

เอกสารอ้างอิง

1. CIPA. (2011). **Camera & Imaging Products Association**. Retrieved February 28, 2011, from <http://www.cipa.jp/english/data/index.html>
2. Lisa G. Brown. (1992). A survey of image registration techniques. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, 24(4), 325-276.
3. J.B. Antoine Maintz and Max A.Viergever. (1998). A survey of medical image registration. **Medical Image Analysis**, 2(1), 1-36.
4. Sun, Bojiao and Zhou, Donghua. (2007). A Rotated Image Matching Method Based on CISD. **Proceedings of the 4th international symposium on Neural Networks: Advances in Neural Networks**. (pp. 1346-1352). Nanjing, China: Springer-Verlag.
5. George Wolberg and Siavash Zokai. (2000). Robust image registration using log-polar transform. **In Proc. IEEE Int. Conf. image processing**. (pp. 493-496). Vancouver, BC, Canada: The Institute of Electrical and Electronics Engineers.
6. Gonzalez. Woods. Eddins. (2003). **Digital Image Processing Using Matlab**. New Jersey: Prentice-Hall.
7. Wilhelm Burger Mark James Burge. (2008). **Digital Image Processing An Algorithmic Introduction using Java First Edition**. New York: Springer Science+Business Media, LLC.
8. C. H. Edwards, JR. and David E. Penney. (1982). **Calculus and Analytic Geometry**. New Jersey: Prentice-Hall.
9. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2553). ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน. ค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2553, จาก <http://th.wikipedia.org/wiki/ระบบพิกัดคาร์ทีเซียน>
10. วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2553). Polar coordinate. ค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2553, จาก http://th.wikipedia.org/wiki/Polar_coordinate
11. LVB Research. (2010). **Pattern Matching and Pattern Recognition**. Retrieved August 1, 2010, from <http://lvb-research.blogspot.com/2010/05/brief-history-of-stars-part-one.html>.
12. LEOW Wee Kheng. (2010). **Medical Image Analysis and Applications**. Retrieved August 1, 2010, from <http://www.comp.nus.edu.sg/~vision/research/research.html>

13. SITS. (2010). **Remote Sensing services**. Retrieved August 1, 2010, from <http://www.siddhi-its.in/remote-sensing.html>
14. Seinsider. (2010). **Electronic Distortion Correction**. Retrieved August 1, 2010, from <http://seinsider.com/?tag=ov9715-cmos-image-sensor>
15. Physorg. (2010). **Smart projectors do not require artificial canvases**. Retrieved August 1, 2010, from <http://www.physorg.com/news2790.html>
16. Dek-d. (2010). **Motion blur**. Retrieved August 1, 2010, from <http://writer.dek-d.com/dek-d/writer/viewlongc.php?id=554045&chapter=20>.
17. Siddhantahuja. (2010). **Correlation based similarity measures summary**. Retrieved August 1, 2010, from <http://siddhantahuja.wordpress.com/2010/04/11/correlation-based-similarity-measures-summary/>
18. T. Kanade, H. Kano, and S. Kimura. (1995). Development of a video-rate stereo machine. **Intelligent Robots and Systems 95. 'Human Robot Interaction and Cooperative Robots', Proceedings. 1995 IEEE/RSJ International Conference on.** (pp. 95-100). Pittsburgh, PA, USA: IEEE Computer Society.
19. F. Martin McNEILL. Ellen Thro. (1994). **Fuzzy Logic a Practical Approach**. London:Acadic Press.
20. Charles Schuler, Mahesh Chugani. (2005). **Digital Signal Processing a Hands-on Approach**. New York: McGraw-Hill.
21. Charles L. Phillips, John M. Parr and Eve A. Riskin. (2003). **Signals, Systems, and Transforms Third Edition**. New Jersey: Prentice Hall.
22. อำนาจ เพ็ชรพล และ สนั่น ศรีสุข. (2548). การรู้จำวัตถุโดยใช้เฮาซคอร์ฟดิสแทนซ์แบบหลายมิติ. นำเสนอผลงานที่การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 28, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ.
23. Philippe Thevenaz, Urs E. Ruttimann, and Michael Unser. (1998). A pyramid approach to subpixel registration based on subpixel registration based on intensity. **IEEE Transactions on image processing**, 7(1), 27-41.
24. Siavash Zokai and George Wolberg. (2005). Image Registration Using Log-Polar Mapping for Recovery of large -Scale Similarity and Projective Transformations. **IEEE Transactions on image processing**, 14(10), 1442-1434.

25. Wai kit Wong, Chee Wee Choo, Chu Kiong Loo and Joo Peng. (2008). The FPGA Implementation of Log-polar Mapping. **Mechatronics and Machine Vision in Practice, 2008. M2VIP 2008. 15th International Conference on.** (pp. 45-50). New Zealand: Auckland.
26. Yun Zhang and Chee-Hung Henry Chu. (2011). Ray Projection for Recovering Projective Transformations and Illumination Changes. **IEEE Transactions on Pattern analysis and machine intelligence**, 33(3), 446 - 458.
27. Yun Zhang and Chee-Hung Henry Chu. (2010). One-Dimensional Mapping for Estimating Projective Transformations. **IEEE Transactions on image Processing**, 19(21), 3049 - 3058.
28. Yun Zhang and Henry Chu. (2007). One-dimensional mapping for recovering large scale projective transformations. **Proceedings IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing.** (pp. 1021-1024). Honolulu, Hawaii: IEEE Press.
29. rancesco M. Panerai, Carla Capurro and Giulio Sandini. (1995). Space Variant Vision for an Active Camera Mount. **In Proc. SPIE AeroSense95.** (pp. 284-296). Orlando, FL, USA: SPIE.
30. Whilhelm Burger, Mark J. Burge. (2008). **Digital Image Processing an Algorithmic Introduction Using Java.** New York: Springer.
31. Bazi, Yakoub and Bruzzone, Lorenzo and Melgani, Farid. (2007). Image thresholding based on the EM algorithm and the generalized Gaussian distribution. **Pattern Recognition**, 40(2), 619-634.
32. James Z. Wang Research Group. (2010). **Low resolution web-crawled misc database used in WBIS.** Retrieved September 10, 2010. From <http://wang.ist.psu.edu/docs/home.shtml>
33. CALTECH. (2010). **CALTECH image databases.** Retrieved September 10, 2010. from <http://www.vision.caltech.edu/archive.html>

ภาคผนวก

การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์ระดับชาติ

1. สุพจน์ ชาวหนอง สิริภัทร เชี่ยวชาญวัฒนา และคำรณ สุนัฒิ. 2554. การชดเชยค่าความสว่างที่ต่างกันของภาพ โดยใช้โมเดลสี HSV เพื่อการจดจำภาพ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิต ครั้งที่ 12 (The 12th Graduate Research Conference 2011). 28 มกราคม 2554: อาคารวิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 239-245.

การชดเชยค่าความสว่างที่ต่างกันของภาพ โดยใช้โมเดลสี HSV เพื่อการจดจำภาพ
Image Brightness Compensation Using HSV Model for Image Registration

สุพจน์ ชาวนอน (Supot Chaosong)* สิริภัทร เขียวชาญ โฉม (Sirapat Chiewchanwanasa)**
กัมรณ สุปกิจ (Khamron Sunat)***

บทคัดย่อ

การจดจำภาพด้วยวิธีการวัดความคล้ายของภาพโดยการแปลงข้อมูลให้อยู่ในพิกัดเชิงขั้วเป็นวิธีการแปลงโคจรซึ่งใช้ข้อมูลภาพแบบปกติได้ง่ายต่อการพิจารณา การเปลี่ยนแปลงของภาพ หลังการทำงาน ได้ไม่เต็มเมื่อชุดข้อมูลมีความสว่างของภาพเปลี่ยนไป ดังนั้นการชดเชยค่าความสว่างจึงเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญในการพิจารณาการจดจำภาพ บทความนี้จึงได้เสนอการชดเชยค่าความสว่าง โดยใช้วิธีการวิเคราะห์โมเดลสี คือ โมเดลสี HSV ซึ่งเป็นวิธีการที่ช่วยชดเชยค่าความสว่างที่มีความซับซ้อนน้อยแต่ช่วยให้การพิจารณาการจดจำภาพมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นจากผลการทดลองจะเห็นว่าวิธีการที่ได้นับเสนอสามารถพิจารณาการจดจำภาพที่มีความสว่างแตกต่างกันได้ดีขึ้นกว่าวิธีการแบบเดิม

ABSTRACT

Image recognition is able to handle the variation of the images by transforming the original image to the polar coordinate. However, it does not work well when the brightness of the target images is differ from the one of the original images. Hence, the compensation of brightness before recognition is necessary. This paper addresses this problem by analyzing the image data in the HSV color model. The proposed process is not only uncomplicated but also the recognition rate is increased accordingly. The experimental results conducted on the set of images varying brightness show that the recognition rate of the proposed method is better than that of the existing methods.

คำนำถ้อย: การชดเชยค่าความสว่าง โมเดลสี HSV การจดจำภาพ

Key Words: Brightness compensation, HSV model, Image registration

* ภาคนิเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีและสหพัฒนพิบูล ราชวิทยาลัยราชสมเฐน นครศรีธรรมราช และวิทยาลัยเทคโนโลยีและสหพัฒนพิบูล

** ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

*** ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทนำ

การประมวลผลภาพ เป็นงานที่มีบทบาทสำคัญในด้านต่าง ๆ มากมาย โดยครอบคลุมงานด้านการจดจำภาพ (Image registration) เช่น การประมวลผลภาพระยะไกล (Remote sensing) การประมวลผลภาพทางการแพทย์ (Medical imaging) คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision) การประมวลผลภาพวีดิทัศน์ (Video processing) ซึ่งงานด้านการจดจำภาพนี้ได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการอย่างต่อเนื่อง หลักการโดยทั่วไปของการจดจำภาพจะใช้การพิจารณาความสัมพันธ์กันระหว่างภาพ 2 ภาพหรือมากกว่า โดยจะนิยามภาพต้นแบบ (Source image) ซึ่งเป็นภาพที่ไว้สำหรับเป็นสำเนา เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับภาพเป้าหมาย ส่วนที่สองคือภาพเป้าหมาย (Target image) ซึ่งเป็นภาพในลักษณะข้อมูลภาพที่ถือการเปลี่ยนแปลงหรือมีความแตกต่างกันไปกับภาพต้นแบบ ซึ่งมีความจำเป็นที่จะใช้เทคนิคการจดจำภาพเพื่อหาความคล้ายกันภาพต้นแบบ และภาพเป้าหมาย โดยภาพที่มีอัตราเปลี่ยนแปลงนี้จะเป็นภาพที่อาจจะเกิดความผิดพลาดจากอุปกรณ์บันทึก สภาพแสงที่ต่างกัน มุมมองของภาพ หรือช่วงเวลาของภาพ ได้มาจากภาพแตกต่างกัน รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากความหมุนวน การขยายขนาดของภาพ การจดจำภาพเหล่านี้จำเป็นต้องใช้วิธีการที่เหมาะสม เพื่อให้มีความถูกต้องมากที่สุด มีผู้ที่มีสนใจวิธีการในการจดจำภาพหลายวิธีด้วยกัน เช่น NCC (Brown, 1992, SSDA (Maintz, Max A, 1988), และ SD (Sun, Zhou A, 2007) ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถจดจำภาพได้พอดี แต่ยังมีข้อจำกัดสำหรับภาพที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากกรหมุนวนภาพ (Sun, Zhou A, 2007)

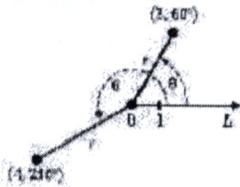
ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบจดจำภาพอีกปัจจัยหนึ่ง คือ ค่าความสว่างของภาพ เมื่อนำภาพที่อยู่ในกลุ่มภาพเดียวกัน แต่มีความแตกต่างในเรื่องของแสงภายในภาพ มาเปรียบเทียบกับหรือจดจำผลการสำเนา จะมีความผิดพลาดสูง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการจดจำภาพ จึงเป็นสื่อวิเคราะห์ค่าความสว่างของภาพที่

ปรารถนอยุ่ภายในภาพ ซึ่งการปรับค่าความสว่างที่สอดคล้องกันของภาพต้นแบบและภาพเป้าหมาย โดยใช้โมเดลสีของภาพแบบ HSV (Hue Saturation Value) เป็นการพิจารณาโดยใช้ Hue Saturation และ Value ซึ่ง Hue คือสีของสีหลัก และ Value คือความสว่างของสี ซึ่งสามารถทำได้โดยที่ความเข้มของแสงสว่างของสีที่ประกอบกัน ทำให้โมเดลสี HSV สามารถพิจารณาของสัญญาณค่าความสว่างของภาพได้ง่ายกว่าโมเดลสีแบบอื่น

สำหรับงานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการการจดจำภาพด้วยโครงสร้างข้อมูลบนพิกัดเชิงขั้ว เนื่องจากเป็นโครงสร้างที่สามารถวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงภาพบนมุมและการขยายภาพได้ ร่วมกับการใช้โมเดลสีแบบ HSV สำหรับการวิเคราะห์ค่าความสว่างของภาพ เพื่อเพิ่มความถูกต้องสำหรับการจดจำภาพให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งจะแบ่งเนื้อหาส่วนที่ผลิตออกเป็นดังนี้ ส่วนที่สองจะกล่าวถึงสัญญาณที่เกี่ยวกับของ ส่วนที่สามจะกล่าวถึงการขยายค่าความสว่างด้วย โมเดลสี HSV ร่วมกับวิธีการการจดจำภาพบนพิกัดเชิงขั้ว ส่วนที่สี่ผลการทดลองและการอภิปรายผล ส่วนที่ห้าสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

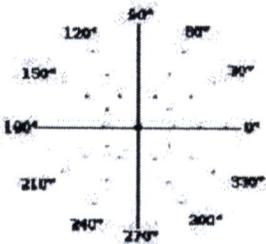
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar coordinate)
 ระบบพิกัดเชิงขั้ว (Edwards, JR, and Penney, 1982) คือ ระบบค่าพิกัดสองมิติ ที่ในแต่ละจุดบนระนาบถูกกำหนดด้วยระยะทางจากจุดศูนย์กลาง และมุมจากทิศทางอ้างอิง โดยจุดอ้างอิง เป็นลักษณะเหมือนจุดกำเนิดของระบบพิกัดคาร์ทีเซียน การลากเส้นจากขั้วไปยังจุดตัวจุด แกนขั้ว ระยะทางจากขั้ว เรียกว่ารัศมี และมุมที่วัดขึ้นระหว่างแกนขั้วกับรัศมี เรียกว่า พิกัดมุม หรือ มุมเชิงขั้ว ดังรูปที่ 1 ความพิเศษของพิกัดเชิงขั้ว คือ มุมเชิงขั้วจะมีค่าอยู่ในช่วง 0-2 π ดังนั้นค่ามุมที่เกิดขึ้นจึงมีทิศทางเดิม เมื่อหมุนเข็มนาฬิกาจุดครึ่ง



รูปที่ 1 จุดในระนาบพิกัดเชิงขั้วกับเส้น L และแกนพิกัด
 L ในจุดที่มีรัศมี r และ ทิศมุม 60 องศา หรือ
 จุด (3, 60°) ในจุดที่สองมีรัศมี 4 และทิศมุม 210
 หรือ จุด (4, 210°)

ควรรอบ และเมื่อหมุนชี้ไปในทิศทางเข็มนาฬิกาจะ
 ให้ค่ารัศมีบวก และเมื่อหมุนชี้ไปในทิศทางตรงข้ามคือ
 หมุนตามเข็มนาฬิกาจะให้ค่ารัศมีลบ ซึ่งสามารถแสดง
 แทนด้วย (r, θ) สำหรับมุม θ โดยที่ r ≥ 0
 และ θ ในช่วง [0, 360°) หรือ (-180°, 180°) หรือ
 [0, 2π) หรือ (-π, π) ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 เส้นกริดชี้และแกนบอกมุมในแต่ละองศา

ความสัมพันธ์พิกัดคาร์ทีเซียนกับพิกัดเชิงขั้ว
 ค่าของพิกัดเชิงขั้ว r และ θ สามารถแปลงเป็น
 พิกัดคาร์ทีเซียน x และ y โดยใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติไซน์
 และโคไซน์ ดังสมการที่ 1 และ 2

$$x = r \cos \theta \quad (1)$$

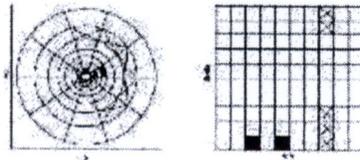
$$y = r \sin \theta \quad (2)$$

ขณะที่ค่าของพิกัดคาร์ทีเซียน x และ y ก็สามารถ
 แปลงเป็นพิกัดเชิงขั้วโดยค่า r ดังสมการที่ 3

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

และค่า θ แสดงได้ดังสมการ (4)

$$\theta = \begin{cases} 0 & \text{if } x=0 \text{ and } y=0 \\ \arcsin\left(\frac{y}{r}\right) & \text{if } x \geq 0 \\ -\arcsin\left(\frac{y}{r}\right) + \pi & \text{if } x < 0 \end{cases} \quad (4)$$



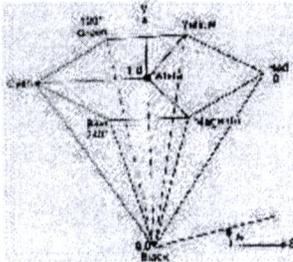
รูปที่ 3 แผนภาพสัมพันธ์ระหว่างพิกัดเชิงขั้วและพิกัด
 คาร์ทีเซียน

จากรูปที่ 3 จุดสีฟ้าที่อยู่ในบริเวณครึ่งสองภาค
 จะแสดงความสัมพันธ์ของจุดที่อยู่นบนพิกัดเชิงขั้วและ
 พิกัดคาร์ทีเซียน โดยใช้ระยะห่างจากจุดกำเนิดหรือจุด
 ดิ่งไปยังด้านหนึ่ง หากภาพมีการหมุน จุดสีฟ้าจะ
 เปลี่ยนแปลงโดยขั้วในแนวนอนตั้ง และหากภาพมีการ
 ขยายจุดสีฟ้าจะมีการขยับในแนวแกนรอบน ทำให้ระบบ
 เชิงขั้วสามารถพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของภาพใน
 รูปแบบการหมุนภาพ และการขยายภาพได้

การขจัดความสว่างโดยใช้โมดูลี HSV

สำหรับวิธีการขจัดรอยดำ ความสว่างด้วยโมดูลี
 HSV ร่วมกับวิธีการจดจำภาพด้วยโครงข่ายเชิงซ้อนบน
 พิกัดเชิงขั้ว ซึ่งเป็นการใหม่ที่เหมาะสมกับความที่
 วิธีการนี้จะเพิ่มขั้นตอนการพิจารณาความสว่างของ

ภาพ โดยเปลี่ยนให้อยู่ในโมเดลสีแบบ HSV และเปลี่ยนข้อมูลภาพให้อยู่ในระบบพิกัดสีเชิงขั้ว



รูปที่ 4 โมเดลสีแบบ HSV (Sboaff, 2010)

จากรูปที่ 4 จะเห็นว่าโครงสร้างโมเดลสีแบบ HSV สามารถใช้เส้นขนาน V ในการพิจารณาความสว่างได้ในบทความนี้ได้เสนอวิธีการปรับค่าความสว่างของภาพต้นแบบ และภาพเป้าหมาย เพื่อให้อยู่ในระดับความสว่างใกล้เคียงกัน ดังสมการที่ 5

$$s = \frac{1}{2}(as + ar) \tag{5}$$

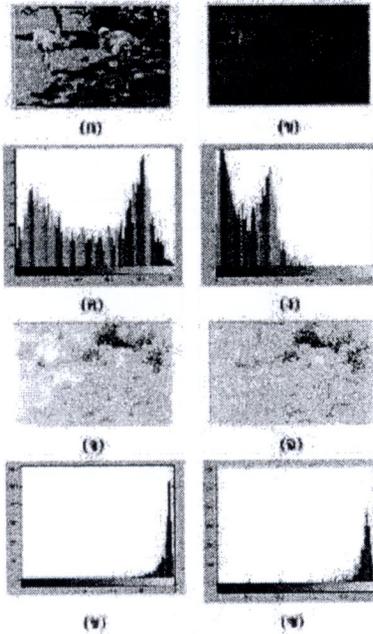
เมื่อ

- s - ค่าความสว่างสำหรับใช้ลดเซกชันแสง
- as - ค่าความสว่างของภาพต้นแบบที่มีมากที่สุด
- ar - ค่าความสว่างของภาพเป้าหมายที่มีมากที่สุด

สำหรับค่า as และ ar ที่เรานำมาใช้จากค่า V ที่มากที่สุดจากโมเดลสีแบบ HSV ในภาพต้นแบบ และภาพเป้าหมาย ตามลำดับ คือค่าของการลดเซกชันความสว่าง แสดงได้ดังรูปที่ 3 เมื่อภาพผ่านขั้นตอนวิธีการลดเซกชันความสว่างแล้ว โครงสร้างโมเดลสีของภาพจะมีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน โดยพิจารณาได้จากแก๊สโครโมแกรมที่ของภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายก่อนการลดเซกชันค่าความสว่างจะมีค่าแก๊สโครโมแกรมที่ผลคล้ายกัน ดังนั้นจึงนำค่าของภาพ (ก) กับ ภาพ (ข) แต่เมื่อภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายผ่านกระบวนการลดเซกชันค่าความสว่างแล้วค่าแก๊สโครโมแกรมที่ได้จะมีลักษณะที่

PMO3-4

ใกล้เคียงกัน ดูจากภาพ (ข) กับ ภาพ (ค) เมื่อข้อมูลของโมเดลสีของภาพมีความคล้ายกันยิ่งขึ้นทำให้การวัดความคล้ายมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย



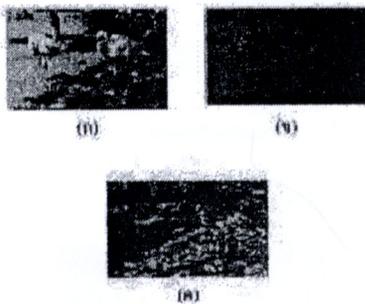
รูปที่ 5 วิธีลดความแตกต่างของภาพต้นแบบและภาพที่ผ่านการลดเซกชันแสง

Sum of Squared Differences (SSD)

การวัดความคล้ายแบบ SSD เป็นเกณฑ์การวัดค่าความคล้ายที่ใช้ในการวัดความคล้ายในวิธีการเดิม (Wolberg, Zokai, S, 2000) เป็นการพิจารณาจากผลรวมของระยะทางระหว่างจุดภาพ ภายในพื้นที่ที่กำหนด แสดงได้ในสมการ (6)

$$\sum_{(i,j) \in R} (I_1(i,j) - I_2(x+ix, y+j))^2 \tag{6}$$

ศึกษาความสัมพันธ์ของภาพระดับความสว่างของโทนสี
สีโทนร้อนจะให้อัตราความใกล้เคียงสูง สีโทนเย็นจะให้
ค่าที่แสดงถึงความห่างไกลซึ่งกันมา ดังรูปที่ 6



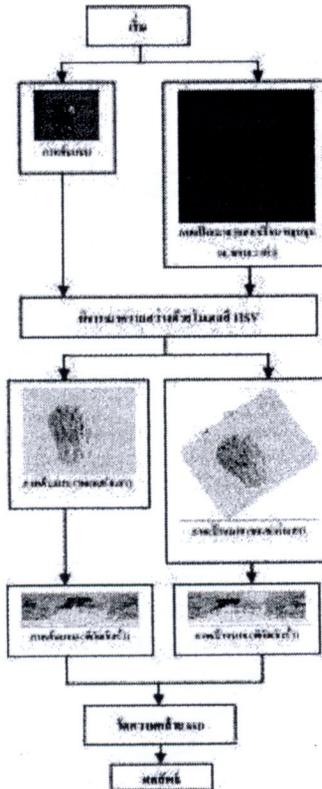
รูปที่ 6 การวัดความคล้ายด้วยเทคนิคแบบ SSD

การวัดความคล้ายของสีด้วยโมเดลสี HSV ร่วมกับ
วิธีการการจดจำภาพแบบที่คิดเชิงชีว

การวัดความคล้ายของสีด้วยโมเดลสี HSV ร่วมกับ
วิธีการการจดจำภาพแบบที่คิดเชิงชีว เป็นวิธีการใหม่ที่มี
นำเสนอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการจดจำภาพ วิธีการ
ใหม่ที่มีนำเสนอนี้จะช่วยแก้ไขปัญหาของภาพเป้าหมายที่มี
การเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการหมุนภาพและการขยาย
ขนาดของภาพ ด้วยการวัดความคล้ายของสีของภาพ
มีขั้นตอนดังนี้ ตามลำดับการสำรรมในรูปที่ 7

1. อ่านข้อมูลภาพต้นแบบ และภาพเป้าหมาย
2. พิจารณาความสว่างของภาพในข้อ 1 ด้วยค่าที่
ได้จากการพิจารณาโมเดลสี HSV
3. แปลงโครงสร้างให้อยู่ในรูปแบบที่คิดเชิงชีว
4. หาค่าความคล้ายด้วยวิธีการ SSD

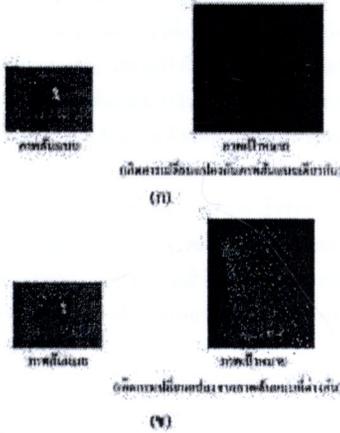
PMO3-5



รูปที่ 7 ขั้นตอนการวัดความคล้ายของสีด้วยโมเดลสี
HSV ร่วมกับวิธีการการจดจำภาพแบบที่คิด
เชิงชีว

บทความนี้จะได้เสนอวิธีการทดลองการเปรียบเทียบ
ผลการจดจำภาพด้วยการวัดความคล้ายของสีวิธีเดิม
(Wolberg, Zokai, S, 2000) และวิธีการใหม่ที่ได้นำเสนอ
และใช้ชุดข้อมูล James Z. Wang Research Group
(Wang Research Group, 2010) การทดลองแยกเป็นสอง
ส่วนคือ ส่วนการทดสอบสภาพต้นแบบและภาพ
เป้าหมายเหมือนกัน ได้การทดสอบจำนวน 200 ชุด
ทดสอบ และส่วนของการทดสอบภาพต้นแบบและภาพ

เป็นภาษาไทยเหมือนกัน ได้จำนวน 100 ชุดทดสอบ ซึ่งแสดงตัวอย่างภาพสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 (ก) แสดงตัวอย่างภาพต้นแบบและภาพที่หมายเหมือนกัน และ (ข) แสดงตัวอย่างภาพที่ต้นแบบและภาพที่หมายไม่เหมือนกัน

ผลการทดลองจะพิจารณาจากร้อยละความถูกต้องหาได้จากจาก สมการที่ (7)

$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \frac{\text{จำนวนข้อมูลที่มีอยู่ถูกต้อง}}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}} \times 100 \quad (7)$$

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

จากผลการทดลองกับชุดข้อมูลทั้ง 2 ส่วน คือ การทดลองกับภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายเหมือนกัน เมื่อทดลองชุดค่าตัววิธีการเดิม มีร้อยละความถูกต้องเท่ากับ 76.5 และผลการทดลองด้วยวิธีการใหม่ มีร้อยละความถูกต้องเท่ากับ 81.0 และการทดลองกับภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายไม่เหมือนกัน เมื่อทดลองชุดค่าตัววิธีการเดิม มีร้อยละความถูกต้องเท่ากับ 72.0 และผลการทดลองด้วยวิธีการใหม่ มีร้อยละความถูกต้องเท่ากับ 88.0 ดังผลการทดลองในตารางที่ 1

PMO3-6

ตารางที่ 1 ผลการทดลอง

ชุดข้อมูล	วิธีการ	จำนวนชุดข้อมูลที่ถูกต้อง	ความถูกต้อง (%)
ภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายเหมือนกัน	วิธีการเดิม	152	76.5
	วิธีการใหม่	162	81.0
ภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายไม่เหมือนกัน	วิธีการเดิม	72	72.0
	วิธีการใหม่	88	88.0

จากผลการทดลองจะพบว่า วิธีการใหม่นี้สามารถลดจำนวนค่าพิกเซลที่เลือกปรับเปลี่ยนภาพด้วยการหมุนและขยายภาพได้ดีกว่าวิธีการเดิม เนื่องจากวิธีการใหม่ที่มีขั้นตอนได้ใช้โมเดลสีแบบ HSV ในการแทนข้อมูลภาพ ทำให้สามารถแก้ไขปัญหาระยะความสว่างของภาพได้ และการใช้ฟังก์ชันเชิงชี้ ทำให้ภาพที่เกิดการหมุน ถูกแสดงใบมกแท้จริงขึ้นกับภาพต้นแบบ การลดข้อผิดพลาดมีความถูกต้องมากกว่าวิธีการเดิม

ถึงแม้ว่าวิธีการใหม่ที่มีขั้นตอนจะให้ผลการทดลองที่ดีกว่าวิธีการเดิม แต่ยังมีข้อผิดพลาดสำหรับรูปภาพที่มีลักษณะเป็นภาพโทนสีเดียว หรือภาพจุดเป็นวงรีและเยื้องสลับคู่จำนวนน้อยหรือมีสีหลักเป็นสีจุดส่วนใหญ่อของภาพ แสดงได้ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ภาพตัวอย่างการทดลองที่ผิดพลาด

สรุปผลการวิจัย

วิธีการแปลงโครงข่ายข้อมูลให้อยู่ในพิกัดเชิงขั้วร่วมกับการใช้โมเดลสี HSV สำหรับการพิจารณาผลของค่าความสว่าง เป็นวิธีการใหม่ที่น่าสนใจเพื่อลดการจดจำการเคลื่อนไหว SSD พบว่าวิธีการใหม่ที่เป็นสมมติข้อของความถูกต้องที่สูงกว่า เนื่องจากในวิธีการแบบเดิมได้ทำการวัดความคล้ายเพียงอย่างเดียวเมื่อข้อมูลทุกสอข้อมีความคล้ายกันในเรื่องความสว่างจึงทำให้การพิจารณาเกิดความคิดหลากหลาย ซึ่งวิธีการที่นำเสนอได้เพิ่มขั้นตอนการพิจารณาเรื่องความสว่างของภาพ โดยพิจารณาความสว่างด้วยโมเดลสี HSV ช่วยให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจดจำภาพที่เลือกวิธีการแบบเดิม

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาที่ได้นำเสนอในบทความนี้ ให้ความสำคัญต่อทั้งความถูกต้องกับชุดข้อมูลภาพที่มีรายละเอียดของภาพไม่ซับซ้อน มีลักษณะของวัตถุที่สามารถแยกความแตกต่างได้ค่อนข้างชัดเจน ซึ่งต้องพัฒนาให้สามารถจดจำภาพที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น มีพื้นหลังที่ซับซ้อน หรือภาพวัตถุบนพื้นหลังที่แตกต่างกับภาพของสถานที่เดียวกันแต่ถ่ายด้วยเวลาที่แตกต่างกัน

เอกสารอ้างอิง

- L. G. Brown, 1992. "A Survey of Image Registration Techniques". ACM Computing Surveys (CSUR), 24(4): 325-376.
- J. B. Antoine Maintz, Max A. 1988. "A Survey of Medical Image Registration". Medical Image Analysis, 2(1): 1-36.
- B. San, D. Zhou A, 2007. "Rotated Image Matching Method Based on CSTD". Lecture Notes in Computer Science, 2007(4491): 1346-1352.

PMO3-7

- Barbara Zitova, Jan Flusser. 2003. "Image registration methods: a survey". Elsevier Image and Vision Computing, 21(2003): 977-1000.
- C. H. Edwards, JR. and David E. Pemsey. 1982. "Calculus and Analytic Geometry", Prentice-Hall, Inc.
- William Shusoff. 2010. "Color, Illumination Models, and Shading". Retrieved October 20, 2010, from <http://cs.fiu.edu/~wds/classes/graphics/illuminate/illuminate/illuminate.html>.
- Wolfberg, G. Zokai, S. 2000. "Robust image registration using log-polar transform". Image Processing, 2000. Proceedings. 2000 International Conference on. 2000(1): 493 - 496.
- James Z. Wang Research Group. 2010. "Low resolution web-crawled misc database used in WBIS". Retrieved September 10, 2010, from <http://wang.ist.psu.edu/docs/boose.shtml>



2. สุพจน์ ชาวหนอง สิริภัทร เชี่ยวชาญวัฒนา และคำรณ สุนัฒิ. การชดเชยแสงสำหรับการจดจำภาพด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ. มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม. **The 7th National Conference on Computing and Information Technology (NCCIT2011)**. 11-12 พฤษภาคม 2554: คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (รอนำเสนอผลงาน)

การชดเชยแสงสำหรับภาพจดจภาพด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือ Illumination Compensation for Image Registration using Fuzzy Logic

สุพจน์ ชาวนอง (Supot Chaonong)¹, สิริภัทรา เชื้อชาญวณิชานันท์ (Sirapat Chiewchanwittana)¹

และศรัณย์ สุเมธี (Khamvorn Sunat)²

^{1,2} ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

¹ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

chaonong@gmail.com, suakra@kku.sc.th, khamvorn_sunat@yahoo.com

บทคัดย่อ

จากการพิจารณาถึงคุณลักษณะของภาพสี การสะท้อนแสง เป็นองค์ประกอบหลักอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญและบ่งบอกถึงเอกลักษณ์ของแต่ละภาพ เพราะการมองที่มึนเกิดจากวัตถุสะท้อนแสงเข้าสู่ดวงตาแล้วทำให้เราสามารถแยกแยะสีที่มีความแตกต่างกันได้ ดังนั้นเทคนิคการประมวลผลภาพโดย เฉพาะงานด้านการจดจภาพ และความสัมพันธ์ของภาพจึงถือ ว่ามีความจำเป็นอย่างมาก เนื่องจากภาพโดยทั่วไปมีความ สว่างที่ไม่แน่นอนทำให้คุณสมบัติความมืดและสว่างที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นหากสามารถการควบคุมความสว่างของภาพที่แน่นอน มันย่อมส่งผลต่อขั้นตอนวิธีการทางด้านการจดจภาพ ใน บทความวิจัยนี้จึงได้เสนอขั้นตอนวิธีการชดเชยค่าความสว่าง ของภาพ เพื่อลดผลกระทบความผิดพลาดในการเปรียบเทียบ ภาพของขั้นตอนวิธีการจดจภาพ โดยการใช้หลักการการ หารามของตรรกศาสตร์คลุมเครือ เนื่องจากค่าความสว่างของ แต่ละภาพนั้นจะมีความหลากหลาย ดังนั้นโมเดลแบบ ตรรกศาสตร์คลุมเครือ จึงเป็นเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับการ พิจารณาการปรับค่าความสว่าง จากผลการทดลองแสดงให้เห็น ว่าการชดเชยค่าความสว่างแบบตรรกศาสตร์คลุมเครือมีความ เหมาะสมมากกว่าวิธีการชดเชยค่าแสงอื่นที่มีงานวิจัยเปรียบเทียบ เมื่อนำมาใช้กับวิธีการจดจภาพ

คำสำคัญ: ตรรกศาสตร์คลุมเครือ การชดเชยความสว่าง การ จดจภาพ

Abstract

From the characteristics of color, reflection is a fundamental element that is important and indicates the identity of each image. Due to the visible light reflected

from objects into the eyes, we are able to differentiate the color characteristics. Therefore, image processing techniques such as the image-registration, color and brightness of the image is crucial. Since image consists of uncertain or unequal brightness, it is necessary to control the brightness of image as it would affect the algorithms in terms of image-registration. This research proposed an algorithm to compensate the brightness of the image to reduce the impact of error when comparing the image-registration algorithms using the principles of fuzzy logic. Fuzzy logic is used to adjust the brightness of the image. The results have shown that using fuzzy logic is a more appropriate way to control the image brightness as compared to the traditional methods.

Keyword: fuzzy, illumination compensation, image registration

1. บทนำ

การจดจภาพ (Image registration) [1] เป็นวิธีการ เปรียบเทียบความสัมพันธ์ของภาพสองภาพหรือจำนวนมากกว่า สองภาพ และยังสามารถประยุกต์นำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ ได้ เช่น การประมวลผลภาพระยะไกล (Remote sensing) การ ประมวลผลทางการแพทย์ (Medical imaging) คอมพิวเตอร์ ทัศน์ (Computer vision) การประมวลผลภาพวิดีโอ (Video processing) โดยหลักการพื้นฐานคือการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ ภาพสองภาพ ซึ่งประกอบไปด้วยภาพต้นแบบ (Source image) และภาพเป้าหมาย (Target image) ซึ่งจะเป็นภาพเดียวกัน แต่

ภาพเป้าหมาย (Target image) จะเป็นข้อมูลภาพที่บ่งชี้การเปลี่ยนแปลงหรือมีความแตกต่างกันไปจากภาพต้นแบบ โดยภาพที่มีกรุปการเปลี่ยนแปลงจะเป็นภาพที่อาจจะเกิดความผิดปกติจากจุดการจับยึด หรือมุมมองของภาพ รวมทั้งช่วงยาวของกรุปได้ของภาพแตกต่างกัน เป็นต้น และได้มีผู้เสนอวิธีการจัดจำภาพสำหรับการแก้ปัญหาหาไอโรทเลชันวิธี เช่น NCC [1] SSDA [2] SD[3] ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถจัดจำภาพได้ผลดี แต่ยังมีข้อจำกัดสำหรับภาพที่บิดเบือนหรือการหมุนของภาพ [3] เมื่อต้องการความแตกต่างกันระหว่างภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายที่เกิดจากการหมุนภาพนั้นมีความยากในการแก้ปัญหา ดังนั้นการให้หลักการที่คิดค้นไปนั้นจึงไม่มีผล มารอดเปรียบเทียบกับความเหมือนกันคือยังมีประสิทธิภาพ และได้มีผู้เสนอวิธีการจัดจำภาพโดยใช้โครงข่ายข้อมูลแบบพิกัดเชิงขั้ว และการวัดความคลี่งด้วยวิธี sum of squared differences (SSD) [4] โดยวิธีการนี้ใช้ขั้นตอนวิธีของโครงข่ายข้อมูลแบบพิกัดเชิงขั้วซึ่งนำมาช่วยเปรียบเทียบกับความแตกต่างในการมีวิธีการหมุน และการขยายภาพ ร่วมกับการวัดความคลี่งของข้อมูลด้วยวิธีการ sum of squared differences (SSD) แต่วิธีการนี้ยังมีข้อจำกัดคือเมื่อภาพเป้าหมายที่ต้องการนำมาเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบมีลักษณะแตกต่างกัน หรือแตกต่างกันมาก ภาพต้นแบบวิธีการนี้ก็ยังให้ผลลัพธ์ที่ผิดพลาด

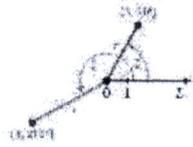
ดังนั้นนอกจากปัญหาการเปลี่ยนแปลงอื่นแล้วมาจากการหมุนภาพการขยายขนาดของภาพแล้ว ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อวิธีการประมวลผลภาพ อีกปัจจัยหนึ่งคือ ค่าความยาวของภาพ เมื่อเป้าหมายที่มีความแตกต่างในบริเวณของมุมเปรียบเทียบกับ ผลการทำงานจะมีความผิดปกติ ดังนั้นหากสามารถทำกระบวนการวัดค่าความยาวของแสงที่อยู่ภายในภาพแล้วทำการขยายค่าความยาวของภาพ น่าจะเป็นวิธีการที่จะสัมพันธ์ประสิทธิภาพของการทำงานขึ้นได้

บทความวิจัยนี้จึงมีความสนใจที่จะเสนอวิธีการแก้ปัญหาการขยายค่าความยาวที่แตกต่างกันของภาพต้นแบบ และภาพเป้าหมาย สำหรับการจัดจำภาพด้วยวิธีการเดิม [4] คือการใช้โครงข่ายข้อมูลแบบพิกัดเชิงขั้วร่วมกับกราฟความคลี่งด้วยวิธี sum of squared difference (SSD) โดยใช้หลักการทางเรขาคณิตของตรีโกณมิติหรือซึ่งเป็นวิธีการที่นำมาเปรียบเทียบกับวิธีการขยายค่าความยาวอื่น ๆ อีก 3 วิธี คือ 1.

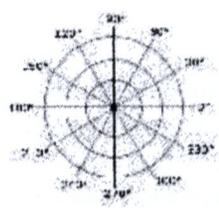
วิธีการ compact color image [5] เป็นวิธีการพิจารณาการขยายค่าแสดงด้วยวิธีโปรแกรม 2. วิธีการ normalized RGB chromaticity diagram [6] ใช้หลักการพิจารณาอัตราส่วนของค่าสีในโมเดลต้นแบบ RGB และ 3. วิธีการ color of center rotation [7] มีหลักการพิจารณาการกระจายตัวของสีจากค่าที่คำนวณเอาไว้ ซึ่งจะแบ่งเมื่อหาส่วนที่ผลออกเป็นคี่นี้ ส่วนที่ต่อจะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ส่วนที่สามจะกล่าวถึงภาพของความยาวการวัดการวัดรูปหรือ ส่วนที่สี่ผลการทดลอง และส่วนสุดท้ายสรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2.1 ระบบพิกัดเชิงขั้ว

ระบบพิกัดเชิงขั้ว [8] คือ ระบบพิกัดที่มีมิติ 2 มิติและจุดบนระนาบถูกกำหนดด้วยระยะทางจากจุดตรึง และมุมจากทิศทางตั้ง โดยจุดตรึง มีศูนย์กลางหรือมุมศูนย์กลางพิกัดการวัดซึ่งเป็นการลากเส้นจากจุดตรึงกับกับจุดตรึงคือ แกนขั้ว ระยะทางจากจุดตรึง มีชื่อว่ารัศมี และมุมที่เกิดขึ้นระหว่างแกนขั้วกับรัศมี เรียกว่า พิกัดมุม หรือ มุมเชิงขั้ว ค่าภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของพิกัดเชิงขั้ว คือ มุมเชิงขั้วจะมีค่าอยู่ในช่วง คี่นี้ค่ามุมที่มากขึ้นจึงมีทิศทางกลับ เมื่อหมุนขั้วรอบจุดตรึงครบรอบและเมื่อหมุนขั้วไปในทิศทางกลับมุมพิกัดจะไล่ที่รัศมีบวก และเมื่อหมุนขั้วไปในทิศทางซ้ำมคือหมุนตามเข็มนาฬิกาจะไล่ที่รัศมีลบ ขั้วสามารถแสดงแทนด้วย (r, θ) สำหรับมุม โดย r คือค่า $r \geq 0$ และ θ ในช่วง $[0, 360^\circ)$ หรือ $(-\infty, \infty)$ หรือ หรือ ค่าภาพที่ 2



ภาพที่ 1 จุดในระบบพิกัดเชิงขั้วกับ O และแกนขั้ว L ในจุดตรึงมีรัศมี r และ พิกัดมุม θ องศา หรือ จุด (r, θ) ในจุดที่ตรงมีรัศมี r และ พิกัดมุม 210° หรือ จุด $(r, 210^\circ)$



ภาพที่ 2 มุมกึ่งชั่วโมงตามเข็มนาฬิกาขององศา

2.2 ความสัมพันธ์พิกัดคาร์ทีเซียนกับพิกัดเชิงขั้ว

ค่าของพิกัดเชิงขั้ว r และ θ สามารถแปลงเป็นพิกัดคาร์ทีเซียน x และ y โดยใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติไซน์และโคไซน์ ดังสมการที่ 1 และ 2

$$x = r \cos \theta \tag{1}$$

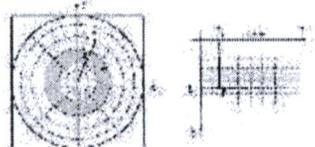
$$y = r \sin \theta \tag{2}$$

ขณะที่ค่าของพิกัดคาร์ทีเซียน x และ y ก็สามารถแปลงเป็นพิกัดเชิงขั้วโดยค่า r ดังสมการที่ 3

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \tag{3}$$

และค่า θ แสดงได้ดังสมการ (4)

$$\theta = \begin{cases} 0 & \text{if } x=0 \text{ and } y=0 \\ \arcsin\left(\frac{y}{r}\right) & \text{if } x \geq 0 \\ -\arcsin\left(\frac{y}{r}\right) + \pi & \text{if } x < 0 \end{cases} \tag{4}$$



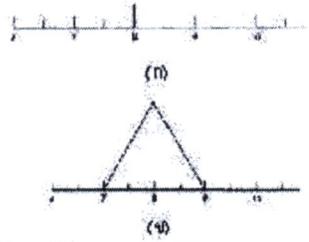
ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดเชิงขั้วและพิกัดคาร์ทีเซียน [9]

จากภาพที่ 3 จุดสีเทาที่อยู่ในบริเวณภาพทั้งสองภาพ จะแสดงความสัมพันธ์ของจุดที่อยู่บนพิกัดเชิงขั้วและพิกัดคาร์ทีเซียน โดยใช้ระยะห่างจากจุดกำเนิดหรือจุดตั้งอ้างอิงที่แบ่งภาพภาพมีการหมุน จุดสีเทาจะเปลี่ยนแปลงโดยรอบในแนวแกนตั้ง และหากภาพมีการขยับจุดสีเทาจะมีการขยับในแนวแกนนอน ทำให้ระบบเชิงขั้วสามารถพิจารณาการ

เปลี่ยนแปลงของภาพในรูปแบบการหมุนภาพ และการขยายภาพได้

2.3 ความคล้ายคลึงหรือ

สมาชิกตามลำดับตรรกศาสตร์คลุมเครือขึ้นอยู่กับนอกกาจะครอบคลุมพหุคูณแบบฉบับ (Coverages) คือตัวแปรต่างๆ จะมีความเป็นสมาชิกได้เพียงหนึ่งค่า คือ 0 หรือ 1 สำหรับกรณีที่ไม่เป็นสมาชิกและป็นสมาชิกตามลำดับ ตรรกศาสตร์คลุมเครือขึ้นอยู่กับวิธีตีความเป็นสมาชิกของเฉพาะช่วง 0 ถึง 1 ซึ่งข้อมูลเชิงตัวแปรป็นสมาชิกให้หลายขงน้ของ



ภาพที่ 4 สมาชิกภาพ (a) แบบฉบับ (b) แบบตรรกศาสตร์คลุมเครือ [10]

นอกจากนี้สมาชิกแต่ละตัวของภาพยังมีลักษณะเฉพาะซึ่งสามารถพิจารณาได้คือฟังก์ชันความเป็นสมาชิก ซึ่งจะป็นค่าบ่งบอกระดับความเป็นสมาชิกของตัวแปรนั้น

ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular membership function) ฟังก์ชันสามเหลี่ยมมีทั้งหมด 3 พารามิเตอร์คือ (a, b, c)

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b \leq x \leq c \\ 0 & c \leq x \end{cases} \tag{5}$$

หรือ

$$f(x, a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \tag{6}$$

3. วิธีการคำนวณงานวิจัย

บทความวิจัยนี้ใช้ขั้นตอนวิธีการของค่าความยาวของรูปภาพ แล้วตรรกศาสตร์คลุมเครือ [10] ซึ่งการวิจัยจากชุด

มีคอนจำนวน 7 กลุ่ม และแต่ละกลุ่มจำนวนข้อสอบ 150 ข้อ ข้อสอบ 7 กลุ่มประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วยภาพที่มีแสงน้อยมากที่สุด กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วยภาพที่แสงน้อยมาก กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วยภาพที่มีแสงน้อย กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วยภาพที่แสงน้อยที่สุด ไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วยภาพที่สว่างน้อยมาก กลุ่มที่ 6 ประกอบด้วยภาพที่สว่างมาก และกลุ่มที่ 7 ประกอบด้วยภาพที่สว่างมากที่สุดตามนี้คือ

3.1 การสร้างตัวแปรกลุ่มเข้าข้อมูล

ในการพิจารณาการแสดงผลภาพ ความไวซึ่งได้เลือกใช้ในเคลสสีแบบ HSV (Hue Saturation Value) มาช่วยสำหรับการพิจารณาค่าความสว่าง เนื่องโมเดลสีแบบ HSV นั้นมีการแยกของสัญญาณสำหรับค่าแสงโดยเฉพาะ ช่วยให้การพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของแสงมีความสะดวกยิ่งขึ้น ซึ่ง โมเดลสีแบบ HSV จะแยกออกเป็น 3 องค์ประกอบคือ H (ค่าสี) S (ค่าความอิ่มตัว) และ V (ค่าความสว่าง) โดยจะทำการพิจารณาจากค่านี้เข้าข้อมูล (Input) จำนวน 1 ค่า คือ ค่าเฉลี่ยของค่า V และค่าเฉลี่ยของข้อมูลจะอยู่ในช่วง 0-1 โดยแสดงช่วงของค่าความสว่างเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มข้อมูลได้ในตารางที่ 1

$$V = \{v_i | 1 \leq i \leq N\} \tag{7}$$

$$\bar{v}_i = \frac{\sum_{j=1}^n v_j}{n} \tag{8}$$

เมื่อ V คือชุดของกลุ่มการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง i คือค่าสมาชิกในชุด ค่า \bar{v}_i คือค่าความสว่างเฉลี่ยลำดับ i ค่า v_j คือค่าความสว่างของภาพลำดับที่ j

การหาขอบเขตช่วงค่าเฉลี่ยของแต่ละกลุ่มจะหาค่าที่น้อยสุดและค่ามากที่สุดซึ่งพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

$$V_{min} = \text{MIN}(V) \tag{9}$$

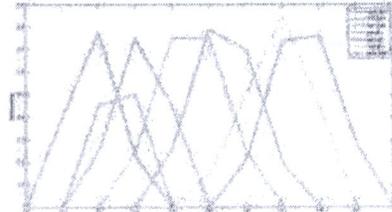
$$V_{max} = \text{MAX}(V) \tag{10}$$

เมื่อ V_{min} คือค่าน้อยสุดของกลุ่ม และ V_{max} คือค่ามากที่สุดของกลุ่ม

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของแสงที่มีผลต่อค่าเฉลี่ย V

	กลุ่มที่						
	1	2	3	4	5	6	7
ช่วงค่าเฉลี่ย	0.06	0.15	0.15	0.25	0.35	0.46	0.56
เฉลี่ย	0.34	0.34	0.44	0.65	0.74	0.85	0.96

โดยใช้ฟังก์ชันสามเหลี่ยม (Triangular membership function) สำหรับการระบุระดับความเป็นสมาชิกของข้อมูล เนื่องจากลักษณะของช่วงการเปิดของข้อมูลค่าความสว่างนั้นจะมีขอบเขตต่าง และขอบของขนาดของกรเปลี่ยนแปลงและช่วงระหว่างขอบเขตต่างและขอบขนาดนั้นจะมีช่วงหนึ่งของข้อมูลที่เป็นส่วนของกรเปลี่ยนแปลงสูงสุด จึงมีความเหมาะสมที่จะใช้ฟังก์ชันสามเหลี่ยมขึ้นมาประมาณค่าความเป็นสมาชิก ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ฟังก์ชันความเป็นสมาชิก

3.2 การสร้างตัวแปรกลุ่มผลลัพธ์

ค่าตัวแปรกลุ่มผลลัพธ์ (Output) ของการแสดงผลค่าแสงพิจารณาจากค่าต่างของค่าเฉลี่ยแสงที่อยู่ระหว่างกลุ่ม โดยค่าผลลัพธ์ (Output) นี้จะใช้ในการปรับค่าแสงของข้อมูลภาพที่อยู่ในสมาชิก แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าการปรับขนาดค่าแสง

การเปลี่ยนแปลงของแสง	ฟังก์ชันค่าแสง
กลุ่มที่ 1	0.240758081
กลุ่มที่ 2	0.166800664
กลุ่มที่ 3	0.084720627
กลุ่มที่ 4	0.0
กลุ่มที่ 5	0.191292367
กลุ่มที่ 6	0.285722464
กลุ่มที่ 7	0.237569496

3.3 การสร้างกฎ

การสร้างกฎการตัดสินใจสำหรับกรปรับค่าความสว่างจากข้อมูลมาเข้า (Input) และข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์ (Output) ที่แสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2 กล่าวคือหากค่าที่ได้จากฟังก์ชันความเป็นสมาชิกได้แล้วก็จะสามารถระบุค่าของการแสดงผลค่าแสงได้ หากพิจารณาจากภาพที่ 4 ข้อมูลที่อยู่ในแนวแกนตั้งจะเป็นของค่าความสว่าง ข้อมูลในแนวแกนตั้งเป็นระดับความ

เป็นสมาชิกของข้อมูล ตามลำดับ จากข้อมูลที่ ได้กำหนดมาเขียน
กฎการปรับค่าความสว่างของค่าสีได้ดังนี้

ตารางที่ 3 สรุปกฎที่เป็นไปได้

ช่วงการปรับค่าที่ 1 ค่าความสว่างใหม่จะถูกปรับเพิ่มขึ้น 0.240738081
ช่วงการปรับค่าที่ 2 ค่าความสว่างใหม่จะถูกปรับเพิ่มขึ้น 0.166800864
ช่วงการปรับค่าที่ 3 ค่าความสว่างใหม่จะถูกปรับเพิ่มขึ้น 0.084720627
ช่วงการปรับค่าที่ 4 ค่าความสว่างใหม่จะไม่มีการปรับค่า (0.0)
ช่วงการปรับค่าที่ 5 ค่าความสว่างใหม่จะถูกปรับลดลง 0.091392367
ช่วงการปรับค่าที่ 6 ค่าความสว่างใหม่จะถูกปรับลดลง 0.165722464
ช่วงการปรับค่าที่ 7 ค่าความสว่างใหม่จะถูกปรับลดลง 0.227569496

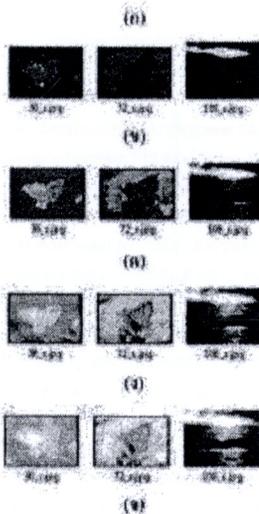
จากข้อมูลในตารางที่ 3 เป็นการสรุปกฎที่เป็นไปได้ในการ
ปรับค่าความสว่าง เช่น หากค่าความสว่างของภาพอยู่ระหว่าง
ช่วงข้อมูลที่ 1 การปรับค่าความสว่างก็จะเพิ่มขึ้น 0.240738081
แต่ข้อมูลในกลุ่มที่ 7 ค่าความสว่างจะถูกลดลง 0.227569496 เป็น
ต้น ผลลัพธ์ของค่าสีที่พิจารณาแต่ละครั้งไม่ได้อยู่ในขอบเขต
ของช่วงการปรับค่าความสว่างเพียงค่าเดียวดังนั้นเมื่อนำกฎไป
ใช้งานนั้นจึงใช้หลักการหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเพื่อ ให้ไปถ่วง
น้ำหนักการปรับของค่าการเปรียบเทียบเพื่อไปลดหรือเพิ่มความ
เป็นสมาชิกของแต่ละช่วงการปรับค่าความสว่างที่ค่าที่เกี่ยวข้อง

$$\bar{X} = \sum \frac{W_i X_i}{W_i} \quad (8)$$

- เมื่อ \bar{X} คือ ค่าความสว่างใหม่
- W_i คือ ค่าการปรับช่วงลำดับที่ i
- X_i คือ ค่าความเป็นสมาชิกในกลุ่มที่ i
- i คือ กลุ่มของช่วงการปรับค่าความสว่าง

4. ผลการคำนวณงานวิจัย

การทดลองใช้ข้อมูลภาพจาก James Z. Wang Research
Group [11] สำหรับชุดทดสอบ แบ่งออกเป็นจำนวน 5 ชุด ชุด
150 ข้อมูล ประกอบไปด้วยชุดที่ 1 ภาพที่แสงน้อยมาก ชุดที่ 2
ภาพที่แสงน้อย ชุดที่ 3 เป็นภาพสีจางมาก ชุดที่ 4 เป็นภาพที่แสง
มาก และชุดที่ 5 เป็นภาพที่แสงมากที่สุด โดยแต่ละตัวบอกจาก
จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างแล้ว ก็จะมีวิธีการเปลี่ยนแปลง
ด้วยการหมุนภาพภาพด้วย ลักษณะของภาพตัวอย่างแสดงได้ดัง
ภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ตัวอย่างภาพทดสอบ จาก (ก) (ข) แสดงภาพแสง
น้อย (ค) ภาพสีปกติ (ง) ภาพที่แสงมาก

ผลการทดลองได้วิเคราะห์เปรียบเทียบวิธีการที่ได้มีเสนอ
เปรียบเทียบกับวิธีการของเขยค่าความสว่างอื่น ๆ ร่วมกับ
ขั้นตอนการจดจำภาพ [4] แสดงผลการทดสอบได้ดังตารางที่ 4
และผลการทดลองพิจารณาได้จากร้อยละความถูกต้องดัง
สมการที่ (9)

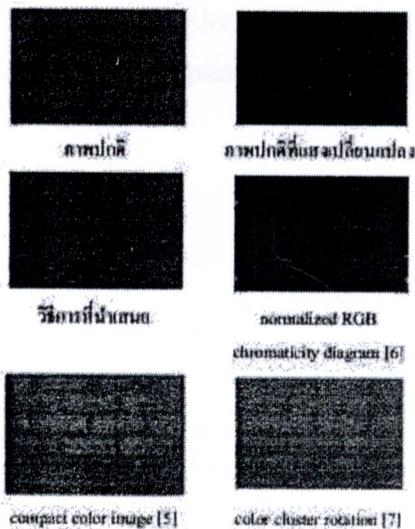
$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \frac{\text{จำนวนข้อมูลที่ถูกต้อง}}{\text{จำนวนข้อมูลทั้งหมด}} \times 100 \quad (9)$$

ตารางที่ 4 ผลการทดลอง

วิธีการ	ความถูกต้อง (%)				
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	ชุดที่ 5
Normalized RGB	80.00	80.67	79.33	79.33	79.33
Color cluster rotation	90.67	96.00	96.67	92.67	90.67
Compact color	76.00	82.67	76.67	68.00	63.33
รวมค่าเฉลี่ยทุกวิธี	100.00	93.33	98.00	96.67	95.33

จากผลการทดลองจะเห็นว่าวิธีการที่ใช้มีเสนอใหม่ให้ผลความ
ถูกต้องมากที่สุดในทุกชุดข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบนั้นแสดงให้เห็นว่า
การวิเคราะห์ด้วยวิธีที่เสนอใหม่นั้นมีความเหมาะสมสำหรับการ
จดจำค่าความสว่างสำหรับวิธีการการจดจำภาพ [4] ได้ ส่วนวิธี
อื่นที่นำมาเปรียบเทียบกับวิธีใหม่ผลการทดสอบที่มีผลลดความ
จากการพิจารณาถึงเฉพาะภายในภาพเท่านั้น ทำให้ช่วงการ

ปรับได้ค่าที่ยังไม่เหมาะสมจึงส่งผลให้เกิดผิดพลาดขึ้นได้ ส่วนวิธีการที่นำเสนอได้มีส่วนฝึกสอนช่วงการปรับพารามิเตอร์ความสว่าง ทำให้การลดค่าความสว่างมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ส่วนผลการทดลองที่แสดงตัวอย่างได้ในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ตัวอย่างผลการทดลอง

5. สรุป

วิธีการลดค่าความสว่างด้วยตรรกศาสตร์คลุมเครือนั้นเป็นวิธีการใหม่ที่ได้นำเสนอเปรียบเทียบกับการลดค่าแสงด้วยวิธีอื่น ๆ ที่ใช้วิธีการ compact color image [5] วิธีการ normalized RGB chromaticity diagram [6] และ วิธีการ color cluster rotation [7] พบว่าวิธีการใหม่นี้มีข้อดีเรื่องความถูกต้องที่สูงกว่าวิธีการอื่น ๆ ซึ่งวิธีการที่นำเสนอได้มีส่วนฝึกสอนช่วงการปรับพารามิเตอร์ความสว่าง ทำให้การลดค่าความสว่างมีความถูกต้อง และมีความเหมาะสมสำหรับการลดค่าภาพด้วยวิธี [4]

ถึงแม้การลดค่าความสว่างของวิธีการที่นำเสนอมีความถูกต้องสูง แต่ช่วงค่าผลลัพธ์สำหรับค่าการปรับนั้น ควรเลือกค่าที่เหมาะสมอย่าทำให้มืด เนื่องจากค่าที่ได้ อาจเหมาะสมกับบางชุดข้อมูล ดังนั้นควรมีการปรับปรุงจุดนี้ไว้ด้วย

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Brown, Lisa Gottesfeld, "A survey of image registration techniques," *ACM Comput. Surv.*, vol. 24, no. 5, pp. 325-3375, December 1992.
- [2] J.B.Antoine Maintz and Max A. Viergever, "A survey of medical image registration," *Medical Image Analysis*, Utrecht, The Netherlands, vol. 2, pp. 1 - 36, March 1998.
- [3] Sun, Bojiao and Zhou, Donghua, "A Rotated Image Matching Method Based on CISD," *A Rotated Image Matching Method Based on CISD*, Nanjing, China, vol. ISSN 07, pp. 1346 - 1352, 2007.
- [4] George Wolberg and Sivavash Zokai, "Robust Image Registration Using Log-Polar Transform," *In Proc. IEEE Int. Conf. image processing*, New York, USA, vol. 1, pp. 493-496, 2000.
- [5] Zhenyong Lin, Junxian Wang, Kai-Kuang Ma, "using eigencolor normalization for illumination invariant color object recognition," *Pattern Recognition Society*, vol. 35, no. 11, pp. 2629-2642, Nov 2002.
- [6] Aryuanto Soetedjo and Keichi Yamada and F. Yudi Limpraponto, "Segmentation of Road Guidance Sign Symbols and Characters Based on Normalized RGB Chromaticity Diagram," *International Journal of Computer Applications*, vol. 3, no. 3, pp. 10-15, June 2010.
- [7] Paulus, D., Csink, L., Nicmann, H., "Color Cluster Rotation," *Image Processing*, 1998, vol. 1 pp. 161-165, 4-7 Oct 1998.
- [8] C. H. Edwards, JR, and David E. Penney, "Calculus and Analytic Geometry", Prentice-Hall:US, 1983.
- [9] F. Panerai and C. Caputo and G. Sindini, "Space Variant Vision for an Active Camera Mount," *In Proc. SPIE AeroSense95*, Cienova, Italy, 1995.
- [10] F. Martin McNEILL, Ellen Thue, *Fuzzy Logic a Practical Approach*, Acadic Press, Inc., London, 1994.
- [11] James Z. Wang Research Group. 2010. "Low resolution web-crawled misc database used in WBIS". Retrieved September 10, 2010. From <http://wang.isi.psu.edu/docs/lowr.shtml>

การเผยแพร่ผลงานวิทยานิพนธ์ระดับนานาชาติ

1. Supot Chaonong, Sirapat Chiewchanwattana and Khamron Sunat. A SIMILARITY MEASURE OF CONTOUR FOR IMAGE REGISTRATION. Louang Prabang, LAO People's Democratic Republic. **The Third International Conference on Science and Technology for Sustainable Development of the Greater Mekong Sub-region (3rd STGMS)**. 24-25 March 2011:Souphanouvong University. 359-363.

A SIMILARITY MEASURE OF CONTOUR FOR IMAGE REGISTRATION

Supot Chaonong¹, Sirapat Chiewchanwatana¹, Khamron Sunat²
¹Department of Computer Science, Faculty of Science, Khon Kaen University,
 Khon Kaen, Thailand

²Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Mahanakorn University of
 Technology, Bangkok, Thailand
 E-mail: schaonong@gmail.com

ABSTRACT

Image registration is a method to identify if the given images are the same. This paper addresses to a limitation of an existing method when image changes by the rotation [4] even if the color of images are similar. To deal with the image rotation, the image is transformed to the polar coordinates and the Bit-wise AND replaces the existing Sum of Squared Differences (SSD). The experimental results show that the proposed method yield better accuracy than existing method.

KEYWORDS: Binary Feature, Contour Image, Bit-wise AND, Image Registration

1. INTRODUCTION

Image registration is a method of image processing of applied work such as remote sensing, medical imaging, computer vision etc. The source or template image is the image used for the compared with the target image [1]. The target image is the image in the image data that has changed from the template image. The image with this change it was probably an error from the recording device, different lighting conditions, different view of the image or the time of the acquisition of different images, including changing due to the rotation and scale. Image registration of these images need to use an appropriate method to provide the most accurate result. Video processing workings on image registration have been developing. Examples of good methods are NCC [2], SSDA [3], and SD [4]. But there is a limitation when image changes by the rotation [4] even if the color of images are similar. Figure 1(A) and (B) are examples of images encountering this kind of problem.

This paper proposed image registration method by converting the image to the polar coordinates to deal with the rotation of images. Figure 1(C) and 1(D) show the images after transformation. Some similar patterns of image are shown up. The range of color is reduced to binary. The similarity measure of images is changes from the existing Sum of Squared Differences (SSD) [6] to Bit-wise AND. The SSD is sensitive to the varying of color and yields more error if the color is slightly changed. But the Bit-wise AND deals with the binary image.



(A)



(B)

Figure 1. (A) Template image, (B) Target image

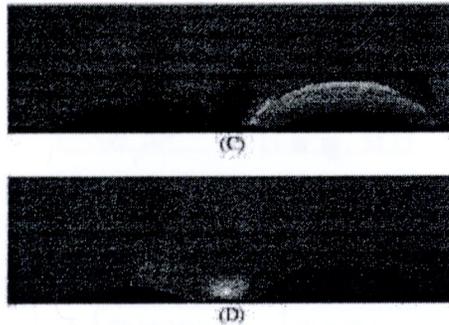


Figure 2. (A) Template image in the Polar coordinates, and (B) Target image in the Polar coordinates

The layout of the images for the rest of paper will be organized as in the Fig. 1 and Fig. 2. Two images are shown in Fig. 1(A) and Fig. 1(B). They are not the same thing. Their color are very similar. So, SSD told that they were the same thing. When they are converted to be the gray images in the polar coordinates, the pattern of lines are shown up. These pattern will be further extracted and be measured.

2. MATERIALS AND METHODS

The diagram of proposed image registration method is shown in Figure 2. The arrow labeling 1 in the figure is the flow of the template image. The arrow labeling 2 is the flow of the target image.

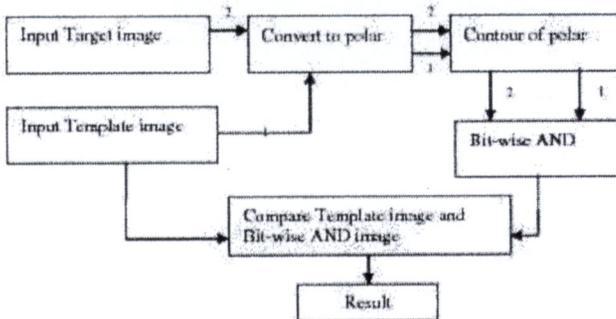


Figure 3. Method diagram

2.1. Converting to polar

The value of the polar coordinates r and θ can be converted to Cartesian coordinates x and y using the trigonometric functions: sine and cosine [5],

$$x = r \cos \theta \quad (1)$$

$$y = r \sin \theta \quad (2)$$

While the value of the Cartesian coordinates x and y can be converted to polar coordinates by r ,

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

Examples depicting the relationship between the Cartesian coordinates and polar coordinates are shown in Figure 3.

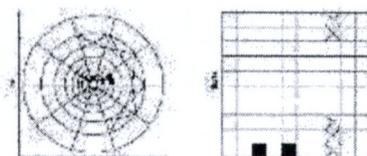


Figure 4. An image in the Cartesian coordinates and polar coordinates

2.2. Contour in Polar (Step 1 Convert image from grayscale to binary)

The gray scale images are converted to the binary images to reduce the range of pixel color to just the white and black. The conversion process has shown as the diagram Figure 4.

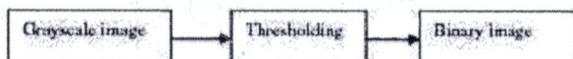


Figure 5. Convert image from grayscale to binary

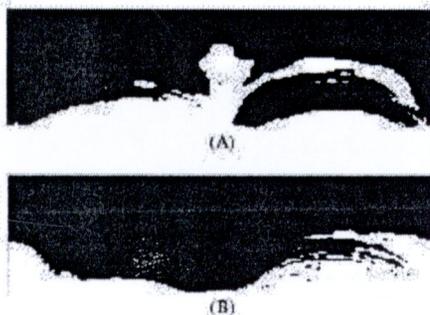


Figure 6. Binary images

2.3. Contour of Polar (Step 2 Create contour image)

The binary images, Figure 5(A) and (B), are converted to contour images using the given 3x3 matrix of Laplacian filtering. The content of the filter is shown in Figure 7. The contours of filtered images are shown in Figure 8.

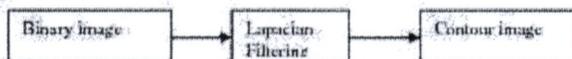


Figure 7: Converting image from binary to contour image

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Figure 8: Matrix 3x3 for Laplacian filtering

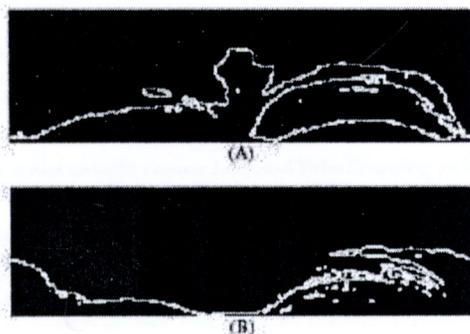


Figure 9: Contour images

The similarity of the contour images can be interpreted from the summation of 1's of the Bit-wise AND operation between the template and target images; the "compare value" in the equation (4).



Figure 10: The Bit-wise AND image between template and target images

The Result is similar or dissimilar according to the following relation with an appropriated threshold value.

$$\text{Result} = \begin{cases} \text{Similar} & \text{if compare value} \geq \text{threshold} \\ \text{Dissimilar} & \text{if compare value} < \text{threshold} \end{cases} \quad (4)$$

In this paper the threshold value is 75% of the summation of 1's of the template image size (Figure 8(A)).

3. RESULTS AND DISCUSSION

The images were selected from James Z. Wang Research Group [7]. The experiment are classified into two parts, (a) the test template image and the target image using the same test set of 200 set, and (b) template image is not the same target image of 100 sets. The results are shown in Table 1.

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{the number of corrected classified}}{\text{the data test size}} \times 100 \quad (5)$$

Table 1 Experimental Results

Data test	Similarity Measure	Data test size	Accuracy (%)
template image and the target image are same	SSD [6]	153	76.5
	Bit-wise AND	164	82.0
template image and the target image are not same	SSD [6]	72	72.0
	Bit-wise AND	89	89.0

4. CONCLUSIONS

When image changes from the rotation [4] even if the color of images are very similar can be solved by converting the image data to the polar coordinates together with Bit-wise AND. This method offers better results of image registration than the existing SSD image similarity measure.

REFERENCES

- [1] Zitova, B. Image registration methods: a survey. *Image and Vision Computing*, pp 977-1000.
- [2] L. G. 1992. *A Survey of Image Registration Techniques*. ACM Computing Surveys (CSUR), New York, NY, pp. 325-376.
- [3] Maintz, 1998. *A survey of medical image registration*. *Medical Image Analysis*, pp. 1-36.
- [4] Sun, 2007. *A Rotated Image Matching Method Based on CSD*. *Advances in Neural Networks*. Proceedings of the 4th International Symposium on Neural Networks, Nanjing, China, pp. 1346-1352.
- [5] Edwards, J. R. and David, H. P. 1982. *Calculus and Analytic Geometry*. Prentice-Hall.
- [6] Wolberg, 2000. *Robust Image Registration Using Log-Polar Transform*. *IEEE Int. conf. image processing*, pp. 493-496.
- [7] <http://wang.ist.psu.edu/docs/hoine.shtml>

2. Supot Chaonong, Sirapat Chiewchanwattana and Khamron Sunat. A SIMILARITY FOR IMAGE REGISTRATION BY AUTOCORRELATION. Louang Prabang, Mahidol University, Nakhon Pathom. **The 8th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE2011)**. 11-13 May 2011: Faculty of ICT, Mahidol University.
(รอนำเสนอผลงาน)



การวัดความคล้ายด้วยสหสัมพันธ์อัตโนมัติ

สำหรับการจดจำภาพ

A Similarity Measure for Image Registration by Autocorrelation

สุพจน์ ชาวนอง (Supot Chaonong), สิริภัทร เขียวชาลวิวัฒน์ (Sirapat Chiewchanwattana)

กัทรณ สุชาติ (Khamron Sunat)

Faculty of Science, Khon Kaen University of Thailand

Email: chaonong@gmail.com; sunkra@kku.ac.th; khamron_sunat@yahoo.com

บทคัดย่อ—การจดจำภาพเป็นการเปรียบเทียบรูปภาพของภาพหรือมากกว่า โดยเน้นข้อมูลออกเป็นสองกลุ่มคือภาพต้นแบบ และภาพเป้าหมายที่มีความผิดปกติ เช่น การบิดเบี้ยวของภาพ การหมุน การขยาย หรือบีบภาพที่มีความสว่างที่แตกต่างกัน เป็นต้น วิธีการที่ได้นำมาใช้ในการจดจำภาพ คือการแปลงภาพให้อยู่ในโครงสร้างแบบพิกัดเชิงขั้ว แล้วทำการวัดความคล้ายด้วยวิธีการ sum of squared differences (SSD) โดยมีหลักการที่วนเวียนคือการวัดความคล้ายของภาพ ซึ่งจะนิยามความแตกต่างของสีของภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายที่มีลักษณะคล้ายกัน ซึ่งทำให้วิธีการ sum of squared differences (SSD) ไม่สามารถวิเคราะห์ที่ผิดพลาดในกรณีซึ่งมีลักษณะวิธีการวัดความคล้ายด้วยวิธีการ polar-autocorrelation ซึ่งเป็นวิธีการวัดความคล้ายโดยใช้หลักการสหสัมพันธ์อัตโนมัติร่วมกับโครงสร้างข้อมูลความถี่ขั้ว จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีการ polar-autocorrelation สามารถให้ผลการที่ตรงความถูกต้องในการเปรียบเทียบภาพต้นแบบ และภาพเป้าหมายที่มีลักษณะคล้ายกันได้ดีกว่าวิธีการแบบเดิม

Keywords: พิกัดเชิงขั้ว, สหสัมพันธ์อัตโนมัติ, ความคล้าย

Abstract— Image Registration is a comparison of two or more images. It is divided into two groups which is original image and target image. Target image contains underlying disorders, thus editing is essential for expanding, rotating image or adjustment of brightness in image for converting the image to the polar structure. After which, measuring the similarity by sum of squared differences (SSD) with the principles of colors. Results accuracy will be affected when the Original Image and the Target Image's color characteristics are similar, which caused the sum of squared differences (SSD) to the analytical error. This research proposed a similar way measurement using polar-autocorrelation

through frequency data structure and color. The results showed that polar-autocorrelation can provide accurate and positive results from target images that have similar colors as compared to the traditional methods.

Keyword: polar, autocorrelation, similarity

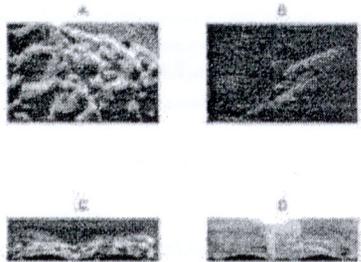
1. บทนำ

การจดจำภาพ (Image registration) [1] เป็นวิธีการประมวลผลภาพที่พิจารณาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างภาพ 2 ภาพหรือจะมากกว่า โดยแปลงภาพเป็น ส่วนที่หนึ่งคือภาพต้นแบบ (Source image) ซึ่งเป็นภาพที่ใช้สำหรับเทียบเคียงกับภาพเป้าหมาย และ ส่วนที่สองคือภาพเป้าหมาย (Target image) ซึ่งเป็นภาพในก้อนข้อมูลภาพที่ถือการเปลี่ยนแปลงไปแตกต่างออกไปจากภาพต้นแบบ โดยภาพเป้าหมายที่มีลักษณะเปลี่ยนแปลงจะเป็นภาพที่เกิดความผิดพลาดซึ่งจะกระทบจากจอคอมพิวเตอร์ บั๊กทีล สภาพสภาพแวดล้อมที่มีแสงที่สว่างเกินไปของจอภาพ หรือช่วงเวลาที่แสงแดดให้มาของจอแตกต่างกัน รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงกันนี้ตรงมาจากรูปภาพ การขยายขนาดของภาพ การจดจำภาพเหล่านี้ จำเป็นต้องใช้วิธีการที่เหมาะสม เพื่อให้มีความถูกต้องมากที่สุดและนำมาประยุกต์ใช้จริง เช่น การประมวลผลภาพระยะไกล (Remote sensing) การประมวลผลทางการแพทย์ (Medical imaging) คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer vision) การประมวลผลภาพวิดีโอ (Video processing) งานด้านการจดจำภาพนี้ ได้มีการพัฒนาเทคนิควิธีการอย่างคึกคัก โดยผู้ที่ประสบความสำเร็จในบรรดาจดจำภาพของวิสัยทัศน์ เช่น NCC [1] SSDA [2] SD [3] ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถพบเจาหาได้ในเว็บไซต์ในรายการนี้ นั่นก็คือให้คอมพิวเตอร์เปรียบเทียบที่ใดในกรณีที่ภาพไม่มีการเปลี่ยนแปลง จึงได้สร้างข้อจำกัดสำหรับภาพที่เกิดการเปลี่ยนแปลงของภาพ (Image) [3]

George Wolberg และ Susanb Zolov (4) ได้เสนอการแปลงโครงสร้างภาพของภาพถ่ายแบบเดิมที่ผู้ใช้มีตำแหน่งอ้างอิงค่าเชิงองศาของจุดศูนย์กลางที่พบของแนวรอยต่อหรือ (x, y) มาใช้โครงสร้างข้อมูลของภาพแบบดิจิทัลซึ่งใช้การอ้างอิงตำแหน่งของข้อมูลเป็นแบบปริมาตรหรือ (x, y, z) แทน เนื่องจากระบบดิจิทัลจึงมีคุณสมบัติที่สามารถใช้วิธีการควบคุมคุณภาพของกระบวนการของภาพและการถ่ายขยายได้ง่ายกว่า ดังนั้นการใช้โครงสร้างข้อมูลแบบดิจิทัลจึงใช้ร่วมกับการวัดความคลาดเคลื่อนของ squared difference (SSD) สามารถวัดความยาวของกรวยที่เงาขึ้นมาได้ไม่ระคายเคือง แต่ด้วยขั้นตอนการวัดความคลาดเคลื่อนของภาพหรือการตัดภาพที่ตรงตามทิศทางเป็นปกติ จึงมีวิธีการของ squared difference (SSD) ซึ่งมีผลกระทบต่อการพิจารณาความถูกต้องของการเปรียบเทียบภาพ กรณีที่ภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายมีลักษณะที่ต่างกัน

บทความวิจัยนี้ได้นำขั้นตอนวิธีการลดขนาดโดยแปลงข้อมูลภาพไปอยู่ในพื้นที่เชิงขั้วซึ่งใช้ในการพิจารณาการหมุนภาพและการขยายภาพร่วมกับการวัดความคลาดเคลื่อนของ squared difference เพื่อลดผลกระทบจากทิศทางที่ต่างกันของจุดใช้สำหรับการเปรียบเทียบแบบเดิมและภาพเป้าหมาย โดยการแปลงข้อมูลที่อยู่ในพื้นที่เชิงขั้ว หลังจากนั้นแปลงข้อมูลภาพไปใช้โครงสร้างข้อมูลแบบเวกเตอร์เชิงขั้ว ใช้สำหรับในทิศทางของข้อมูลที่จะใช้พิจารณา ร่วมกับวิธีการ auto correlation โดยเปรียบเทียบจำนวนค่าเฉลี่ยของพื้นที่ความคล้ายกัน (เพื่อพิจารณาว่าภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายมีความคล้ายกันหรือไม่) อีกด้วย

จากภาพที่ ๖ แสดงตัวอย่างภาพที่ขั้วซึ่งทิศทางโดยพิจารณาจากภาพ C และภาพ D ซึ่งเป็นภาพที่โครงสร้างข้อมูลแบบดิจิทัลเชิงขั้ว ส่วนภาพ A และ B คือภาพต้นแบบและภาพเป้าหมาย ฉายภาพ ความคลาดเคลื่อนที่แสดงจากภาพที่ ๖ นี้มีผลทำให้เห็นว่าภาพต้นแบบและภาพเป้าหมาย เป็นข้อมูลภาพที่ฉายในทิศทางของภาพนี้ในภาพขั้วจึงวัดความคล้ายกันด้วยวิธีที่ใกล้เคียงกันอาจใช้เพื่อเปรียบเทียบว่าสองภาพนี้เป็นภาพเดียวกัน

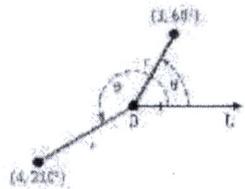


ภาพที่ ๖ ภาพ A และ B เป็นภาพต้นแบบที่หมุนด้วยแปลงข้อมูลแบบดิจิทัลเชิงขั้วอยู่ในทิศทางที่ตรงกันพอดี ส่วนภาพ C และภาพ D เป็นภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายที่ฉายในทิศทางที่ใกล้เคียงกันเพื่อทำการพิจารณาด้วย SSD ไม่กรณีนี้ขอทำไว้คิดค่าขึ้น

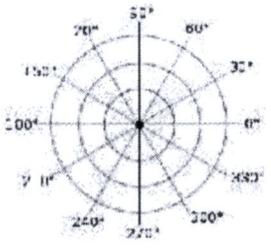
2. ทฤษฎีขั้วเชิงขั้ว

A. ระบบพิกัดเชิงขั้ว

ระบบพิกัดเชิงขั้ว (5) คือ ระบบพิกัดสองมิติ ที่นิยมใช้จุดเฉพาะบนรูปที่ขนาดหรือระยะทางของจุด และมุมของทิศทางจริง โดยจุดจริง เป็นลักษณะของจุดที่เกิดจากระบบพิกัดคาร์ทีเซียน การแสดงของจุดเชิงขั้วบนจุดจริงคือ แทนจุดจริง ระยะทางของจุด เรียกว่ารัศมี และมุมที่จุดจริงระหว่างแกนจริงกับรัศมี เรียกว่า มิตติมุม หรือ มุมเชิงขั้ว ซึ่งภาพที่ ๖ ความสัมพันธ์ของพิกัดเชิงขั้ว คือ มุมเชิงขั้วจะมีค่าอยู่ในช่วง $0 \leq \theta < 2\pi$ และรัศมีจะมีค่าเป็นจริงเสมอ เมื่อหมุนจุดบนจุดจริงครบรอบ และเมื่อหมุนขั้วไปไม่ทิศทางมุมจะวนกลับมาอยู่ที่เดิมหรือรัศมีบวก และเมื่อหมุนขั้วไปไม่ทิศทางมุมจะวนกลับมาอยู่ที่เดิมหรือรัศมีลบ ซึ่งสามารถแสดงภาพด้วย (x, y) สำหรับมุม θ โดยทั่วไป $r \geq 0$ และ θ ในหน่วย (0, 360°) หรือ (-180°, 180°) หรือ หรือ คจภาพที่ ๖



ภาพที่ ๖ จุดในระบบพิกัดเชิงขั้วกับจุด O และแกนจริง x และ y ในหน่วยปริมาตร และ มิตติมุม 60 องศา หรือ จุด (3, 60°) ในจุดที่สอง มีรัศมี 4 และ มิตติมุม 210 องศา หรือ จุด (4, 210°)



ภาพที่ ๖ เส้นกริดขั้วและระบบพิกัดขั้วในระนาบ

II. ความสัมพันธ์พิกัดขั้วกับพิกัดขั้วขั้ว

สำหรับพิกัดขั้ว r และ θ สามารถแปลงเป็นพิกัดคาร์ทีเซียน x และ y โดยใช้ฟังก์ชันโคไซน์และไซน์ ดังสมการที่ 1 และ 2

$$x = r \cos \theta \quad (1)$$

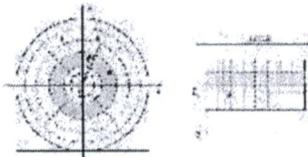
$$y = r \sin \theta \quad (2)$$

และถ้าเราหาพิกัดคาร์ทีเซียน x และ y ก็สามารถแปลงเป็นพิกัดขั้ว r โดยใช้สมการที่ 3

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

และค่า θ สามารถได้สมการ (4)

$$\theta = \begin{cases} 0 & \text{if } x=0 \text{ and } y=0 \\ \arcsin(\frac{y}{r}) & \text{if } x \geq 0 \\ -\arcsin(\frac{y}{r}) + \pi & \text{if } x < 0 \end{cases} \quad (4)$$



ภาพที่ 4 เปรียบเทียบระบบพิกัดขั้วกับพิกัดคาร์ทีเซียน [6]

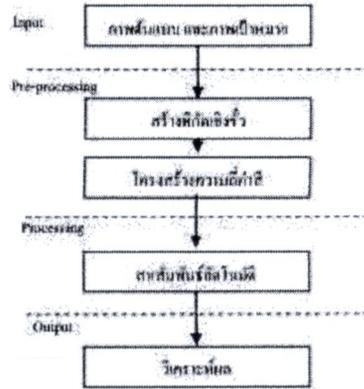
จากภาพที่ 4 จุดสีเทาที่อยู่ในบริเวณสีขาวที่รอบจุดจุด 2 แสดงถึงความสัมพันธ์ของจุดที่อยู่ในพิกัดขั้ว และ พิกัดคาร์ทีเซียน โดยใช้ระยะห่างจากจุดกำเนิดหรือจุดสีเทาถึงสีน้ำตาล หากการพิกัดระบบ จุดสีน้ำตาลเปลี่ยนค่าโดยขยับในแนวแกน x และ พิกัดคาร์ทีเซียนของจุดสีน้ำตาลจะเกิดการขยับในแนวแกน x จนทำให้ระบบขั้วสามารถตรวจหาการเปลี่ยนแปลงของภาพในรูปแบบการหมุนภาพ และการขยายภาพได้

3. วิธีการที่นำเสนอ

A. โครงสร้างระบบ

โดยโครงสร้างของชุดข้อมูลในพิกัดขั้วเพื่อใช้ในการพิจารณาการหมุนภาพ และการขยายภาพ เริ่มเก็บค่าวัดความสัมพันธ์ด้วยวิธี autocorrelation (pole-autocorrelation) เพื่อทดสอบการตรวจจับการบิดเบี้ยวในเชิงการบิดเบือนที่ความถี่ต้นแบบ และภาพเป้าหมาย โดยการแปลงข้อมูลที่อยู่พิกัดขั้ว หรือ จะเริ่มต้นแปลงข้อมูลเพื่อใช้โครงสร้างข้อมูลต้นแบบที่ขาดค่าที่สัมพันธ์กับรูปของจุดสุดท้ายจะใช้ที่หาความสัมพันธ์กับวิธีการ autocorrelation โดย

จะหาความสัมพันธ์ภาพเป้าหมายที่ความสัมพันธ์กัน เพื่อพิจารณาว่าภาพต้นแบบ และภาพเป้าหมาย มีความสอดคล้องกันหรือไม่ และใช้วิธีการดำเนินการข้างต้นได้ภาพที่ 9



ภาพที่ 9 โครงสร้างระบบประมวลผล

B. โครงสร้างความสัมพันธ์ขั้ว

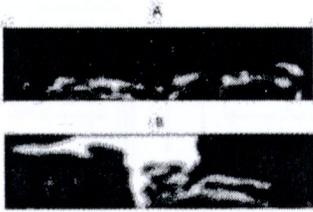
การสร้างข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบโครงสร้างความสัมพันธ์ขั้วคือการแปลงข้อมูลของภาพต้นแบบและภาพเป้าหมายที่ความสัมพันธ์กันด้วยวิธีความสัมพันธ์ขั้วโดยใช้ฟังก์ชันการแปลงโครงสร้างข้อมูลแบบพิกัดขั้วไปยังข้อมูลในรูปแบบภาพขาวดำก่อน หลังจากนั้นใช้ค่าเฉลี่ยของภาพขาวดำที่อยู่ในโครงสร้างข้อมูลแบบ โครงสร้างความสัมพันธ์ขั้ว ไม่สามารถหาผลของข้อมูลไปเป็นภาพขาวดำ [7] เป็นใช้หลักการเวียนเทียนค่าที่ เกี่ยวข้องกับ [8] ที่หาได้จาสมการที่ (5) และ (6)

$$P(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{for pixelvalue} \leq \text{threshold} \\ 1 & \text{for pixelvalue} > \text{threshold} \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{threshold} = \text{average}(\text{max}(P_{\text{template}}), \text{max}(P_{\text{target}})) \quad (6)$$

ในการแปลงภาพที่อยู่ในโครงสร้างพิกัดขั้วซึ่งเป็นภาพระดับเทา นั้นจะนิยามค่าอยู่ระหว่าง 0-255 ในการแปลงเป็นภาพขาวดำในตารางเป็นต้นแบบสามารถใช้ข้อมูลระหว่าง 0-255 ในกรณีที่ไม่ได้เนื่องจากภาพขาวดำจะนิยามคือค่าที่อยู่ระหว่าง 0 และ 1 เช่น ถ้าหากค่าสีในภาพระดับเทาของค่าที่ขีดแบ่งได้ให้ค่าสีที่ไม่ใช่ในภาพขาวดำเป็น 1 นั่นหมายความว่าภาพเป็น 0 คือในกรณีที่ค่าที่เกินค่าเฉลี่ยนั้น ไม่สามารถทำให้เป็นภาพขาวดำที่นำมาทดสอบ อาจจะมีค่าที่เป็นภาพระดับเทาของค่าที่เกินค่าไป ในภาพขาวดำในภาพที่มีโทนสีของภาพที่มีสีเข้มเป็นส่วนใหญ่ หรือในภาพขาวดำในภาพที่มี โทนสีของภาพขาวดำเป็นส่วนใหญ่ การใช้ค่าอยู่ระหว่าง 0-255 ของสีของภาพจะได้ภาพที่เป็นสีขาวล้วน หรือ สีดำล้วน แต่จะไม่สามารถนำไปใช้งานได้ให้มีประสิทธิภาพต่อไปได้ นั่นจึงได้เสนอวิธีการที่หาความสัมพันธ์แบบ

ศึกษาการสรีรวิทยาของชาวต่างชาติ (B) จนกระทั่ง C และ D แสดงเป็น ภาพกราฟแสดงผลของภาพที่ 5 ซึ่งโปรแกรมวิเคราะห์ต้นแบบที่แปลงเป็นภาพขาว-ดำแล้วจะเห็นความแตกต่างกับข้อมูลจริง

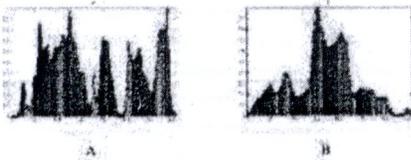


ภาพที่ 5 โปรแกรมจับคู่คุณลักษณะใบหน้า

สมมติว่าโปรแกรมวิเคราะห์ต้นแบบ คัดสรรข้อมูลจำนวนของภาพที่มีอยู่ในชุด ลักษณะต่างๆ โปรแกรมวิเคราะห์คุณลักษณะที่จัดเก็บไว้ ในภาพที่ 1 C และ D แสดง ให้ลักษณะของข้อมูลที่มีลักษณะ หรือเป็นลักษณะที่ใช้เป็นโปรแกรมที่จัดเก็บขึ้น ก็จะเหมือนกับที่ 4 ส่วนๆ ว่า ข้อมูลแต่ละชุดจะมีลักษณะที่คล้ายกันมากที่สุด การวิเคราะห์ โปรแกรมที่มีส่วนรวมกันไว้ ซึ่งแสดงเป็นผลลัพธ์การเปรียบเทียบของภาพของภาพที่ได้ แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมที่วิเคราะห์ข้อมูลจะมีจำนวน $P_{1,2}, P_{1,3}, \dots, P_{1,N}$ เมื่อ M หมายถึงภาพและ N หมายถึงข้อมูล ผลลัพธ์ของการสรีร โยกราฟวิเคราะห์ที่เรียกว่า $P_{1,2}, P_{1,3}, \dots, P_{1,N}$ หมายถึงข้อมูล 1 และ N คอลัมน์ ซึ่ง กำหนดความถี่ของค่าได้ดังนี้

$$F(i) = \sum_{j=1}^M P_{i,j} \quad (7)$$

เมื่อ i มีค่า $1 \leq i \leq N$ เมื่อข้อมูลถูกโปรแกรมวิเคราะห์ของภาพที่ (7) แล้วจะได้ข้อมูลลักษณะที่เห็นเป็นรูปที่ 1 และ N คอลัมน์ ซึ่งแต่ละคอลัมน์จะ เกี่ยวข้องกับความถี่ของค่าที่ได้ ซึ่งแสดงออกมาได้ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูล

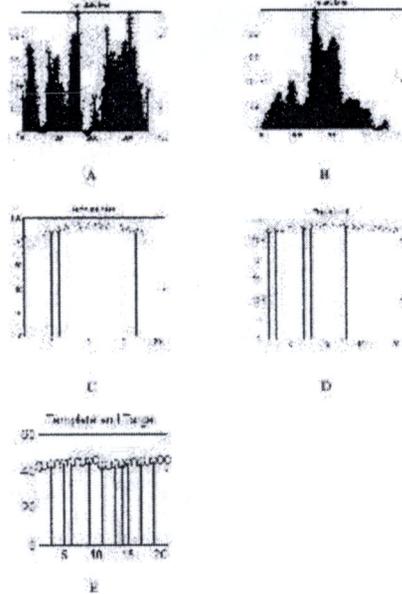
C. สมมติฐานที่ 3 (สมมติฐานที่ 3)

เมื่อสมมติการเปรียบเทียบความถี่ของข้อมูลชุดที่มีจำนวนข้อมูลชุด ข้อมูลได้มีความถี่ที่เทียบข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกันข้อมูลที่เกี่ยวข้อง การเปรียบเทียบ โดยในภาพกราฟที่ 7 นี้ ได้ใช้สมมติฐานที่ 3 (สมมติฐานที่ 3) ส่วนที่วิเคราะห์ความถี่ของข้อมูล โดยที่สมมติฐานที่ 3 เป็นลักษณะที่วิเคราะห์ ความถี่ของภาพที่เทียบกันของภาพที่วิเคราะห์ได้ทั้งหมด เข้าไปแล้ว หลังจากนั้นก็พิจารณาผลการวิเคราะห์ความถี่ของภาพที่เทียบกัน

ภาพเป็นแบบที่มีความถี่ของข้อมูล หรือของค่าที่เทียบกันเปรียบเทียบที่ได้จาก สมการที่ (8)

$$R_{ij}(p) = \sum_{m=1}^M x(m)y(p+m) \quad (8)$$

จากสมการที่ (8) สมมติฐานที่ 3 ได้การเปรียบเทียบความถี่ของข้อมูลชุดที่มี ค่าที่ใกล้เคียงกันในส่วนที่เทียบกัน หรือความถี่ของค่าที่ใกล้เคียงกันของ ข้อมูลที่เทียบกันจะแสดงเป็นกราฟที่เทียบกัน หรือใกล้เคียงกันก็จะสรุปว่าลักษณะของ ภาพที่เทียบกันจะมีลักษณะ คล้ายกัน ในการวิเคราะห์ลักษณะของการเปรียบเทียบที่ใกล้เคียงกันที่เทียบกัน ก็จะเห็นได้ว่า หรือมีความถี่ของค่าที่เทียบกันจะแสดงว่าข้อมูลลักษณะที่เทียบ กันและภาพที่เทียบกันก็จะแสดงค่าที่เทียบกัน ที่แสดงได้ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูล

จากภาพที่ 7 A ถึงภาพที่ 7 E คือภาพที่เทียบกัน ข้อมูลที่วิเคราะห์เพื่อ ศึกษาการเปรียบเทียบความถี่ของภาพ A และ B ซึ่งลักษณะที่เทียบกัน ส่วนที่เทียบกัน C คือ ผลการเปรียบเทียบของภาพที่เทียบกันของข้อมูลชุดที่เทียบ กัน และ D คือ ผลการเปรียบเทียบของภาพที่เทียบกันของข้อมูลชุดที่เทียบ กัน จะเห็นว่าภาพที่ 7 C และ D จะใกล้เคียงกันเมื่อเปรียบเทียบความถี่ของข้อมูลที่จะเทียบ กันและภาพที่เทียบกัน แสดงให้เห็นว่าข้อมูลชุดที่มีลักษณะที่เทียบกันที่เทียบ กัน

5. สรุป

วิธีการแปลงโครงสร้างข้อมูลให้อยู่ในพีคเชิงขั้ว ร่วมกับ การใช้วิธีการค้นหาความสัมพันธ์สัมพันธ์ในมิติ เป็นวิธีการใหม่ที่น่าสนใจและเปรียบเทียบกันระหว่างระบบ SSD พบว่าวิธีการใหม่ที่น่าสนใจคือมีความถูกต้องที่สูงใกล้เคียงกับวิธีการเดิม และมีระยะเวลาการดึงข้อมูลในกรณีทดสอบกับภาพใบมาว (Passer) เมื่อเทียบกับชุดข้อมูลทดสอบที่มีพีคเชิงขั้วมากกว่าสองพันพีค ระยะเวลาในการวิเคราะห์และค้นหาพีคเชิงขั้วในการดึงข้อมูลด้วยวิธีการใหม่ได้ที่มีขั้นตอนการประมวลผลที่ชัดเจนซึ่งช่วยการนำไปวางสร้างระยะเวลาที่ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดวิธีการสัมพันธ์สัมพันธ์ในมิติ ซึ่งช่วยให้สามารถค้นหาเชิงวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่เรียกว่าวิธีการใหม่

6. ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ได้มีขั้นตอนในบท วิทยานิพนธ์ ได้มีการทดลองที่มีความถูกต้องกับชุดข้อมูลภาพที่มีรายละเอียดของภาพไม่ซับซ้อน มีลักษณะของวัตถุที่สภาวะแวดล้อมแตกต่างกันเล็กน้อยซึ่งงานวิจัยที่พัฒนาไปสามารถรองรับภาพที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น ภาพที่มีพื้นผิวหรือภาพวัตถุบนพื้นหลังที่คล้ายกัน ภาพของสถานที่เดียวกันถ่ายในเวลาที่ต่างกัน

REFERENCES

- [1] Brown, Lisa Gottsfield, "A survey of image registration techniques," *ACM Comput. Surv.* New York, USA, vol. 24, pp. 325–376, December 1992.
- [2] J.B. Arkoine, Maimz and Max A. Viergever, "A survey of medical image registration," *Medical Image Analysis*, Utrecht, The Netherlands, vol. 2, pp. 1–36, March 1998.
- [3] Sun, Bojiao and Zhou, Donghua, "A Rotated Image Matching Method Based on C/SVD," *A Rotated Image Matching Method Based on C/SVD*, Nanjing, China, vol. ISBN 971, pp. 1346–1352, 2007.
- [4] George Wolberg and Slavov Zlatev, "Robust Image Registration Using Log-Polar Transform," *In Proc. IEEE Int. Conf. Image Processing*, New York, USA, vol. 1, pp. 493–496, 2000.
- [5] C. H. Edwards, JR. and David E. Penney, "Calculus and Analytic Geometry", Prentice-Hall, 1982.
- [6] F. Pomeri and C. Caputo and G. Sandini, "Space Variant Vision for an Active Camera Model," *In Proc. SPIE AchiSeries925*, Genova, Italy, 1995.
- [7] Wilhelm Burger, Mark J. Burge, "Digital Image Processing An Algorithmic Introduction Using Java," Springer, 2006.
- [8] Bazi, Yankoub and Bruzzone, Lorenzo and Melgani, Farid, "Image thresholding based on the EM algorithm and the generalized Gaussian distribution," *Pattern Recogn.* New York, USA, vol. 40, pp. 619–634, February 2007.
- [9] Charles Schuler, Mahesh Chughra, "Digital Signal Processing a Hands-on Approach," McGraw-Hill, 2005.
- [10] Charles L. Phillips, John M. Parr and Eve A. Riskin, "Signals, Systems, and Transforms Third Edition," Prentice Hall, 2003.
- [11] James Z. Wang Research Group, 2010, "Low resolution web-crawled music database used in WMIS". Retrieved September 10, 2010. From <http://wang.ist.psu.edu/docs/lowres.html>

3. Supot Chaonong, Sirapat Chiewchanwattana and Khamron Sunat. A Similarity Measure for Image Registration by Autocorrelation with Illumination Change. Shanghai, China. **The 8th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD'11)**. 26-28 July 2011: School of Information Science and Technology Donghua University, Shanghai China.
(รอนำเสนอผลงาน)

A Similarity Measure for Image Registration by Autocorrelation with Illumination Change

Supot Chaonong
Department of Computer Science
Faculty of Science, KKU
Khon Kaen, Thailand

Sirapat Chiewchanwattana
Department of Computer Science
Faculty of Science, KKU
Khon Kaen, Thailand

Khamron Sunat
Department of Computer Science
Faculty of Science, KKU
Khon Kaen, Thailand

Abstract— Image Registration is a comparison of two or more images and it is divided into two groups, an original image and a target image. The target image contains underlying disorders, thus editing is essential for expanding, rotating or adjusting the brightness. The old method for achieving this was to convert the image to a polar structure. After which, the color of the image is determined using the similarity by sum of squared differences (SSD). This will affect the accuracy of the second case when the original image and the target image color characteristics are similar. Lighting conditions varies between the original image and the target image which can cause analytical errors in the sum of squared differences (SSD) results. This research proposes a second resolution measurement using polar-autocorrelation with the frequency data structure of colors. The results showed that polar-autocorrelation can provide accurate and positive results from target images that have similar colors when compared to the traditional methods.

Keywords: compensation, autocorrelation, similarity

I. INTRODUCTION

Image registration [1] is a method of image processing that compares two or more images. The process is divided into two parts, a source image and a target image. The target image is an image that has changed from the original image because of one or more of the following scenarios: image errors from the recording device, different exposure conditions, different views or different time of the acquisition of the images, image rotation and scale changes. Image registration is used in many areas, such as remotely sensed and data processing, medical imaging, computer vision, video processing, etc. This technique has been developed continuously over many years and are many proposed methods of image registration, such as NCC [1], SSDA [2], SD [3]. These methods only work well in some cases and the results are only good when the picture does not rotate [3].

George Wolberg and Slavash Zekal [4] proposed to convert the image structure from the traditional reference color image order of rows and columns (x, y) and replace them using polar coordinates for image structure. The new system would reference the position of image color with a radius and angle (r, θ). Polar coordinates can easily be used to determine the relationship of the rotation and scaling of the image. Therefore, the data structure used polar coordinates to measure similarity with a sum of squared differences (SSD) thus augmenting the work.

However, because the nature of the image similarity measurement principle is primarily based on image color the accuracy of the sum of squared differences (SSD) algorithm is impacted in cases where the source image and target images have similar color characteristics or in cases where the images has different brightness levels.

This paper provides a new method of image registration by adding two pre-processing steps to compensate for the brightness levels of the image. These steps adjust the brightness levels to a level that is almost perfect and then convert the image data to polar coordinates to help make decisions on rotation and scale changes. Following these steps a frequency of color is constructed and used in conjunction with the similarity measurement method autocorrelation (polar-autocorrelation) to reduce the analysis errors produced by similar colors and different brightness levels. The autocorrelation attempts to determine if the orders of information are similar and to determine if the source image and the target image are similar or not.

Figure 1 shows examples of images that can produce false results when analyzed using the existing method i.e. images that are similar in color and have different brightness levels. (A) and (B) are similarly colored images and (C) and (D) are images with different lighting levels. It is possible that (A) and (B) could be analyzed and designated as the same image. There is in fact significant differences between the two images. In the case of images with different brightness levels, an analysis may produce results that say the images are different when in fact they are the same but with different levels of brightness.

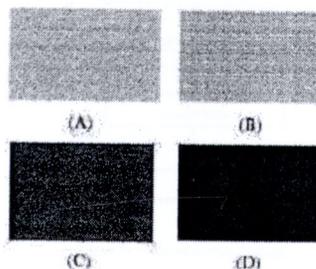


Figure 1. Source and target images that may be misanalyzed.

II. RELATED METHOD

A. Polar coordinates

The two polar coordinates [5] r and θ can be converted to the Cartesian coordinates x and y by using the trigonometric functions sine and cosine (1) and (2).

$$x = r \cos \theta \quad (1)$$

$$y = r \sin \theta \quad (2)$$

While the two Cartesian coordinates x and y can be converted to polar coordinate r by (3).

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (3)$$

And θ by (4).

$$\theta = \begin{cases} 0 & \text{if } x=0 \text{ and } y=0 \\ \arcsin\left(\frac{y}{r}\right) & \text{if } x \geq 0 \\ -\arcsin\left(\frac{y}{r}\right) + \pi & \text{if } x < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Figure 2 below shows the relationship between the two coordinates.

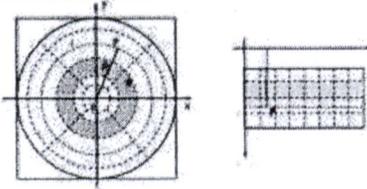


Figure 2. The relationship between polar and Cartesian coordinates. [6]

The shaded areas in Figure 2 shows the relationship between the point on the polar coordinates and the Cartesian coordinates. The polar system can be considered to change the image in the form of rotation and the scale of the image.

B. Fuzzy sets

Fuzzy logic [7] allows member values between 0 and 1, this differs from the classic sets where a member value variable has only one value.

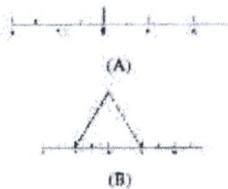


Figure 3. Membership (A) classic sets, (B) fuzzy sets.

In addition, each member has a set of characteristics that determine the function of a member. This value indicates the level of membership functions of variables. For example, the triangular membership function is used to determine three parameters $[a, b, c]$ to determine the level of membership.

$$f(x, a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \\ 0, & c \leq x \end{cases} \quad (5)$$



Figure 4. Triangular membership function.

III. PROPOSED METHOD

A. Diagram

Figure 5 shows the diagram structure of the proposed method. The first step involves preparing the image data by compensating illumination before converting the image data to polar coordinates. The polar coordinates are then converted into frequency of color. Next, auto-correlation is used to measure similarities. This method compares the source image and the target image without being affected by color similarity and brightness difference.

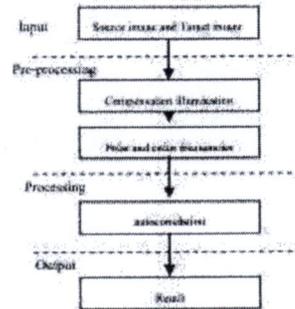


Figure 5. Proposed method diagram

B. Compensation illumination

This paper proposes to compensate the illumination of the picture with fuzzy logic [7] by learning from training sets of 7 groups. Each group contains 150 images and each group of data have different brightness levels. Groups 1-3 have a low brightness level, group 4 has a normal brightness level and groups 5-7 have a high brightness level.

There are three steps involved in compensation illumination. Step 1 identifies and names the fuzzy inputs. Compensation illumination uses the HSV (Hue Saturation Value) color model and one input is a V value from the HSV color model. The identifies of the fuzzy ranges of each group is shown in Table I.

TABLE I. NAME AND RANGES FOR ILLUMINATION INPUT

Name	Ranges
Group 1	0.06-0.34
Group 2	0.15-0.34
Group 3	0.15-0.44
Group 4	0.25-0.65
Group 5	0.35-0.74
Group 6	0.46-0.85
Group 7	0.56-0.96

Figure 6 shows the triangular membership function for identifying the level of membership values.

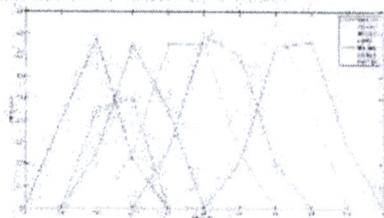


Figure 6 membership ranges

Step 2 identifies the name and fuzzy output of compensation illumination as determined by the difference of values between the average illuminations of each group.

TABLE II. NAME AND COMPENSATION OUTPUT

Name	Output
Group 1	0.240756081
Group 2	0.166809864
Group 3	0.084720627
Group 4	0.0
Group 5	0.191392367
Group 6	0.265722464
Group 7	0.227569496

Step 3 requires the construction of a rule base to adjust the brightness of input data and the output data, these rules are shown in Table III.

TABLE III. COMPENSATION RULES

Rule for compensation input group
Group 1 compensation by increase 0.240756081
Group 2 compensation by increase 0.166809864
Group 3 compensation by increase 0.084720627
Group 4 compensation by increase 0.0
Group 5 compensation by decrease 0.091392367
Group 6 compensation by decrease 0.165722464
Group 7 compensation by decrease 0.227569496

Analysis of color compensation can be obtained from (6)

$$\bar{X} = \sum \frac{W_i X_i}{W_i} \quad (6)$$

Where \bar{X} is the compensation value, W_i is the compensation output, X_i is the membership value, and i is the group output.

C. Frequency of color

In order to create a data structure in the frequency of color the polar coordinates need to be in a binary image format. Once this has been achieved the frequency of the color in each column of the binary image has to be found. In terms of converting the data into a binary image [8] [9], formulae (7) and (8) were used to compare color thresholds.

$$P(x, y) = \begin{cases} 0 & \text{for pixelvalue} \leq \text{threshold} \\ 1 & \text{for pixelvalue} > \text{threshold} \end{cases} \quad (7)$$

$$\text{threshold} = \text{mean}(\text{mean}(P_{\text{temporal}}), \text{mean}(P_{\text{spatial}})) \quad (8)$$

Figure 5. Gray scale images converted to binary images show differences more clearly.

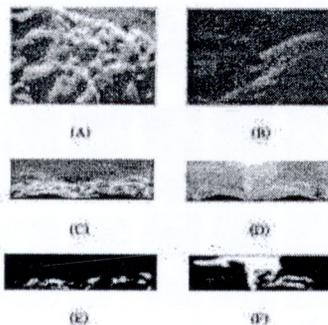


Figure 7. Polar gray scale images to binary images

The data in each column shows the color value of each degree of rotation caused by the polar structure. This property can be used to display a sequence of changes in the rotation of the image. From the polar coordinates $P_{M \times N}$, M refers to row and N refers to column. The size of the resulting image refers to one row with N columns that is defined by the following relationship:

$$P(i) = \sum_{j=1}^N P(i, j), \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (9)$$

Figure 8 (A) and (B) shows the results of a conversion of Figure 7 (E) and (F) from a binary image to frequency of color.

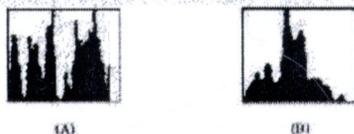


Figure 8. frequency of color

D. Autocorrelation

Autocorrelation is a technique compare the similarity of data sets that can be identified by comparing test data with existing data. This research is based on basic autocorrelation techniques [10][11].

$$R_{xy}[p] = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]y[p+n] \quad (10)$$

Figure 8 shows the image data of frequency of color. Figure 9 (C, D, E) shows the output from that same data after autocorrelation.

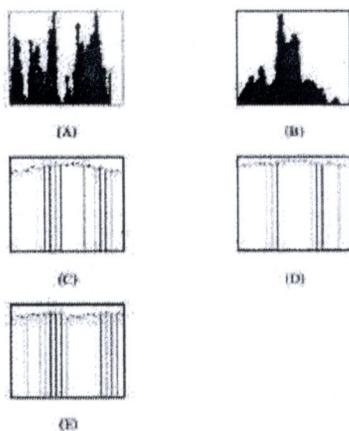


Figure 9. Similarity by autocorrelation

Figure 9 (A) is the source image; (B) is the target image. (C) is the comparison between (A) and (A), (D) is the comparison between (B) and (B) and (E) is the comparison between (A) and (B). As can be seen in Figure 9 (C) and (D) the data is symmetrical i.e. the data on either side on the central point of the output is similar whereas the data in 9 (E) is not symmetrical. Figure 10 (A) and (B) also shows the comparison. It can be concluded from this figure that the data are similar (A) or dissimilar (B).

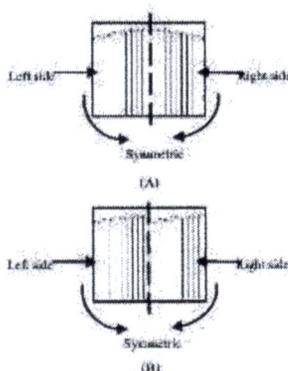


Figure 10. result of compare

IV. RESULTS

A. Data sets

Experimental image data from the James Z. Wang Research Group [12] was divided into 3 groups, each with 150 data sets: group 1 contains low brightness images, group 2 contains the original images and group 3 are higher brightness images. Each group are rotating images.

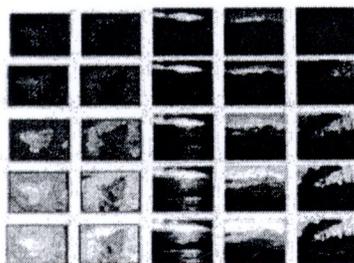


Figure 11. example of data sets.

B. Results

A comparison of existing methods and the proposed methods for the test series in each case are summarized in Table IV.

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{the number of corrected classified}}{\text{the data test size}} \times 100 \quad (11)$$

TABLE IV. COMPENSATION RULES

Method	Accuracy(%)		
	Group1	Group2	Group3
Exist method	61.99	62.00	62.33
Propose method	97.66	96.00	88.66

The results show that the proposed method produced a more accurate output all cases. This indicates that the proposed method can overcome problems of color similarities and brightness levels and changes to the image such as rotation and scale. The existing method provides no compensating illumination, which may result in a failure to process. Reducing the impact of color similarities by converting the image data by frequency of color with autocorrelation methods, which are suitable for measuring the similarity of data in frequency of color, provides more accurate results.

V. CONCLUSIONS

Image data structures in polar coordinate form work well with autocorrelation. This proposed autocorrelation provides a much higher percentage of accuracy when compared to the older SSD method. The existing image registration methods are based on color that can produce errors in results. The proposed method offers added feature of polar structure conversion to frequency of color and similarity measurement by autocorrelation.

The study presented in this article used images that were not too complex but it hoped that in the future more complicated images, with complex backgrounds or objects on different background can be processed using this new proposed method of image registration.

REFERENCES

- [1] Brown and Lasz Gatosfeld, "A survey of image registration techniques," *ACM Comput. Surv.*, vol. 24, pp. 325–376, December 1992.
- [2] J.B. Antoine Maitez and Max A. Viergever, "A survey of medical image registration," *Medical Image Analysis*, vol. 2, pp. 1–36, March 1998.
- [3] Sun, Bojian and Zhou, Donghua, "A Rotated Image Matching Method Based on CISD," *A Rotated Image Matching Method Based on CISD*, pp. 1346–1352, 2007.
- [4] George Wolberg and Siavash Zokai, "Robust image registration using log-polar transform," *In Proc. IEEE Int. Conf. image processing*, vol. 1, pp. 491–496, 2000.
- [5] C. H. Edwards, JR. and David E. Penney, *Calculus with analytic geometry*, 1st ed., PWS Publishers, 1963, pp.584-601
- [6] F. Panerit, C. Caputo and G. Sandini, "Space variant vision for an active camera mount," *In Proc. SPIE ActuoSense95*, 1995.
- [7] P. Martin McNEILL, *Ellen Tiro, Fuzzy Logic a Practical Approach*, 1st ed., Acadic Press, 1994, pp.57-70
- [8] Wilhelm Burger, Mark J. Burge, *Digital Image Processing, An Algorithmic Introduction Using Java*, 1st ed., Springer, 2008, pp.53-55
- [9] Izat, Yskoub and Bruzzone, Lorenzo and Melgaa, Faid, "Image thresholding based on the EM algorithm and the generalized Gaussian distribution," *Pattern Recogn.*, vol. 40, pp. 619–634, February 2007.
- [10] Charles Schuler, Mahesh Chazani, *Digital Signal Processing a Hands-on Approach*, 1st ed., McGraw-Hill, 2005, pp.47-57
- [11] Charles L. Phillips, John M. Parr and Ilye A. Rizkar, *Signals Systems and Transforms Third Edition*, 3rd ed., Prentice Hall, 2003, pp.660-666
- [12] James Z. Wang Research Group, 2010. Low resolution web-crawled misc database used in WBIS. Retrieved September 10, 2010. From <http://wang.it.psu.edu/doc/shome.html>.



ประวัติผู้เขียน

นายสุพจน์ ชาวหนอง

เกิดเมื่อวันที่ 28 มีนาคม พุทธศักราช 2524
ณ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดมหาสารคาม

การศึกษา

ระดับมัธยมศึกษา

โรงเรียนดงใหญ่วิทยาคม รัชมังคลาภิเษก

ระดับปริญญาตรี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

การทำงาน

ปี 2547 - 2548

ผู้ช่วยนักวิจัย คณะวิทยาการสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ปี 2549 - ปัจจุบัน

ข้าราชการครู กลุ่มสาระการเรียนรู้การงาน
อาชีพและเทคโนโลยี
โรงเรียนบ้านตาพวนสร้างแข่ง
อำเภอยางสีสุราช จังหวัดมหาสารคาม

