกราฟจะพบว่าภาพชุดที่ 1 มีค่าเป็น 0 หมายความว่าไม่ทราบทิศการเคลื่อนที่ ในขณะที่ภาพชุดที่ 2-4 สามารถทราบทิศการเคลื่อนที่ได้เมื่อภาพที่เข้ามาเป็นลำดับตั้งแต่ 2 เป็นต้นไป โดยมีการเคลื่อนที่ขึ้น



รูปที่ 9 การเปรียบเทียบทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุในภาพของภาพชุดที่ 1 - 4

6. สรุป

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการตรวจจับควันไฟป่าด้วยการประมวลผลภาพดิจิทัล จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า วิธีการที่นำเสนอสามารถตรวจจับพื้นที่บริเวณที่เกิดควันจากภาพดิจิทัลได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ การตัดสินใจพื้นที่ที่ตรวจจับได้นั้นใช้ควันหรือไม่ จะต้องวิเคราะห์คุณสมบัติที่สำคัญทุกๆ คุณสมบัติตามกฎ โดยทุกค่าจะต้องเป็นจริงจึงจะตัดสินใจเป็นควันไฟ เพื่อให้ระบบตรวจจับควันไฟป่ามีความน่าเชื่อถือจะต้องพิจารณาภาพที่เกิดขึ้นปัจจุบันกับภาพที่เกิดขึ้นก่อนหน้าจำนวน k ภาพ ซึ่งจะทำให้ระบบเฝ้าตรวจไฟป่ามีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

ปัจจัยที่มีผลต่อการทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ถูกต้อง เช่น การกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ต้องให้เหมาะสมกับภาพ ลักษณะของภาพที่นำมาประมวลผลต้องเป็นภาพที่ได้จากกล้องที่ไม่มีการเคลื่อนที่ สายไปมาหรือแกว่ง รวมทั้งระยะทางที่ตรวจจับควันไฟจะต้องอยู่ในระยะที่สามารถมองเห็นการเปลี่ยนแปลงของภาพได้

อย่างไรก็ตามกรณีที่ควันไฟป่ามีการเคลื่อนที่ช้ามากๆ ทำให้ยากต่อการตรวจจับพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง หรือภาพที่ได้จากกล้องมีการสั่นไหว ประสิทธิภาพของระบบตรวจจับควันไฟป่าที่นำเสนอจะลดลงหรือผลการตัดสินใจอาจมีความผิดพลาดได้ การพัฒนางานวิจัยต่อควรเพิ่มความสามารถในการตรวจจับควันไฟที่มีการเคลื่อนที่ช้าหรือมีควันเบาบางหรือหนาแน่นจนไม่สามารถเห็นความเปลี่ยนแปลง

เอกสารอ้างอิง

- [1] Dengyi Zhang, Shizhong Han, Jianhui Zhao, Zhong Zhang, Chengzhang Qu, Youwang Ke and Xiang Chen, "Image Based Forest Fire Detection Using Dynamic Characteristics with Artificial Neural Network", 2009 International Joint Conference on Artificial Intelligence, 25-26 April 2009 pp. 290 - 293
- [2] W. Phillips III, M Shah, and N. V. Lobo, "Flame recognition in video", Pattern Recognition letters, Vol. 23, 2002, pp.319-327

- [3] T. H. Chen, P. H. Wu, and Y. C. Chiou, "An Early Fire-Detection Method Based on Image Processing", Proceedings of the 2004 International Conference on Image Processing, Singapore, IEEE Press, 2004, pp.1707-1710
- [4] C. B. Liu and N. Ahuja, "Vision based fire detection", Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition, IEEE Press, Cambridge UK, 2004, pp. 134-137
- [5] Li Jie and Xiao Jiang, "Forest fire detection based on video multi-feature fusion", 2009. ICCSIT 2009. 2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology, 8-11 Aug. 2009, pp.19-22
- [6] Thou-Ho Chen, Yen-Hui Yin, Shi-Feng Huang and Yan- Ting Ye, "The Smoke Detection for Early Fire-Alarm System Base on Video Processing", 2006 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, pp.427-430
- [7] DongKeun Kim and Yuan-Fang Wang, "Smoke Detection in Video", 2009 World Congress on Computer Science and Information, Vol.5, pp.759-763
- [8] Chao-Ching Ho and Tzu-Hsin Kuo, "Real-Time Video-Based Fire Smoke Detection System", 2009 IEEE/ASME International Conference on Advance Intelligent Mechatronics Suntec Convention and Exhibition Center, Singapore, July 14-17, 2009, pp. 1845-1850
- [9] Alasdair McAndrew, "An Introduction to digital Image Processing with MATLAB", Notes for SCM2511 Image Processing 1, Semester 1, 2004, School of Computer Science and Mathematics, Victoria University of Technology.
- [10] Deepak Malani, REC Calicut and Anant Malewar, "Introduction to Video Analysis using MATLAB", IIT Bombay.