บทที่ 1
บทนำ

บทนี้กล่าวถึงที่มา และความสำคัญของปัญหา ซึ่งนำไปสู่การทำวิทยานิพนธ์เรื่องการตรวจจับภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงในลำดับวีดิทัศน์ รวมถึงสรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย วัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตการวิจัย ประโยชน์ที่จะได้รับ และท้ายที่สุดเป็นส่วนขั้นตอนการทำวิจัย

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ธุรกิจบำรุงรักษาระบบส่งไฟฟ้าแรงสูงขนาดใหญ่ได้นำกล้องวีดิทัศน์ติดตั้งบนเฮลิคอปเตอร์ตรวจระบบส่งไฟฟ้าแรงสูงมาใช้งาน เพื่อบันทึกข้อมูลภาพเสาไฟฟ้าแรงสูง และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และวางแผนดำเนินการบำรุงรักษาระบบส่งไฟฟ้า โดยที่กล้องวีดิทัศน์จำเป็นต้องติดตั้งไว้ภายในอุปกรณ์แท่นหมุนกันกระเทือน(Stabilized Gimbals) เพื่อแก้ไขภาพที่ไม่ชัดเจนจากการสั่นและไกวตัวของเฮลิคอปเตอร์ ดังแสดงในรูป 1-1 และรูป 1-2

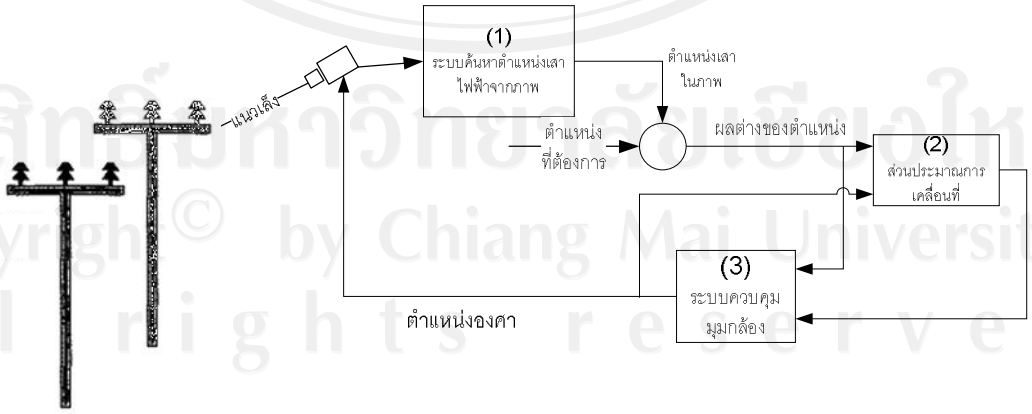
รูป 1-1 แท่นหมุนกันกระเทือนถูกติดตั้งใต้ลำตัวเฮลิคอปเตอร์ของ
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 1-2 กล้องวีดิทัศน์ถูกติดตั้งไว้ภายในแท่นหมุนกันกระเทือน

แต่ละครั้งที่เฮลิคอปเตอร์ออกบินเพื่อบันทึกข้อมูลจะต้องใช้เวลายาวนาน 3-4 ชั่วโมง การบันทึกภาพด้วยกล้องวีดิทัศน์ที่ติดตั้งภายในแท่นหมุนทำได้โดยผู้ควบคุมซึ่งใช้ก้านควบคุมบังคับกล้องวีดิทัศน์เล็งไปยังเสาไฟฟ้าแรงสูงที่ต้องการเก็บข้อมูลตลอดช่วงปฏิบัติงาน ทำให้ผู้ควบคุมมุมกล้องอ่อนล้าและสูญเสียการควบคุมแนวเล็งของกล้องที่ถูกต้อง เนื่องจากเฮลิคอปเตอร์ใช้เวลาเคลื่อนที่ผ่านเป้าหมายแต่ละจุดสั้นมากๆ (เฉลี่ยประมาณ 10-15 วินาทีต่อต้นเท่านั้น) ดังนั้นการพัฒนาระบบควบคุมตำแหน่งมุมเล็งของกล้องโดยอัตโนมัติจึงเป็นสิ่งที่ช่วยทำให้งานนี้ง่ายขึ้น

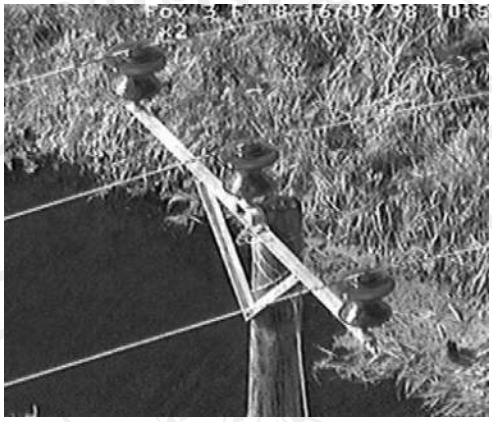
เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว Whitworth และคณะ จึงได้เสนอระบบควบคุมตำแหน่งมุมเล็งของกล้องอัตโนมัติที่สามารถควบคุมตำแหน่งให้เล็งไปยังตำแหน่งเสาไฟฟ้าได้ตลอดการปฏิบัติงาน [1] ดังแสดงในรูป 1-3



รูป 1-3 ระบบติดตามภาพเสาไฟฟ้าสำหรับแท่นหมุนโดยอัตโนมัติ
ที่นำเสนอโดย Whitworth และคณะ[1]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

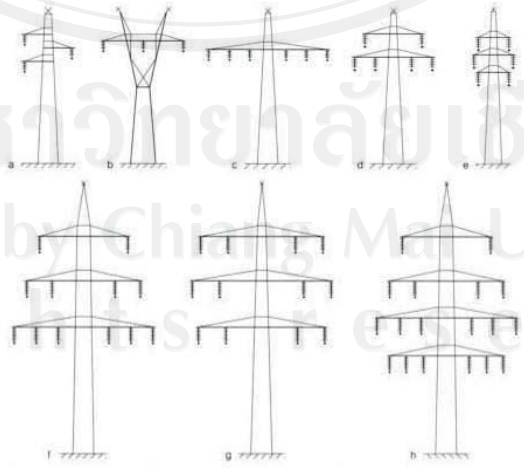
ระบบของ Whitworth และคณะ [1] สามารถควบคุมตำแหน่งมุมเล็งของกล้องได้โดยอัตโนมัติซึ่งสามารถใช้ได้กับเสาไฟฟ้าระบบจำหน่ายที่มีลักษณะเสาประกอบกับไม้คอนดังแสดงในรูป 1-4 เท่านั้น



รูป 1-4 เสาไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

นอกจากนี้ ระบบที่นำเสนอโดย Whitworth และคณะยังมีข้อจำกัดในส่วนระบบตรวจจับตำแหน่งเสาไฟฟ้า เนื่องจากสัญญาณภาพวีดิทัศน์ที่ได้ถูกรบกวนจากสิ่งแวดล้อมได้ง่าย และใช้เวลาในการประมวลผลนาน

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการแก้ไขข้อจำกัดดังกล่าวและเพิ่มความสามารถในการรู้จำเสาไฟฟ้าประเภทอื่นๆ บางชนิด ดังแสดงใน รูป 1-5 ได้อีกด้วย



รูป 1-5 ตัวอย่างรูปแบบของเสาไฟฟ้าโครงเหล็กถักแบบต่างๆ
ที่มีใช้ในการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (ที่มา [2])

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 1-6 แสดงตัวอย่างสัญญาณภาพวีดิทัศน์ที่ได้จากกล้องวีดิทัศน์ Sony FCB780 ความละเอียดภาพสูงสุด 720 × 576 จุดภาพ ที่ติดตั้งบนเฮลิคอปเตอร์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย รูปดังกล่าวแสดงให้เห็นภาพของเสาไฟฟ้าแรงสูงโครงเหล็กถักในสภาพแวดล้อมจริง ซึ่งได้รับสัญญาณรบกวนจากสภาพแวดล้อม การกระเทือนของกล้อง หยดน้ำที่เกาะหน้ากล้อง รวมถึงสัญญาณแปลกปลอม (Artifact) ที่เกิดจากการแทรกสลับ (Interleave) ของสัญญาณภาพ เนื่องจากธรรมชาติของเสาไฟฟ้าโครงเหล็กถักที่มีลักษณะโปร่ง ทำให้จุดภาพของสิ่งแวดล้อมปะปนไปกับจุดภาพของเสาไฟฟ้า จึงไม่สามารถใช้วิธีการประมวลผลภาพที่มีพื้นฐานจากการจับคู่ลวดลายพื้นผิวของวัตถุ (Texture Matching) แบบตรงๆ ได้

รูป 1-6 ตัวอย่างภาพเสาไฟฟ้าแรงสูงจากเฮลิคอปเตอร์

หากขยายบริเวณที่เป็นเสาไฟฟ้าในรูป 1-6 จะเห็นได้ว่าเส้นที่เป็นส่วนของเสาไฟฟ้าไม่ชัดเจนดังแสดงในรูป 1-7 เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากกล้องเป็นรูปแบบข้อมูล Digital Video (DV) ข้อมูลจึงถูกบีบอัดข้อมูลภายในแต่ละเฟรมภาพด้วยการแปลงโคไซน์ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Cosine Transform) ทำให้มีความละเอียดของภาพลดลง แต่ก็มีคุณภาพดีกว่ารูปแบบ MPEG-2 ที่มีการบีบอัดข้อมูลระหว่างเฟรมภาพอีกด้วยทำให้สูญเสียข้อมูลมากกว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 1-7 ภาพขยายบริเวณภาพที่เป็นเสาไฟฟ้าแรงสูง

1.2 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

Whitworth และคณะได้เสนอวิธีค้นหาเสาไฟฟ้าในระบบจำหน่ายโดยวิธีการจับคู่ต้นแบบ (Template-Matching) [1]ซึ่งเสียเวลาประมวลผลมากและถูกรบกวนจากสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ เช่น อาคาร หรือ เสาวิทยุได้ง่าย นอกจากนี้ระบบดังกล่าวยังไม่สามารถรองรับการเปลี่ยนแปลงขนาดของวัตถุภายในภาพอีกด้วย

Golightly และ Jones แก้ปัญหาระบบที่นำเสนอโดย Withworth และคณะ โดยค้นหาตำแหน่งของเสาไฟฟ้าในระบบจำหน่ายจากการเรียงตัวของมุมภายในภาพ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับภาพมุมแบบจำลองที่สร้างจากมุมที่ตรวจจับได้จากภาพ [3-4] แทนการใช้แบบจำลองซึ่งสร้างจากเส้นตรงของ Withworth และคณะ ซึ่งระบบนี้แม้จะสามารถแก้ไขปัญหาเรื่องการย่อ หรือขยายภาพได้ แต่ก็ยังเกิดปัญหาเกี่ยวกับการบดบังของภาพเนื่องจากวัตถุอื่นๆ และเกิดปัญหาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของความสว่างภายในภาพ

Cheng และ Song ได้เสนอวิธีการแยกแยะภาพเสาไฟฟ้าในระบบจำหน่ายจากภาพพื้นหลังด้วยวิธี Graph Cut ร่วมกับการใช้ความรู้พื้นฐานเดิม [5] ได้แก่ 1) ไม้คอน (Cross arm) และตัวเสาเป็นเส้นตรง 2) ตัวเสาปกติจะตั้งฉากกับพื้นดิน 3) ไม้คอนและเสาตัดกันเป็นมุมฉากเสมอ และ 4) โดยทั่วๆ ไปแล้ว เสาจะมีความยาวมากกว่าไม้คอน ความรู้พื้นฐานเดิมที่นำมาใช้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนข้อมูลที่ต้องนำมาประมวลผลโดยวิธีการ Graph Cut เพื่อทำให้ระบบตอบสนองได้รวดเร็วมากขึ้น ผลที่ได้สามารถแยกแยะภาพเสาไฟฟ้าออกจากพื้นหลังได้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังคงแก้ไขปัญหาเฉพาะเสาไฟฟ้าแรงต่ำในระบบจำหน่ายเช่นเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Steger ได้เสนอวิธีการแยกเส้นโดยใช้ตัวกรองเกาส์เซียนและค้นหาจุดที่ค่าอนุพันธ์อันดับหนึ่งตามทิศทางของเวกเตอร์ไอเกนที่คู่กับค่าไอเกนที่มีค่ามากที่สุดของเมทริกซ์ Hessian ณ จุดนั้นมีค่าเป็นศูนย์ [6] ระบบที่ได้มีคุณภาพในการค้นหาเส้นที่ดี แต่เป็นระบบที่ใช้เวลาในการคำนวณมาก โดยเฉพาะกรณีที่ภาพมีขนาดใหญ่ เนื่องจากมีการคอนโวลูตแบบสองมิติ จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในระบบตามเวลาจริง (Real-Time System)

Fischler และ Bolles ได้นำเสนอวิธี RANSAC ที่สามารถแยกแยะวัตถุภายในภาพโดยการเปรียบเทียบกับแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นมาก่อนหลายๆ แบบ แล้วจึงค่อยตัดทิ้ง[7] อย่างไรก็ตาม เมื่อวัตถุมีขนาดไม่ใกล้เคียงกันกับแบบจำลอง ก็จะไม่สามารถให้คำตอบที่ถูกต้องได้

Carmichael และ Hebert ได้เสนอวิธีการค้นหาวัตถุที่เป็นโครงสร้างโปร่งในลักษณะเดียวกันกับเสาไฟฟ้าแรงสูง ด้วยการแบ่งแยกจุดของวัตถุออกจากจุดภาพพื้นหลัง [8] วิธีการดังกล่าวสามารถทำงานได้ดีในกรณีที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง วัตถุในภาพมีขนาดใหญ่เพียงพอและไม่ซับซ้อนมากนัก

Philip และ Daniel ได้เสนอวิธีการในการรู้จำวัตถุจากเส้นในภาพเปรียบเทียบกับเส้นต้นแบบ [9-11] ระบบดังกล่าวสามารถทำงานได้ดี แม้ในสภาวะที่มีการหมุนของรูป หรือมีสิ่งกีดขวางภาพก็ตาม แต่ระบบมีความซับซ้อนและต้องใช้เวลาในการคำนวณมาก จึงไม่เหมาะสำหรับระบบตามเวลาจริง

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับตรวจจับตำแหน่งเสาไฟฟ้าแรงสูงในลำดับวีดิทัศน์ ที่ได้จากกล้องบันทึก ซึ่งติดตั้งบนอากาศยานสำรวจสภาพระบบส่งไฟฟ้าแรงสูง

1.4 ขอบเขตการทำวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้จะจับภาพจากวีดิทัศน์ที่ถ่ายด้วยกล้องวีดิทัศน์ Sony FCB780 ความละเอียดภาพสูงสุด 720×576 จุดภาพ ที่ติดตั้งบนเฮลิคอปเตอร์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จาก แผนกวิศวกรรมระบบส่ง ฝ่ายปฏิบัติการภาคเหนือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เพื่อสร้างภาพนิ่งสำหรับใช้ในงานวิจัยจำนวน 1,094 ภาพ ภาพวีดิทัศน์ดังกล่าวได้จาก งานบินสำรวจแนวสายส่งไฟฟ้าแรงสูง ระหว่างสถานีไฟฟ้าแรงสูงเขื่อนภูมิพล จังหวัดตาก ไปยังสถานีไฟฟ้าแรงสูงนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์ จากนั้นจะสร้างขั้นตอนวิธี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับการตรวจจับตำแหน่งเสาไฟฟ้า แล้วจึงทดสอบและแสดงสมรรถนะการทำงานของระบบด้วยเส้นโค้ง ROC (Receiver Operating Characteristics Curve) [12]

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการการวิจัย

1.5.1 ได้ขั้นตอนวิธีที่เป็นส่วนประกอบของระบบบริหารฐานข้อมูลภาพวีดิทัศน์ และภาพนิ่งเพื่อการบำรุงรักษาระบบส่งไฟฟ้าแรงสูง

1.5.2 ได้ขั้นตอนวิธีสำหรับตรวจจับตำแหน่งภาพเสาไฟฟ้าแบบต่างๆจากภาพที่ถ่ายด้วยกล้องวีดิทัศน์จากอากาศยาน

1.5.3 ได้ขั้นตอนวิธีที่สามารถใช้เป็นส่วนประกอบ เพื่อพัฒนาไปสู่กระบวนการจัดเก็บข้อมูลอัตโนมัติด้วยกล้องวีดิทัศน์ที่ติดตั้งบนอากาศยาน

1.6 ขั้นตอนการทำวิจัย

1.6.1 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับตัวกรองแบบแยกส่วนได้ และการแปลงฮัฟ

1.6.2 รวบรวมข้อมูลภาพถ่ายที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยขอความอนุเคราะห์จาก แผนกวิศวกรรมระบบส่ง ฝ่ายปฏิบัติการภาคเหนือ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

1.6.3 สร้างระบบประมวลผลภาพเบื้องต้นและระบบแยกเส้นตรง

1.6.4 ทดลองกับข้อมูลจริง และ ศึกษาประสิทธิภาพของระบบประมวลผลภาพเบื้องต้นและระบบแยกเส้นตรง

1.6.5 วิเคราะห์ผลลัพธ์เพื่อนำไปสร้างแบบจำลองของเสาไฟฟ้าสำหรับระบบค้นหาตำแหน่ง

1.6.6 สร้างระบบตรวจจับตำแหน่งเสาไฟฟ้า

1.6.7 ทดสอบกับข้อมูลจริง และศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของระบบค้นหาตำแหน่งภาพเสาไฟฟ้า

1.6.8 วิจารณ์ และสรุปผลการวิจัย

1.6.9 จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved