

กระบวนการปรับปรุงภาพและการประยุกต์ใช้กับนิติวิทยาศาสตร์^{*}
Image restoration technique and its application to forensic science

จิราภรณ์ มั่นศิลป์^{**}

บทคัดย่อ

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์ในการปรับปรุงภาพถ่ายหรือภาพจากกล้องวงจรปิดที่มีความพร่ามัวให้มีความคมชัดมากขึ้นเพื่อใช้ในการบ่งชี้วัตถุหรือบุคคล การปรับปรุงภาพที่มีความพร่ามัวเนื่องจากการเคลื่อนที่ของวัตถุเน้นไปที่วิธีการกู่กลับ อย่างไรก็ตามในกรณีของการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วและมุมกล้องที่แตกต่างกัน จะส่งผลให้วิธีการกู่กลับภาพที่พร่ามัวไม่สามารถทำได้ด้วยวิธีเดียว งานวิจัยนี้อาศัยการปรับแต่งบนพื้นฐานการสังเกตจากความยาวและมุมของเลนส์และโฟกัสที่ต่างกัน ซึ่งการปรับด้วยฟังก์ชันการกระจายตัวของจุดใช้กับภาพที่แตกต่างกันคือ ภาพที่ได้จากกล้องโทรทัศน์วงจรปิดและกล้องดิจิทัลนำมาปรับปรุงสัญญาณภาพให้ภาพที่คมชัดขึ้นด้วย 4 วิธีคือ ตัวกรองแบบปกติ (Regularity) ตัวกรองแบบ เวียนเนอร์ (Wiener) ตัวกรองแบบ ไบลัด คิคอน โวลูชัน (Blind Deconvolution) และ ตัวกรองแบบ ลูซี่ ริชาร์ดสัน (Lucy-Richardson) การเปรียบเทียบผลการปรับปรุงภาพทั้ง 4 วิธีนั้น ใช้วิธีการหาอัตราส่วนของสัญญาณรบกวนสูงสุด (PSNR) สำหรับวัดคุณภาพของภาพ โดยวิธีที่ให้ผลดีที่สุดในการปรับปรุงภาพที่มีความพร่ามัวให้มีความคมชัดขึ้น คือการปรับแต่งด้วยตัวกรองแบบเวียนเนอร์ (Wiener) ซึ่งภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิดให้ค่า PSNR น้อยที่สุดเป็น 12.8481 และภาพจากกล้องดิจิทัลให้ค่า PSNR น้อยที่สุดเป็น 11.4426

Abstract

This research has the objectives that adjusts the de-blurred image from digital camera and CCTV and make it to be clear in order to identify human or object. De-blurred images that have happened from movement of objects, we will use restoration method. However, in case of movement that has the difference of speed and angle, restoration method can not use alone. This research based on assumption that difference of length, angle and focus of lens. This research applied the theory of "Point spread function (PSF)". For database, digital image and image from CCTV applied for testing. In result of the research, we compare 4 methods as regularity filter, wiener filter, blind deconvolution and lucy-richardson. Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) method applied for measure quality of image. Wiener filter is the

^{*} บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ เรื่อง การฟื้นฟูภาพและการประยุกต์ใช้กับนิติวิทยาศาสตร์ โดยมี อาจารย์รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก สันต์ สุวัจน์ เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

^{**} จิราภรณ์ มั่นศิลป์ สำเร็จการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

best de-blurred that least PSNR with PSNR of 12.8481 for digital image and with PSNR of 11.4426 for CCTV image.

บทนำ

ภาพถ่ายจากสถานที่เกิดเหตุในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ เป็นเสมือนการบอกเล่าเรื่องราวของเหตุการณ์ หรือรายละเอียดที่ใช้เป็นพยานหลักฐานในการพิจารณาของศาลทำให้ทั้ง อัยการ ศาลและทนายความ มีความกระจ่างชัดในเหตุการณ์ ดังสุภาษิตจีนบทหนึ่งกล่าวว่า “ภาพเพียงภาพเดียวดีกว่าคำพูดพันคำ” (a picture says more than a thousand words) หรือในภาษิตของคนไทยที่ว่า “สิบปากว่าไม่เท่าตาเห็น” หมายความว่า การสื่อความหมายทางสายตาชัดเจนเข้าใจได้แจ่มแจ้งมากกว่าการสื่อด้วยภาษา หนังสือและคำพูด ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะการที่มนุษย์สื่อสารกันด้วยภาษาหนังสือหรือคำพูดนั้น จำเป็นที่จะต้องมีการแปลความหมายเป็นภาพจินตนาการเข้าไปในสมองเสียก่อนจึงจะทำความเข้าใจกับสิ่งเหล่านั้นได้ นอกจากนี้ภาษาหนังสือหรือคำพูดยังไม่สามารถสื่อความหมายในตัวเองได้และในการแปลความหมายก็ยังไม่แน่ว่าทุก ๆ คนจะเข้าใจถูกต้องตรงกันหรือไม่ ตัวอย่างเช่น การเล่าเหตุการณ์บางอย่างจากบุคคลที่พบเห็น 20 คน อาจจะมีเพียงไม่กี่คนที่จะสามารถสื่อเรื่องราวให้บุคคลอื่น ๆ รู้ได้ถูกต้องตามความเป็นจริงที่ต้องการ แต่สำหรับภาพถ่ายแล้ว ทุกคนที่ได้เห็นก็จะสามารถเข้าใจได้ ไม่ว่าจะเป็นชนชาติใดภาษาใด หรือแม้แต่คนที่อ่านหนังสือไม่ออก เพราะภาพถ่ายเป็นภาษาสากลที่สื่อความหมายให้เข้าใจได้โดยทางสายตา ผู้ดูสามารถเข้าใจเรื่องราวได้อย่างรวดเร็วและง่ายกว่าตัวอักษรมากมายหลายเท่าตัว

สำหรับวัตถุประสงค์ของการถ่ายภาพนั้น พอจะสรุปได้ในเบื้องต้นไว้ว่า เป็นการบันทึกเพื่อเล่าเหตุการณ์ให้แก่บุคคลอื่นที่ไม่ได้ประสบเหตุการณ์นั้นด้วยตนเอง เพราะการถ่ายภาพถือได้ว่าเป็นการบันทึกเหตุการณ์ต่าง ๆ เก็บไว้เป็นหลักฐานแทนหรือร่วมกับตัวอักษร เนื่องจากการเก็บรักษาระบบข้อมูลภายในมนุษย์มีข้อจำกัด กล่าวคือ ถึงแม้ว่ามนุษย์สามารถมองเห็นสิ่งต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี แต่มนุษย์ไม่สามารถเก็บรักษาสิ่งที่มองเห็นได้ ไม่สามารถดูซ้ำได้ตามความต้องการได้อีก ภาพที่มองเห็นก็จะสูญสลายไปในที่สุด ยิ่งไปกว่านั้นความทรงจำยังเป็นของแต่ละบุคคล อยู่ในส่วนประสาทของแต่ละบุคคล ที่ผู้อื่นไม่สามารถมองเห็นได้ ดังนั้น มนุษย์จึงค้นหาวิธีการเก็บรักษาภาพด้วยการบันทึกไว้ในวัสดุต่าง ๆ ที่มีความคงทนมากกว่าตัวของมนุษย์เอง และการบันทึกดังกล่าวต้องทำให้ผู้อื่นร่วมมองเห็นภาพนั้นด้วย จากสิ่งที่กล่าวมานี้ “ภาพถ่าย” สามารถเข้ามาตอบสนองจิตใจจำกัดในเรื่องของความทรงจำการมองเห็นของมนุษย์ได้เป็นอย่างดี ภาพถ่าย ยังสามารถสร้างความรู้สึกร่วมกันการรับรู้ร่วมกันระหว่างมนุษย์อีกด้วย เรียกได้ว่าภาพถ่ายนั้นเป็นสื่อที่สามารถข้ามได้ทั้งพื้นที่และเวลาได้อย่างแท้จริง (Chris Rojek and John Urry, 2000)

เทคโนโลยีการบันทึกภาพและระบบรักษาความปลอดภัยด้วยกล้องวงจรปิด ที่มีประสิทธิภาพสูงในปัจจุบัน ทำให้การบันทึกภาพถ่ายหรือภาพวิดีโอเป็นได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ภาพถ่ายหรือภาพวิดีโอจึงมักถูกนำมาเป็นพยานหลักฐาน ที่สำคัญอย่างหนึ่งในการสนับสนุนงานสืบสวนและ

สอบสวนของสำนักงานตำรวจแห่งชาติและหน่วยงานอื่นๆ เช่น หน่วยงานข่าวกรอง, หน่วยงานความมั่นคงของทหารเป็นต้น เพราะสามารถให้ความยุติธรรมเบื้องต้นในการพิสูจน์ความผิดหรือความบริสุทธิ์ของบุคคลที่ต้องสงสัยหรือถูกกล่าวหาได้ เนื่องจากภาพที่บันทึกจากสถานที่เกิดเหตุนั้นสามารถพิจารณาบ่งชี้ รวมถึงคาดการณ์ความเป็นไปในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างชัดเจน เพื่อประกอบการพิจารณาในชั้นศาลเพื่อมัดตัวผู้กระทำความผิดให้รับโทษตามกฎหมาย โดยให้การดำเนินการเป็นไปอย่างถูกต้องและยุติธรรม (อจณรา นาคไกรจิง, 2545)

การได้มาซึ่งพยานหลักฐานที่เป็นภาพถ่ายหรือภาพวิดีโอ นั้น แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ การได้มาดังนี้

1. ได้จากการเก็บรวบรวมจากสถานที่เกิดเหตุ ซึ่งอาจถูกบันทึกด้วยโทรทัศน์วงจรปิดในบริเวณสถานที่เกิดเหตุ(ภาพที่1) หรือมีบุคคลที่อยู่ในเหตุการณ์บันทึกเก็บไว้



ภาพที่ 1 ตัวอย่างภาพคนร้ายที่ถูกบันทึกจากโทรทัศน์วงจรปิด

ที่มา : <http://www.manager.co.th>

2. ได้จากการบันทึกขณะที่เจ้าพนักงานปฏิบัติหน้าที่ ซึ่งมักถูกบันทึกโดยเจ้าพนักงานหรือเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

บ่อยครั้งที่การบันทึกภาพถ่ายหรือภาพวิดีโอที่เป็นพยานหลักฐานนั้น ขาดความคมชัดเพียงพอที่จะบ่งชี้ถึงวัตถุหรือบุคคลเป้าหมายที่ต้องการได้ (ภาพที่ 2, 3) ทำให้การพิจารณาและการคาดการณ์ความเป็นไปในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงนั้นเป็นไปได้อย่างยากลำบาก โดยภาพที่เป็นปัญหาเหล่านั้นส่วนใหญ่มักจะเกิดปัญหาในลักษณะที่เรียกว่าพร่ามัว (Blur) ซึ่งเกิดจากหลายลักษณะ เช่น โฟกัสที่ผิดพลาดหรือความเร็วในการบันทึกภาพที่ไม่เหมาะสม ซึ่งทั้ง 2 กรณีมักเกิดจากความเร่งด่วนหรือตำแหน่งในการบันทึกภาพ



ภาพที่ 2 ตัวอย่างภาพเบลอ บันทึกขณะปล้นร้านทอง

ที่มา : <http://www.bangkokbiznews.com/home/detail/politics/politics/20090504/39121/โจรเอ็ม-16-ปล้นร้านทอง.html>



ภาพที่ 3 ตัวอย่างภาพเบลอ ขณะบุกยิงคู่อริที่พัทยา

ที่มา : <http://www.pattayadailynews.com/thai/shownews.php?IDNEWS=0000003605>

ผู้วิจัยได้มองเห็นปัญหาดังกล่าว และเล็งเห็นความเป็นไปได้ที่จะเพิ่มความคมชัดให้กับพยานหลักฐานภาพวงจรปิดในคดี ด้วยการนำเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ซึ่งมีใช้กันแพร่หลาย ในหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชน จึงเป็นที่มาในการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์ (Application Software) เพื่อทำการปรับปรุงภาพถ่ายหรือภาพวิดีโอเหล่านั้นให้มีความคมชัดขึ้น โดยสามารถนำเอาทฤษฎีการฟื้นฟูภาพดิจิทัล (Image Restoration) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสาขาวิชาคอมพิวเตอร์วิชั่น (Computer Vision) โดยรู้จักกันแพร่หลายในระบบประมวลผลรูปภาพดิจิทัล (Digital Image Processing System) มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของสื่อบันทึกดังกล่าว ให้คมชัดขึ้นเพียงพอที่จะสามารถบ่งชี้วัตถุหรือบุคคลเป้าหมายที่ต้องการ

ได้ ทำให้การพิจารณาและการคาดการณ์ความเป็นไปในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงนั้น เป็นไปได้อย่างถูกต้องมากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งตรงกับวัตถุประสงค์ของนักนิติวิทยาศาสตร์(Forensic scientis) เพื่อช่วยเพิ่มคุณค่าของข้อมูลที่เป็นอยู่มากที่สุด ส่งผลให้กระบวนการยุติธรรมมีความเที่ยงตรงถูกต้องแม่นยำมากขึ้น เป็นประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติสืบไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ประยุกต์ต้นแบบในการปรับปรุงคุณภาพของพยานหลักฐานที่เป็นสื่อบันทึกภาพถ่ายและภาพวิดีโอที่มีความพร่ามัวให้มีความคมชัดขึ้น
2. เพื่อเป็นประโยชน์ต่อเจ้าหน้าที่ในการสืบสวนสอบสวนพยานหลักฐานที่เป็นสื่อบันทึกภาพถ่ายและภาพวิดีโอที่เบลอให้มีความคมชัดขึ้น
3. เพื่อหาวิธีในการปรับปรุงคุณภาพของพยานหลักฐานที่เป็นสื่อบันทึกภาพถ่ายและภาพวิดีโอให้มีความคมชัดขึ้นและเหมาะสมกับลักษณะของภาพ
4. เพื่อศึกษาการใช้ ตัวกรองแบบปกติ (Regularity) ตัวกรองแบบ เวียนอร์ (Wiener) ตัวกรองแบบ ไบลัด ดีคอนโวลูชัน (Blind Deconvolution) และ ตัวกรองแบบ ลูซี่ ริชาร์ดสัน (Lucy-Richardson)

วิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการปรับปรุงคุณภาพของพยานหลักฐานที่เป็นสื่อบันทึกภาพถ่ายและภาพโทรทัศน์วงจรปิดจากภาพที่เบลอมีความพร่ามัวให้ชัดเจนขึ้นในบทนี้ได้กล่าวถึงโครงสร้างระบบการปรับปรุงคุณภาพของพยานหลักฐานที่เป็นสื่อบันทึกภาพถ่ายและภาพวิดีโอให้มีความคมชัดขึ้น ซึ่งประกอบด้วยโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์และ โครงสร้างทางซอฟต์แวร์

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์

โครงสร้างทางฮาร์ดแวร์สำหรับระบบการปรับปรุงคุณภาพของพยานหลักฐานที่เป็นสื่อบันทึกภาพถ่ายและภาพวิดีโอให้มีความคมชัดขึ้นจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ใน การทดสอบดังต่อไปนี้

1. ใช้ภาพที่บันทึกไฟล์สกุล JPEG

เป็นภาพที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลจำนวน 50 ภาพ ภาพนี้จากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด จำนวน 25 ภาพ และโดยภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัล 25 ภาพ

- CPU ของ Intel Centrino Duo
- 1.6 GHz ความเร็ว 1.67 GHz
- RAM 1.5 MB
- การ์ดจอ On-board

2. การกำหนดหน่วยความจำ

ใช้สำหรับเป็นหน่วยความจำเพิ่มเติมในการเก็บภาพ

3. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และมอดิเตอร์

ใช้สำหรับเขียนโปรแกรมวิเคราะห์การปรับปรุงคุณภาพของพยานหลักฐานที่เป็นสื่อบันทึกภาพถ่ายและภาพวิดีโอให้มีความคมชัดขึ้นและแสดงผลการทดสอบ

โครงสร้างทางซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ประกอบด้วย

- 1.ระบบปฏิบัติการ Microsoft WindowsXP ProfessionalVersion 2008(SP2)
- 2.โปรแกรม Matlab version 7.6.0 (R2008a)

การทดลอง

การทดสอบในวิทยานิพนธ์นี้แบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ส่วนคือ

1. การปรับปรุงภาพพรางมั่วเนื่องจากความเร็ว ในการบันทึกภาพไม่เหมาะสม ภาพทดสอบที่ซึ่งถูกใช้ในการทดลองการปรับภาพเบลออกจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสม ประกอบด้วยภาพ 50 ภาพ ในการหาคุณภาพของภาพใช้วิธี PSNR
2. การปรับปรุงภาพพรางมั่วเนื่องจากโฟกัสไม่เหมาะสม ภาพทดสอบที่ซึ่งถูกใช้ในการทดลองการปรับภาพเบลออกจากโฟกัสไม่เหมาะสม ประกอบด้วยภาพ 50 ภาพ ในการหาคุณภาพของภาพใช้วิธี PSNR
3. การปรับปรุงภาพพรางมั่วเนื่องจากเลนส์ไม่เหมาะสม ภาพทดสอบที่ซึ่งถูกใช้ในการทดลองการปรับภาพเบลออกจากโฟกัสไม่เหมาะสม ประกอบด้วยภาพ 50 ภาพ ในการหาคุณภาพของภาพใช้วิธี PSNR
4. การปรับปรุงภาพพรางมั่วเนื่องจากความเร็ว ในการบันทึกภาพไม่เหมาะสมและสัญญาณรบกวน ภาพทดสอบที่ซึ่งถูกใช้ในการทดลองการปรับภาพเบลออกจากการความเร็ว ในการบันทึกภาพไม่เหมาะสมและเกิดสัญญาณรบกวน ประกอบด้วยภาพ 50 ภาพ ในการหาคุณภาพของภาพใช้วิธี PSNR

รายละเอียดของระบบที่ใช้ทดสอบ

ในการทดสอบได้แบ่งรายละเอียดของการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ รายละเอียดทางฮาร์ดแวร์และรายละเอียดทางซอฟต์แวร์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 รายละเอียดของระบบที่ใช้ทดสอบ

Hardware	Micro-Computer	Processor	Intel Centrino Duo1.6 GHz
		Memory	2.2 GB of RAM
	Database Input	Image	50 ภาพ
Software	Operating System	Windows	Version 2008
	Program Simulation	Matlab	Version 7.6.0

ไฟล์ข้อมูลที่ใช้ในงานวิจัย

ภาพทดสอบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้นำมาจาก 50 ภาพทั้งหมดอยู่ในรูปแบบไฟล์ .JPG

ตารางที่ 2 แสดงรูปแบบไฟล์ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2

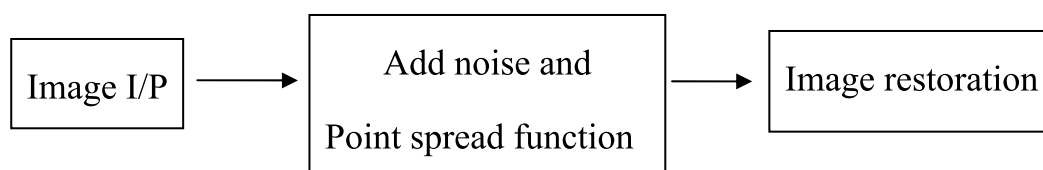
ประเภทภาพ	ขนาดของภาพ	ชนิดของภาพ	ข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบระบบ (ไฟล์)
1. ภาพร่ามัวจากโทรทัศน์วงจรปิด	256×256	.JPG	25
2. ภาพร่ามัวจากกล้องดิจิตอล	256×256	.JPG	25

ตารางที่ 3 แสดงรูปแบบข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดสอบส่วนที่ 2

Items	Configuration
Image memory	- Size 256×256 pixels - Color image
CPU	- Intel core 2 duo 2.2 GHz - 2 RAM MB
Software	- Mathlab v.7.6.0
Training data	- ภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด 25 ภาพ - ภาพจากกล้องดิจิตอล 25 ภาพ

โครงสร้างของระบบ

การทำงานของโปรแกรมเป็นลักษณะของ Application จะทำงานแบบ Stand alone ที่สามารถเปิดไฟล์รูปภาพประเภท JPEG, GIF, TIFF, BMP ได้จากแฟ้มข้อมูลหลังจากนั้นทำการใส่ฟังก์ชันที่ทำให้ภาพร่ามัว(Blur) แล้วปรับปรุงภาพเบลอซึ่งสามารถบันทึกผลที่ได้ลงไปแฟ้มข้อมูล ได้ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 โครงสร้างของระบบ

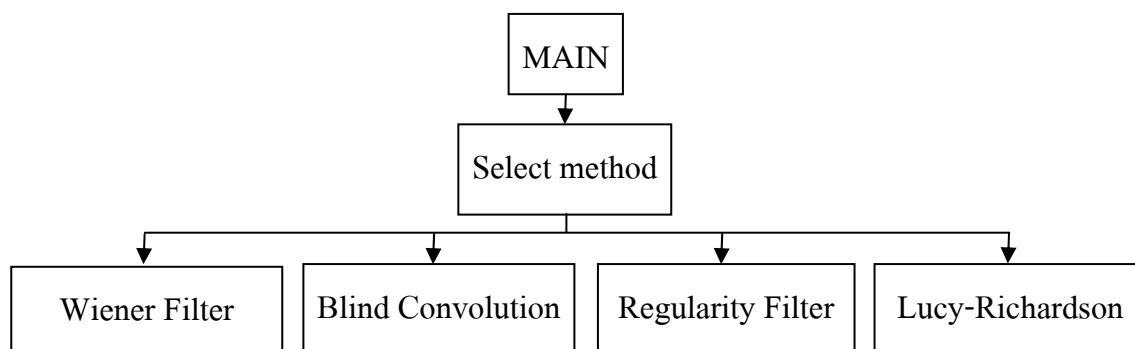
โครงสร้างโปรแกรมเพื่อใช้ในการฟื้นฟูปรับปรุงคุณภาพของภาพ

1. Menu Bar สำหรับเลือกภาพอินพุต
2. Menu Bar สำหรับเก็บเลือกวิธีการปรับปรุงภาพเบลอ
3. Menu Bar สำหรับเก็บเลือกลักษณะของสัญญาณรบกวนหรือฟังก์ชันการกระจายของจุด (Point Spread Function)
4. Output Area สำหรับเก็บคำสั่งที่ใช้ในการแสดงรูปภาพ

องค์ประกอบ และ ความต้องการของระบบ

องค์ประกอบที่ใช้ประมวลผลโปรแกรมการปรับปรุงภาพเบลอนี้จะใช้องค์ประกอบใดก็ได้เนื่องจากโปรแกรมนี้นี้ถูกพัฒนาจากโปรแกรม Matlab

แผนผังคลาสของโปรแกรม



ภาพที่ 5 โปรแกรมปรับปรุงภาพเบลอ

วิธีและขั้นตอนที่ใช้ในการปรับปรุงภาพ

สำหรับวิธีและขั้นตอนในการปรับปรุงภาพพรมัว(Blur)ให้ชัดเจนขึ้นได้เลือกใช้ 4 เทคนิคคือ ตัวกรองแบบปกติ (Regularity) ตัวกรองแบบ เวียนอร์ (Wiener) ตัวกรองแบบ ไบล์ด คีคอน วอลูชัน (Blind Deconvolution) และ ตัวกรองแบบ ลูซี่ ริชาร์ดสัน (Lucy-Richardson)

วิธีการประเมินผลคุณภาพของภาพ

ในส่วนของการทดลองเพื่อวัดประสิทธิภาพของวิธีการที่ได้นำเสนอ กระทำโดยการหาอัตราส่วนของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนสูงสุด Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่บ่งบอกถึงคุณภาพที่เปลี่ยนระหว่างรูปภาพสองภาพมาใช้ในการเปรียบเทียบที่สภาวะต่าง ๆ กัน ซึ่งกำหนดโดย

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} (b/\text{RMSE})$$

เมื่อ b คือ ค่าสูงสุด ในการทดลองนี้เราใช้ภาพต้นฉบับเป็นภาพสี RGB ดังนั้น b จึงมีค่าเท่ากับ 256 ส่วนค่า RMSE คือค่า Root Mean Square Error ซึ่งกำหนดโดย

$$\text{RMSE}^2 = \text{MSE}$$

$$\text{โดยที่ } \text{MSE} = (1/MN) \left[\sum_m \sum_n |I(m,n) - I_w(m,n)|^2 \right]$$

เมื่อ $M \times N$ คือ จำนวนพิกเซลทั้งหมดของภาพ

$I(m,n)$ คือ ค่าพิกเซล (m,n) ของภาพต้นฉบับ

$I_w(m,n)$ คือ ค่าพิกเซล (m,n) ของภาพที่ปรับปรุงแล้ว

การปรับปรุงภาพพรมัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสม

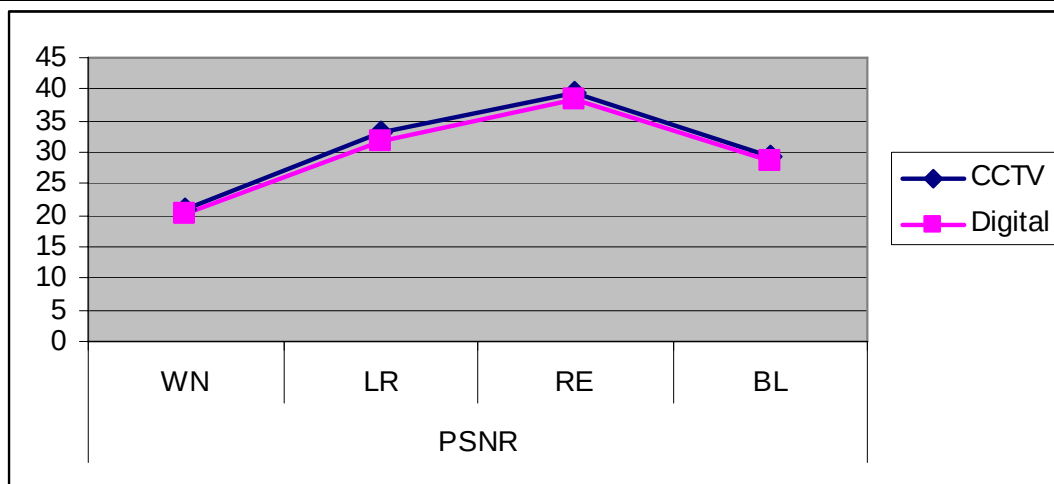
ในการทดสอบนี้ปรับค่า LEN พารามิเตอร์อยู่ในช่วง 5-45 ที่ซึ่งเพิ่มขึ้นทีละห้า และ ปรับค่า THETA พารามิเตอร์อยู่ในช่วง 5-13 ทั้งสองพารามิเตอร์สร้างโดยการใช้ฟังก์ชัน fspecial ในโปรแกรม Matlab ที่ซึ่งเพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง สำหรับข้อมูลในการทดสอบใช้ภาพทดสอบ 25 ภาพ โดยแบ่งเป็นภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด 25 ภาพ และ จากกล้องดิจิทัล 25 ภาพ ในการเปรียบเทียบคุณภาพของภาพใช้วิธี PSNR และ 4 วิธีในการปรับภาพพรมัวให้ชัดเจนขึ้น คือ ตัวกรองแบบปกติ (Regularity) ตัวกรองแบบเวียนอร์ (Wiener) ตัวกรองแบบ ไบลด์ คอนโวลูชัน (Blind Deconvolution) และ การใช้ตัวกรองแบบลูซี่ ริชาร์ดสัน (Lucy-Richardson)

ตารางที่ 4 การปรับปรุงภาพพรมัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสม โดยใช้ภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด

	PSNR			
	WN	LR	RE	BL
CCTV	21.0696	32.9697	39.3933	29.1294

ตารางที่ 5 การปรับปรุงภาพพรางมั่วเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสม โดยใช้ภาพจากกล้องดิจิทัล

	PSNR			
	WN	LR	RE	BL
Digital	20.0668	31.7097	38.3320	28.5222



ภาพที่ 6 เปรียบเทียบการปรับปรุงภาพพรางมั่วเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสม ระหว่างกล้องโทรทัศน์วงจรปิดและดิจิทัล

การปรับปรุงภาพพรางมั่วเนื่องจากโฟกัสไม่เหมาะสม

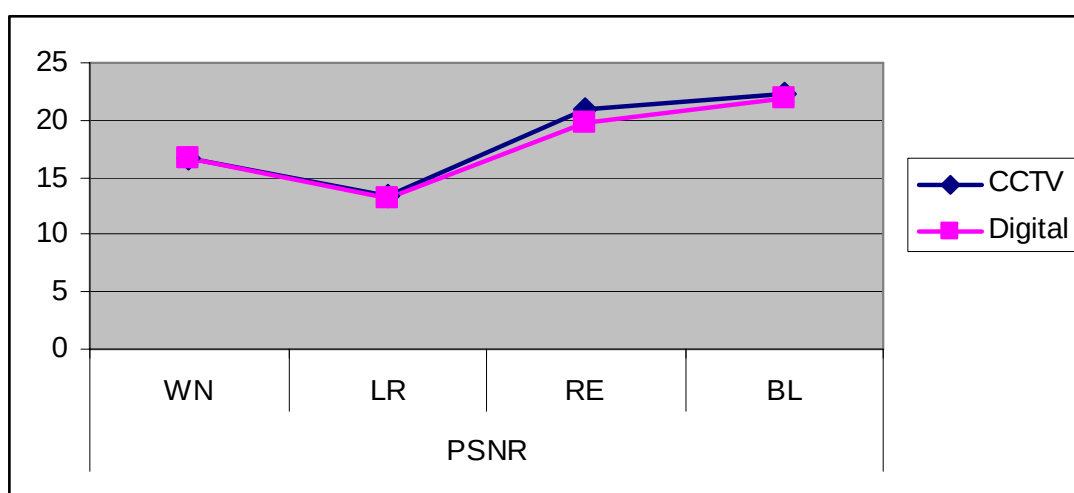
ในการทดสอบนี้ปรับค่า LEN พารามิเตอร์อยู่ในช่วง 5-45 ที่ซึ่งเพิ่มขึ้นทีละห้า โดยที่คูณ 2 ให้กับช่วงที่ช่วงบน LEN พารามิเตอร์ และ ปรับค่า THETA พารามิเตอร์อยู่ในช่วง 5-13 ที่ซึ่งเพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง ทั้งสองพารามิเตอร์สร้างโดยการใช้ฟังก์ชัน fspecial ใน โปรแกรม Matlab สำหรับข้อมูลในการทดสอบใช้ภาพทดสอบ 50 ภาพ โดยแบ่งเป็นภาพจากกล้อง CCTV 25 ภาพ และ จากกล้องดิจิทัล 25 ภาพ ในการเปรียบเทียบใช้วิธี PSNR สำหรับเปรียบเทียบ 4 วิธีในการปรับภาพพรางมั่วคือ ตัวกรองแบบปกติ (Regularity) ตัวกรองแบบ เวียนเนอร์ (Wiener) ตัวกรองแบบ ไบลด์ คอนโวลูชัน (Blind Deconvolution) และ การใช้ตัวกรองแบบ ลูซี่ ริชาร์ดสัน (Lucy-Richardson)

ตารางที่ 6 การปรับปรุงภาพพรางมั่วเนื่องจากโฟกัสไม่เหมาะสมโดยใช้ภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด

	PSNR			
	WN	LR	RE	BL
CCTV	16.6477	13.3261	20.9145	22.3263

ตารางที่ 7 การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากโฟกัสไม่เหมาะสมโดยใช้ภาพจากกล้องดิจิทัล

	PSNR			
	WN	LR	RE	BL
Digital	16.5921	13.1173	19.8074	21.9803



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบการปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากโฟกัสไม่เหมาะสมระหว่างกล้องโทรทัศน์วงจรปิดและกล้องดิจิทัล

การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากเลนส์ไม่เหมาะสม

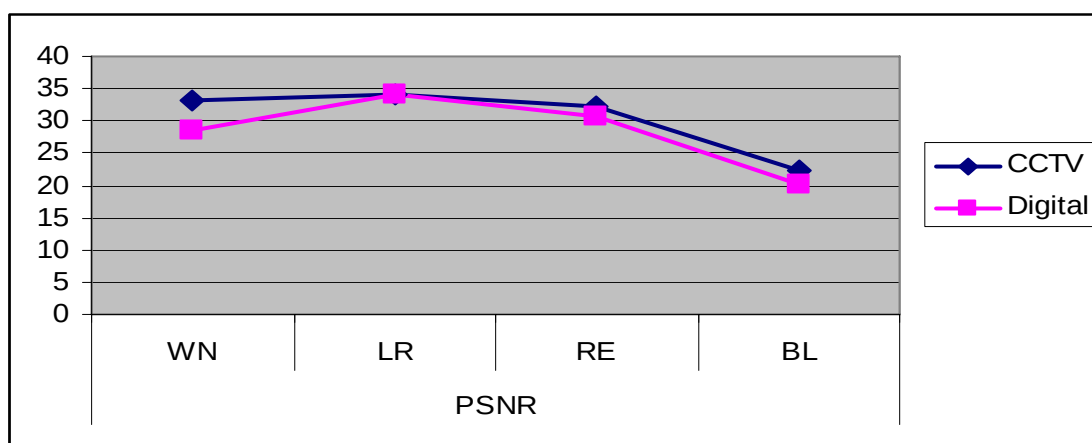
ในการทดสอบนี้ปรับค่า LEN พารามิเตอร์อยู่ในช่วง 5-45 ที่ซึ่งเพิ่มขึ้นทีละห้า และปรับค่า THETA พารามิเตอร์อยู่ในช่วง 5-13 โดยที่คูณ 2 ให้กับช่วงที่ช่วงบน THETA พารามิเตอร์ ที่ซึ่งเพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง ทั้งสองพารามิเตอร์สร้างโดยการใช้ฟังก์ชัน fspecial ในโปรแกรม Matlab สำหรับข้อมูลในการทดสอบใช้ภาพทดสอบ 50 ภาพ โดยแบ่งเป็นภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด 25 ภาพ และภาพจากกล้องดิจิทัล 25 ภาพ ในการเปรียบเทียบคุณภาพของภาพใช้วิธี PSNR สำหรับเปรียบเทียบ 4 วิธีในการปรับภาพพรางมัวคือ ตัวกรองแบบปกติ (Regularity) ตัวกรองแบบ เวียนเนอร์ (Wiener) ตัวกรองแบบ ไบส์ คีคอนโวลูชัน (Blind Deconvolution) และ การใช้ตัวกรองแบบ ลูซี่ ริชาร์ดสัน (Lucy-Richardson)

ตารางที่ 8 การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากเลนส์ไม่เหมาะสมโดยใช้ภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด

	PSNR			
	WN	LR	RE	BL
CCTV	33.3193	34.1222	32.1606	22.3299

ตารางที่ 9 การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากเลนส์ไม่เหมาะสมโดยใช้ภาพจากกล้องดิจิทัล

	PSNR			
	WN	LR	RE	BL
Digital	28.5556	33.9822	30.6090	20.0121



ภาพที่ 8 เปรียบเทียบการปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากเลนส์ไม่เหมาะสมระหว่างภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด และกล้องดิจิทัล

การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสมและสัญญาณรบกวน

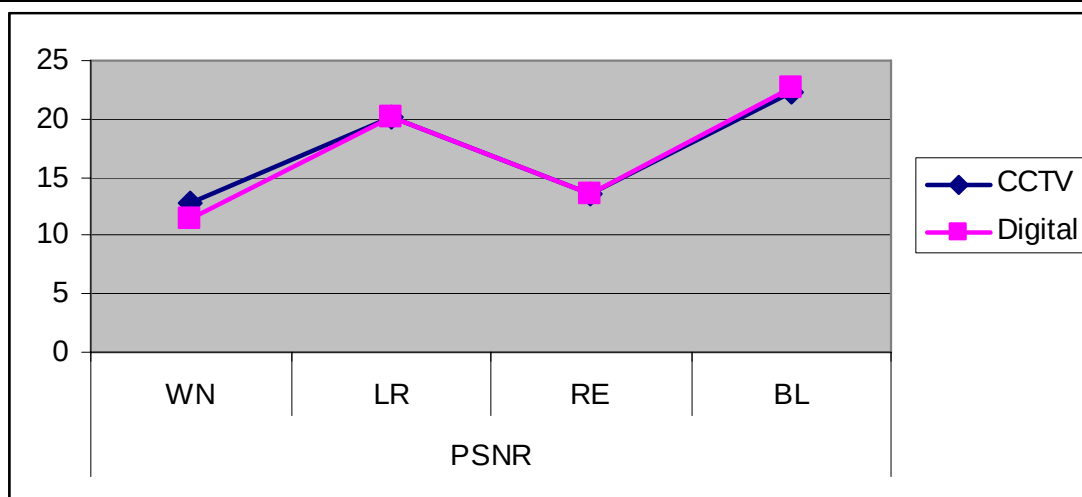
ในการทดสอบนี้ปรับค่า LEN พารามิเตอร์อยู่ในช่วง 5-45 ที่ซึ่งเพิ่มขึ้นทีละห้า และ ปรับค่า THETA พารามิเตอร์อยู่ในช่วง 5-13 ที่ซึ่งเพิ่มขึ้นทีละหนึ่ง ทั้งสองพารามิเตอร์สร้างโดยใช้ฟังก์ชัน fspecial ในโปรแกรม Matlab ซึ่งในแต่ละการทดสอบเพิ่มสัญญาณรบกวนเข้าไปด้วย โดยใช้ฟังก์ชัน imadd ในโปรแกรม Matlab ในการสร้าง สำหรับข้อมูลในการทดสอบใช้ภาพทดสอบ 50 ภาพ โดยแบ่งเป็นภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด 25 ภาพ และ จากกล้องดิจิทัล 25 ภาพ ในการเปรียบเทียบเราใช้วิธี PSNR สำหรับเปรียบเทียบ 4 วิธีในการปรับภาพพรางมัวคือ ตัวกรองแบบปกติ (Regularity) ตัวกรองแบบ เวียนเนอร์ (Wiener) ตัวกรองแบบ ไบลด์ คีคอนโวลูชัน (Blind Deconvolution) และ การใช้ตัวกรองแบบ ลูซี่ ริชาร์ดสัน (Lucy-Richardson)

ตารางที่10 การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสมและสัญญาณรบกวนโดยใช้ภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด

	PSNR			
	WN	LR	RE	BL
CCTV	12.8481	20.1034	13.6589	22.3354

ตารางที่ 11 การปรับปรุงภาพพรา้มัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสมและสัญญาณรบกวนโดยใช้ภาพจากกล้องดิจิตอล

	PSNR			
	WN	LR	RE	BL
Digital	11.4426	20.0826	13.6249	22.6649



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบการปรับปรุงภาพพรา้มัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสมและสัญญาณรบกวนระหว่างกล้องโทรทัศน์วงจรปิดและ ดิจิตอล

ผล/สรุปผลการวิจัย

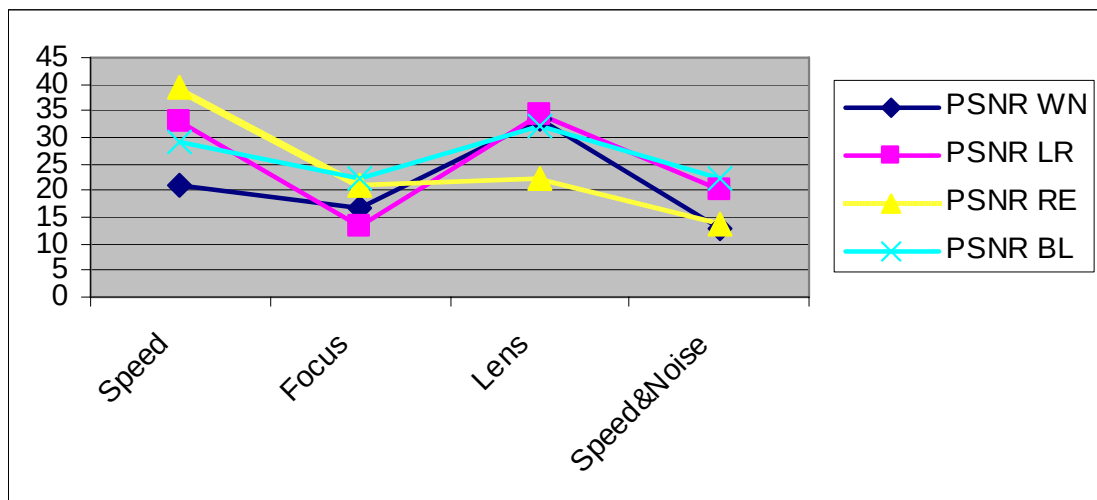
ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการปรับปรุงภาพที่ได้จากกล้องโทรทัศน์วงจรปิดและกล้องดิจิตอลโดยทำภาพให้เกิดการพรา้มัวจาก 4 กรณี คือภาพพรา้มัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสม, ภาพพรา้มัวเนื่องจากโฟกัสไม่เหมาะสม, ภาพพรา้มัวเนื่องจากเลนส์ไม่เหมาะสม, ภาพพรา้มัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสมและสัญญาณรบกวน ด้วยวิธี Degrade function แล้วปรับปรุงภาพที่พรา้มัวให้คมชัดด้วยตัวกรอง 4 ตัวกรองคือ Wiener filter, The Blind Deconvolution filter, regularized filter, Lucy-Richardson filter จากนั้นนำมาทดสอบคมชัดด้วยวิธี Peak Signal to Noise Ratio (PSNR) ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานที่บ่งบอกถึงคุณภาพที่เปลี่ยนระหว่างรูปภาพสองภาพ

ผลการปรับปรุงภาพพรา้มัว ปรากฏดังนี้

กล้องโทรทัศน์วงจรปิด

ผลการทดลองภาพจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด พบว่าในการทดสอบที่ 1 การปรับปรุงภาพพรา้มัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสม วิธีตัวกรองแบบเวียนเนอร์ (Wiener) ให้ผล PSNR

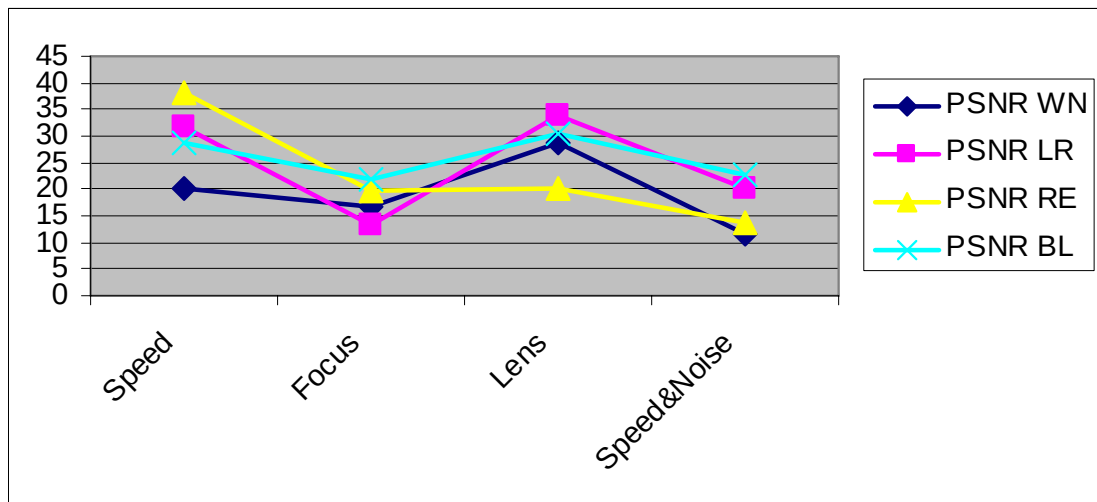
ดีที่สุด PSNR = 21.0696 ในการทดสอบที่ 2 การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากโฟกัสไม่เหมาะสม วิธีตัวกรองแบบลูซี่ ริชาร์ดสัน(Lucy-Richardson) ให้ผล PSNR ดีที่สุด PSNR = 13.3261 ในการทดสอบที่3 การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากเลนส์ไม่เหมาะสม วิธีตัวกรองแบบไบลด์ ดิคอนโวลูชัน (Blind Deconvolution) จะให้ผล PSNR ดีที่สุด PSNR = 23.3299 ในการทดสอบที่ 4 การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสมและสัญญาณรบกวน วิธี ตัวกรองแบบ เวียนเนอร์ (Wiener) จะให้ผล PSNR ดีที่สุด PSNR = 12.8481



ภาพที่ 10 เปรียบเทียบการปรับปรุงภาพพรางมัวจากกล้องโทรทัศน์วงจรปิด

กล้องดิจิทัล

ผลการทดลองภาพจากกล้องดิจิทัล พบว่าในการทดสอบที่1 การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสม วิธีตัวกรองแบบเวียนเนอร์(Wiener)ให้ผล PSNR ดีที่สุด PSNR = 20.0668 ในการทดสอบที่ 2 การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากโฟกัสไม่เหมาะสม วิธีตัวกรองแบบลูซี่ ริชาร์ดสัน(Lucy-Richardson) ให้ผล PSNR ดีที่สุด PSNR = 13.1173 ในการทดสอบที่3 การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากเลนส์ไม่เหมาะสม วิธีตัวกรองแบบไบลด์ ดิคอนโวลูชัน (Blind Deconvolution) จะให้ผล PSNR ดีที่สุด PSNR = 20.0121 ในการทดสอบที่ 4 การปรับปรุงภาพพรางมัวเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสมและสัญญาณรบกวน วิธีตัวกรองแบบ เวียนเนอร์ (Wiener) จะให้ผล PSNR ดีที่สุด PSNR = 11.4426



ภาพที่ 11 เปรียบเทียบการปรับปรุงภาพพรางม้าจากกล้องดิจิทัล

ข้อจำกัดการวิจัย

ปัญหาของภาพที่เกิดขึ้น คือภาพที่ได้จากกล้องโทรทัศน์วงจรปิดและกล้องดิจิทัลโดยการทดลองได้ทำภาพให้เกิดการพรางม้าจาก 4 กรณี คือภาพพรางม้าเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสม, ภาพพรางม้าเนื่องจากโฟกัสไม่เหมาะสม, ภาพพรางม้าเนื่องจากเลนส์ไม่เหมาะสม, ภาพพรางม้าเนื่องจากความเร็วในการบันทึกภาพไม่เหมาะสมและสัญญาณรบกวน โดยจากสถานการณ์จริงมักมีมากกว่า 4 กรณีที่ได้ทำการทดลอง

ภาพต้นฉบับที่จะนำมาปรับปรุงต้องมีรายละเอียดเพียงพอที่จะนำมาแก้ไข

ข้อเสนอแนะ

ในแต่ละปัญหาของภาพพรางม้า จะมีวิธีการปรับปรุงภาพแตกต่างกันออกไป จากการทดลองภาพจากกล้องดิจิทัลจะเป็นภาพที่มีปัญหาจากการเคลื่อนที่ การสั่นไหวของตัวกล้อง ส่วนภาพที่ได้จากโทรทัศน์วงจรปิดจะเป็นภาพที่มีปัญหาจากเลนส์และจากโฟกัสของเลนส์ ซึ่งวิธี Wiener filter สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพเมื่อทราบคุณลักษณะของความถี่ของภาพ และสัญญาณรบกวนที่ถูกเพิ่มเข้าไป เฉพาะภาพที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของตัวกล้องหรือภาพที่ได้จากกล้องดิจิทัล วิธี The Blind Deconvolution สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพเมื่อไม่ทราบการสูญเสียข้อมูลในภาพ เหมาะกับการใช้เมื่อภาพมีปัญหาเนื่องจากเลนส์กล้อง Regularized filter สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพเมื่อข้อมูลเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนถูกจำกัด วิธี Lucy-Richardson สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพเมื่อทราบ PSF แต่ทราบเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนที่ถูกเพิ่ม เหมาะกับการใช้ในภาพที่หลุดจากโฟกัส

ข้อเสนอแนะครั้งต่อไป

จากผลการทดสอบในงานวิจัยนี้ยังให้ผลที่ยังมีความผิดพลาดอยู่ ซึ่งเสนอแนวทางการปรับปรุงและพัฒนาได้ดังนี้คือ

1. ใช้เครื่องมือปรับปรุงคุณภาพภาพให้เหมาะสมกับแต่ละปัญหา
2. พัฒนาการปรับปรุงคุณภาพของภาพ เพื่อทดสอบกับระบบการกรองแบบปกติ (Regularity)

ตัวกรองแบบ เวียนเนอร์ (Wiener) ตัวกรองแบบ ไบลด์ คอนโวลูชัน (Blind Deconvolution) และ ตัวกรองแบบ ลูซี่ ริชาร์ดสัน (Lucy-Richardson)

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

ภัทรพร อมรไชย. “ปัจจัยที่มีผลต่อความผูกพันต่อองค์กรของข้าราชการตำรวจกองพิสูจน์หลักฐาน.”

วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2544.

สฤณี สืบพงษ์ศิริ. “การจดบันทึก การค้นหา การเก็บรักษาวัตถุพยาน.” เอกสารประกอบการสอนฉบับนักศึกษาคณะ

อรรถา นาคไธสง. “ทักษะของพนักงานสอบสวนที่มีต่อการปฏิบัติงานของผู้ตรวจพิสูจน์ยาเสพติด

กองพิสูจน์หลักฐาน: ศึกษากรณีพนักงานสืบสวนสอบสวนในกองบังคับการตำรวจนครบาล 1-9.” วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ คณะสังคมสงเคราะห์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2545.

ภาษาอังกฤษ

Akhaee, M.A. Ameri, A., and Marvasti, F.A. (2005). Speech Enhancement by Adaptive Noise Cancellation in the Wavelet Domain. IEEE Int. Conf. Communications and Signal Processing.: 719-723.

B. Basle, A. Blake, and A. Zisserman. Motion deblurring and superresolution from an image sequence. In *ECCV*, 1996.

Christiansen, R. W., Chabries, D. M., and Andersen, D. (1985). Noise reduction in speech using a modified LMS adaptive predictive filter. IEEE Anal. Conf. Medicine and Biology Society.: 1100-1102.

C. Mayntz and T. Aach. Blur identification using a spectral inertia tensor and spectral zeros. IEEE image processing, 2:885–889, 1999.

-
- D. Kundur and D. Hatzinakos. Blind image deconvolution. *IEEE signal processing magazine*, 13(3) : 43–64, 1996.
- D. Kundur and D. Hatzinakos. Blind image deconvolution. *IEEE Signal Processing Magazine*, 1996.
- Gonzalez, R. C. and Woods, R. E. *Digital Image Processing*. USA : Prentice-Hall, 2002.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E. and Eddins, S. L. *Digital Image Using MATLAB Processing*. USA : Prentice-Hall, 2004.
- Howard Kaufman and A. Murat Tekalp. Survey of estimation techniques in image restoration. *IEEE control systems magazine*, 11(1):16–24, January 1991.
- M. Ben-Ezra and S. K. Nayar. Motion-based motion deblurring. *PAMI*, 2004.
- Mohsen Ebrahimi Moghaddam and Mansour Jamzad. Motion blur identification in noisy images using fuzzy sets. pages 862–866.
- Nachaiyaphum, K., Sujitjorn, S., and Rugmai, S. (2008). Adaptive Wiener Filter Based Numerical Filter with an Application to Beam Position Monitoring. *WSEAS Trans. Electronics*. 2(5): 40-52.
- R. Lokhande, K.V. Arya, and P. Gupta. Identification of parameters and restoration of motion blurred images. pages 301–315, April 2006.
- Young, I. T., Gerbrands, J. J. and Van Vliet, L. J. *Smoothing Operations : Image Processing*2003 [cited 2006 April 20]. Available from : URL :<http://www.ph.tn.tudelft.nl/Courses/FIP/noframes/fip-Smoothin.html>