

การประมวลผลภาพ 360 องศาในงานพิสูจน์ตัวตน 360-Degree Image Processing for Forensic Identification

จุฑาภรณ์ บำรุงเพชร¹, และ ทรงพล องค์กรวัฒนกุล²

¹ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม

²ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, นครปฐม

E-mail: anuphap.game@gmail.com, songpol.ong@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการถ่ายภาพในปัจจุบัน เปิดโอกาสให้การเก็บภาพแบบทรงกลม (Spherical Image) ที่เก็บแบบ 360 องศา สามารถกระทำได้และมีใช้งานแพร่หลายเพิ่มขึ้น ส่งผลให้งานพิสูจน์ตัวตนและเอกลักษณ์ของบุคคลและวัตถุต้องสงสัยจากข้อมูลภาพ เพื่อใช้ในกระบวนการยุติธรรมมีความจำเป็นต้องทำการศึกษาเพื่อที่จะใช้เป็นหลักฐานภาพถ่ายแบบดิจิทัลได้ ข้อมูลภาพแบบทรงกลมจะถูกเก็บไว้ในไฟล์ในลักษณะเดียวกับข้อมูลภาพทั่วไปมีลักษณะเป็นข้อมูลแบบ 2 มิติ แต่เนื่องจากพิกเซลแต่ละพิกเซลนั้นมีพื้นฐานมาจากระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinate System) ซึ่งแตกต่างกับการฉายภาพในระบบพิกัดฉาก (Cartesian Coordinate System) ของกล้องถ่ายภาพทั่วไป จึงทำให้ส่วนบนและส่วนล่างของภาพถูกบีบอัดและสูญเสียสัดส่วนที่ถูกต้องไป ในการศึกษาครั้งนี้จะเน้นการแปลงภาพจากทรงกลม ไปสู่ภาพแบบทรงกระบอก และทำการฉายบนระนาบสมมติ จากการทดลองพบว่า ความแม่นยำในการวัดความสูงและความกว้างของวัตถุ มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ที่ระยะทางไม่เกิน 1.8 เมตร และภาพผลลัพธ์ที่ได้มีความเหมาะสมกว่าในการใช้ในกระบวนการพิสูจน์ตัวตน

คำสำคัญ: กล้อง 360 องศา, ภาพแบบทรงกลม, งานพิสูจน์หลักฐานภาพถ่ายดิจิทัล

Abstract

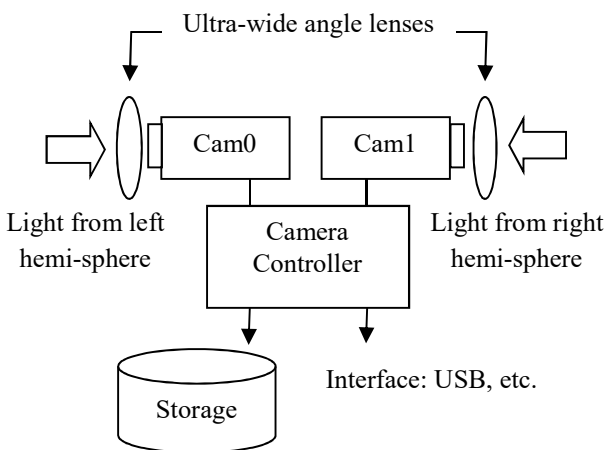
Recent digital imaging technologies enable a new way to capture spherical image which allow capturing 360-degree simultaneously. This technology has been made available and has an increasing popularity in public. Therefore, to accept such digital images as forensic evidences, some studies are needed. In practice, a spherical image is stored in an image file such as JPEG. However, the geometrical relationship between adjacent pixels is based on polar coordination system which differs from

the projection in Cartesian coordinate system in normal photography. As a result, upper and lower parts of the spherical image are compressed and highly distorted. This study focuses on spherical-cylindrical transformation and the projection onto a virtual plane to correct the image geometry. The experiment confirms that the error of estimated height and width of objects at a distance less than 1.8 meters is within 5 percent and the result images are more suitable to be used for forensic identification.

Keywords: 360-degree camera, spherical image, digital image forensics

1. คำนำ

เทคโนโลยีการถ่ายภาพแบบทรงกลมสามารถในปัจจุบันใช้การรวมภาพจากกล้องหลายตัว (Multiple Cameras) [1] ที่ถ่ายภาพจากหลายมุมมอง (Multiple Viewports) ณ เวลาเดียวกัน แล้วใช้การประมวลผลภาพโดยซอฟต์แวร์ในการเย็บภาพ (Image Stitching) [2] เข้าด้วยกัน ทำให้ได้ภาพทุกมุม ณ เวลาเดียวกัน และถูกนำเสนอในภาพเพียงภาพเดียวได้ โดยปกติจำนวนกล้องที่ใช้ในการเก็บภาพลักษณะนี้จะไม่น้อยกว่า 2 กล้อง ทั้งนี้ขึ้นกับความกว้างของเลนส์รับภาพว่าสามารถมีมุมมองได้กว้างมากเพียงใด จำนวนกล้องที่ใช้ในการเก็บภาพก็สามารถลดลงได้ ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 1 ประกอบด้วยกล้อง Cam0 และ Cam1 จำนวน 2 ตัว รับภาพผ่านเลนส์มุมกว้างมากกว่า 180 องศาจากครึ่งโลกด้านซ้ายและด้านขวา โดยส่วนควบคุมกล้องทำหน้าที่เก็บภาพจากทั้งสองกล้อง ณ เวลาเดียวกันและประมวลผลภาพเพื่อเย็บภาพทั้งสองด้านเข้าด้วยกัน ก่อนจัดเก็บในรูปแบบของไฟล์รูปภาพลงในส่วนบันทึกข้อมูลและ/หรือส่งผ่านส่วนประสานอื่น ๆ



รูปที่ 1 ตัวอย่างโครงสร้างกล้องถ่ายภาพแบบ 360 องศา

ลักษณะของภาพที่เก็บได้ จะเป็นภาพที่เป็น 2 มิติเหมือนภาพปกติ แต่ความสัมพันธ์ของตำแหน่งพิกเซลจะเป็นข้อมูลเชิงมุมในระบบพิกัดทรงกลม (Spherical Coordinate System) ในขณะที่ภาพจากกล้องปกติจะเป็นการฉายภาพ (Image Projection) ที่เกิดขึ้นบนระนาบสมมติ จากระยะห่างตามระยะโฟกัสของภาพ ในระบบพิกัดฉาก (Cartesian Coordinate System) ทำให้ภาพที่ปรากฏมีความผิดเพี้ยนของรูปทรงของวัตถุในส่วนบนและล่างของภาพอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งจะสังเกตเห็นว่า ส่วนที่ยังใกล้ขอบบนของภาพ และยิ่งใกล้ขอบล่างของภาพ จะถูกบีบให้มีขนาดเล็กลงมากขึ้น ส่งผลให้ความบิดเบี้ยวของรูปทรงไม่เป็นไปตามสัดส่วนตามธรรมชาติ โดยปกติจะต้องใช้ซอฟต์แวร์ช่วยในการระบุมุมมองที่ต้องการ เพื่อที่จะทำการประมวลผลภาพให้มีสัดส่วนใกล้เคียงตามธรรมชาติมากขึ้น แต่ความผิดเพี้ยนนี้ จะยังคงไม่หมดไป



รูปที่ 2 ตัวอย่างภาพจากกล้อง 360 องศา

ในการประยุกต์ใช้เพื่อความบันเทิงนั้นข้อมูลภาพในลักษณะนี้ไม่ถือว่าเป็นอุปสรรคต่อการทำงานแต่อย่างใด แต่หากการนำไปใช้เพื่อประกอบเป็นหลักฐานในการพิสูจน์อัตลักษณ์บุคคลหรือประกอบการพิจารณาในชั้นศาล ความบิดเบี้ยวของรูปทรง รูปร่าง ขนาด และคุณลักษณะเฉพาะของภาพที่ปรากฏ อาจมีผลต่อรูปคดีเป็นอย่างมาก

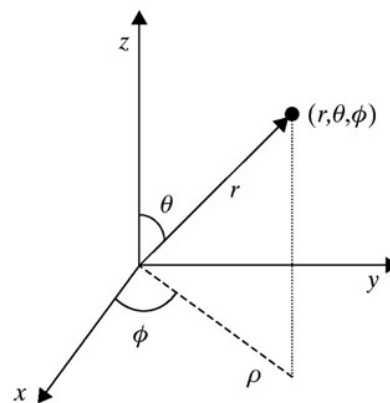
การพิสูจน์ตัวตน (Forensic Identity) โดยหลักการสามารถทำได้หลายวิธี คือ จากสิ่งที่รู้ จากสิ่งที่ไม่มี หรือจากสิ่งที่เห็น เพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่งหรือประกอบกัน เพื่อให้สิ้นข้อสงสัย ในการใช้ภาพถ่ายในการพิสูจน์ตัวตนแบบหนึ่งจากสิ่งที่เห็น ซึ่งยังไม่มามีมาตรฐานรองรับ แต่มีกระบวนการที่หน่วยงานด้านการสืบสวนใช้เพื่อระบุตัวตนข้อมูล ซึ่งจะใช้ภาพหน้าตรงเป็นต้นแบบ และมีการชิงเส้นแนวตั้งและแนวนอนไปที่ภาพที่เก็บมาจากวงจรปิด หากมีสถิติของอัตลักษณ์บนใบหน้าสอดคล้องกัน ก็จะสามารถระบุตัวตนได้ในที่สุด

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาแนวทางในการประมวลผลที่เหมาะสมเพื่อเปิดทางให้สามารถใช้ข้อมูลภาพทรงกลมเป็นหลักฐานภาพดิจิทัลที่สามารถใช้พิสูจน์ตัวตนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. หลักการและทฤษฎี

2.1 ระบบพิกัดทรงกลม

ภาพที่ถ่ายจากกล้องแบบ 360 องศาจะใช้ระบบพิกัดทรงกลม [3] เป็นพื้นฐานในการอ้างอิงตำแหน่งพิกเซลของภาพ ในระบบพิกัดทรงกลมนั้น ตำแหน่งใด ๆ ในโลก 3 มิติ สามารถอ้างอิงผ่านตัวแปรระบบพิกัดทรงกลม 3 ตัวแปรคือ (ρ, θ, φ) โดยที่ ρ คือระยะขจัดจากจุดกำเนิด θ คือมุมที่ทำกับแกนในแนวตั้ง (แกน Z) หรือ Polar angle และ φ คือมุมที่เกิดขึ้นกับแกน X ในระนาบ X-Y หรือ Azimuth ดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ระบบพิกัดทรงกลม

การแปลงพิกัดระหว่างพิกัดทรงกลมในระบบพิกัดฉาก (Cartesian Coordinate System) จะใช้สมการที่ 1, 2 และ 3 เพื่อคำนวณจาก (x, y, z) ไปเป็น (ρ, θ, φ) ดังนี้

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{\sqrt{x^2 + y^2}}{z} \right] \quad (2)$$

$$\varphi = \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right) \quad (3)$$

ในการประยุกต์ระบบพิกัดทรงกลมเพื่อใช้อ้างอิงตำแหน่งของพิกเซลในภาพ 360 องศา ทำให้ตัวแปร ρ กลายเป็นค่าคงที่ เนื่องจากการฉายภาพจากสภาพจริงลงบนฉากรับภาพเสมือน (Virtual) แบบทรงกลมที่มีรัศมีคงที่ ดังนั้นการอ้างอิงตำแหน่งพิกเซลจึงใช้เพียง (θ, φ) โดยที่ θ มีค่าระหว่าง $-\pi/2$ ถึง $\pi/2$ และ φ มีค่าระหว่าง $-\pi$ ถึง π ส่งผลให้พิกเซลในตำแหน่ง (m, n) ของภาพแบบ 360 องศา โดยที่ m และ n เป็นเลขจำนวนเต็มระหว่าง 0 ถึง $(M-1)$ และ 0 ถึง $(N-1)$ ตามลำดับ สำหรับภาพขนาด $M \times N$ พิกเซล จะสามารถคำนวณตำแหน่ง (θ, φ) ได้โดยใช้สมการที่ 4 และ 5 ดังนี้

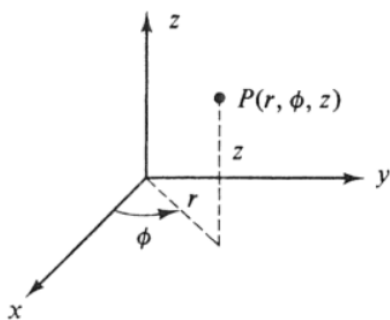
$$\theta = \pi \cdot \left[\frac{n}{N} - \frac{1}{2} \right] \quad (4)$$

$$\varphi = 2\pi \cdot \left[\frac{m}{M} - \frac{1}{2} \right] \quad (5)$$

ทำให้จุดกึ่งกลางภาพ 360 องศาใด ๆ คือพิกัดมุม $(\rho, 0, 0)$ ของระบบพิกัดทรงกลม

2.2 ระบบพิกัดทรงบอก

ระบบพิกัดทรงบอก (Cylindrical Coordinate System) จะใช้คู่ลำดับ 3 ตัวในการอ้างอิง คือ (r, φ, z) โดยที่ r คือระยะวัดจากจุดกำเนิดในระนาบ X-Y φ คือมุมที่เกิดขึ้นกับแกน X ในระนาบ X-Y หรือ Azimuth และ z คือความสูงในแกน Z ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ระบบพิกัดทรงบอก

การแปลงจากระบบพิกัดฉากเป็นระบบพิกัดแบบสามารถทำได้โดยใช้สมการที่ 6, 7 ดังนี้

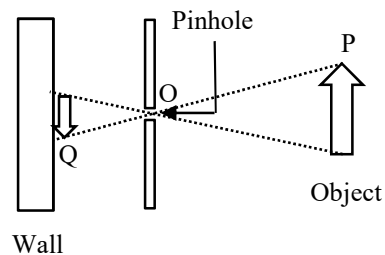
$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (6)$$

$$\varphi = \begin{cases} 0, & x = y = 0 \\ \sin^{-1} \left(\frac{y}{r} \right), & x = 0 \\ \tan^{-1} \left(\frac{y}{x} \right), & x > 0 \\ -\sin^{-1} \left(\frac{y}{r} \right) + \pi, & x < 0 \end{cases} \quad (7)$$

2.3 หลักการของกล้องรูเข็ม

กล้องรูเข็ม (Pinhole camera) [4] เป็นโมเดลหนึ่งของเซ็นเซอร์ที่ให้กำเนิดข้อมูลภาพ โดยมีหลักการทำงานคือ แสงจากวัตถุเดินทางผ่านช่องเปิดขนาดเล็กเท่ารูเข็มเป็นเส้นตรง และทำให้เกิดภาพฉาย (Projected image) บนฉากที่อีกฝากหนึ่งของรูเข็ม ภาพที่ได้จะเป็นภาพหัวกลับ ดังแสดงในรูปที่ 5

การฉายภาพ (Projection) จึงเป็นกระบวนการสำคัญในการโมเดลการรับแสงเพื่อใช้ในการสร้างข้อมูลพิกเซลของภาพ แสง P จากวัตถุที่ผ่านรูเข็มที่จุด O จะเดินทางต่อไปเป็นเส้นตรงเพื่อไปกระทบฉากรับภาพที่จุด Q เสมอ ระยะทาง OQ เทียบได้กับระยะโฟกัส (Focal length) ของกล้องที่ใช้เลนส์เป็นจุดรวมแสง สำหรับกล้องถ่ายภาพแบบ 360 องศา ระยะทาง OQ คือค่า ρ นั่นเอง

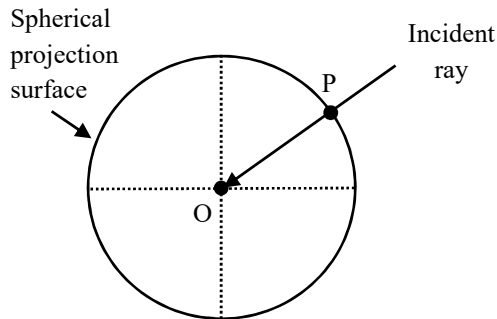


รูปที่ 5 หลักการทำงานของกล้องรูเข็ม

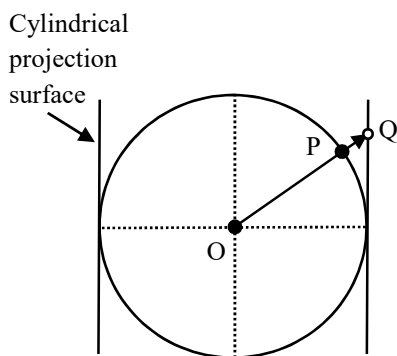
จากหลักการของกล้องรูเข็มนี้ทำให้สามารถโมเดลได้ว่า พิกเซลแต่ละพิกเซลที่เกิดขึ้นบนภาพถ่ายแบบ 360 องศา นั้นมาจากการฉายภาพรอบทิศทางในระบบพิกัดทรงกลม รูปที่ 6 แสดงถึงลำแสงจากวัตถุ P พุ่งเข้าหาจุดศูนย์กลางกล้อง O ซึ่งเป็นจุดโฟกัสสมมติ จะทำให้เกิดพิกเซลในตำแหน่ง $P(\rho, \theta, \varphi)$ ในระบบพิกัดทรงกลมขึ้น ในการแก้ความบิดเบี้ยวของภาพที่เกิดขึ้นในแนวตั้ง θ หรือขอบบนและล่างของภาพ จึงสามารถใช้ในการฉายภาพย้อนกลับในทิศทางเดิม เพื่อฉายภาพย้อนกลับไปยังทรงกระบอกที่มีรัศมีเท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 7 ทำให้ได้พิกเซลในตำแหน่ง Q ที่อยู่บนภาพใหม่ในระบบพิกัดแบบทรงกระบอก

หลักการในการฉายภาพแบบย้อนกลับนี้เป็นกุญแจสำคัญในการทำให้วัตถุที่ปรากฏอยู่ในภาพถ่ายจากกล้องแบบ 360 องศา กลับมามีสัดส่วนที่ถูกต้องและเหมือนจริงได้อีก การแปลงภาพจากระบบพิกัดหนึ่งสู่

ระบบพิกัดอีกอันหนึ่งนั้น อาจมีการสูญเสียข้อมูลภาพเกิดขึ้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำวิจัยเพื่อศึกษาให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน



รูปที่ 6 ภาพด้านหน้า (Front view) ของการฉายภาพในระบบพิกัดทรงกลมทำให้เกิดพิคเซลในตำแหน่ง P



รูปที่ 7 ภาพด้านหน้า (Front view) ของการฉายภาพย้อนกลับในทิศทางเดิมกลับไปบนพิกัดแบบทรงกระบอกทำให้เกิดพิคเซลในตำแหน่ง Q

3. เปรียบวิธีวิจัย

3.1 การฉายภาพย้อนกลับ

หลักการในการฉายภาพย้อนกลับสำหรับภาพถ่ายแบบ 360 องศาเพื่อแก้ไขความผิดเพี้ยนของภาพนั้น จะอ้างอิงตามเวกเตอร์ของแสงที่ทำให้เกิดพิคเซลในภาพระบบพิกัดทรงกลม ตามรูปที่ 6 และมีการฉายภาพย้อนกลับในทิศทางเดิม เมื่อแสงกระทบกับฉากก็จะเกิดเป็นพิคเซลบนภาพใหม่ ซึ่งตามรูปที่ 7 จะเป็นการฉายภาพย้อนกลับไปที่ฉากรับที่เป็นรูปทรงกระบอก การฉายภาพตามรูปที่ 6 และ 7 จะทำให้ส่วนบนและล่างของภาพนั้นถูกยืดออก การแปลงจากระบบพิกัดทรงกลม $(\rho, \theta, \varphi_s)$ ไปสู่ระบบพิกัดทรงกระบอก (r, φ_c, Z) เป็นไปตามสมการที่ 8, 9 และ 10

$$r = \rho \tag{8}$$

$$\varphi_c = \varphi_s \tag{9}$$

$$z = \rho \cdot \tan \theta \tag{10}$$

โดยที่ ρ คือระยะโฟกัสของการฉายภาพ φ_s คือมุม Azimuth ในระบบพิกัดแบบทรงกลม และ θ คือมุมที่ทำกับแกน Z ในระบบพิกัดทรงกระบอก ทำให้ได้พิกัดทรงกระบอกเป็น (r, φ_c, Z)

จากความสัมพันธ์ระหว่างระบบพิกัดทรงกลมและทรงกระบอกนี้ ทำให้สามารถทำการสุ่มสัญญาณภาพใหม่ (Image Resampling) โดยใช้กระบวนการแก๊ซบิลินเนียร์ (Bilinear interpolation) เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่ได้สัดส่วนของภาพดีขึ้น ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 8 ซึ่งเป็นภาพผลลัพธ์จากการฉายย้อนกลับของภาพในรูปที่ 2



รูปที่ 8 ภาพผลลัพธ์จากการฉายภาพย้อนกลับจากระบบพิกัดทรงกลมไปสู่ระบบพิกัดทรงกระบอกตามสมการที่ 8, 9 และ 10

จากกระบวนการดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า ในภาพผลลัพธ์ที่ได้นั้น หากปรากฏวัตถุที่ความสูงอยู่ในแนวขนานกับแกน Z เช่น ตัวหุ่นเส้า ประตู่ หรือแคร่ ความสูงนั้นจะถูกแก้ไขด้วยการฉายภาพย้อนกลับทำให้ได้ความสูงที่ได้สัดส่วนคืนมา หากวัตถุหรือส่วนของวัตถุที่วางตัวอยู่ในแกน R (ระยะทางจากกล้องถึงวัตถุ) จะมีสัดส่วนผิดเพี้ยนอยู่ หากความสูงในแกน Z เป็นข้อมูลสำคัญ การฉายภาพเป็นระบบพิกัดทรงกระบอกสามารถทำให้สามารถวัดความสูงจากภาพได้

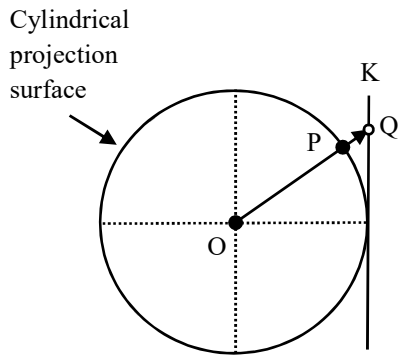
อย่างไรก็ดีความผิดเพี้ยนของภาพในแนวแกนนอนยังคงมีปรากฏอยู่ในระบบพิกัดทรงกระบอก จากรูปที่ 9 ซึ่งแสดงภาพมุมมองบน (Top

view) ของภาพถ่ายในพิกัดทรงกระบอก จะพบว่ามีความโค้งของทรงกระบอกที่ทำให้วัตถุดูผอมกว่าความเป็นจริงอยู่ ดังนั้นหากสามารถสร้างระนาบสมมติ K ขึ้นมารองรับการฉายภาพ จากจุด P มาที่จุด Q จะทำให้ได้สัดส่วนที่ถูกต้องของภาพในแนวแกนอนด้วย การแปลงพิกัดนี้จะใช้สมการที่ 11 และ 12 เพื่อให้เกิดเป็นระบบพิกัดใหม่ (x, y) บนระนาบสมมติ K

$$x = \rho \cdot \tan \varphi_c \quad (11)$$

$$y = z \quad (12)$$

โดยที่ ρ คือระยะโฟกัสของการฉายภาพ φ_c คือมุม Azimuth ในระบบพิกัดทรงกระบอก และ z คือความสูงในแกน Z ในระบบพิกัดทรงกระบอก



รูปที่ 9 ภาพมุมมองบน (Top view) ของการฉายภาพจากระบบพิกัดทรงกลมไปสู่พิกัดบนระนาบสมมติ K

ในทางปฏิบัติ เนื่องจากการฉายภาพจากจุดศูนย์กลาง O ไปที่ระนาบ K นั้น ทำมุมกว้างได้ไม่เกิน π ดังนั้นเพื่อให้ได้ภาพที่ดีที่สุด การฉายภาพจึงจำเป็นต้องจัดให้ระนาบ K รองรับการฉายภาพให้ตรงกับวัตถุที่สนใจก่อนแล้วจึงทำการฉายภาพ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ตามรูปที่ 10 โดยที่วัตถุที่สนใจคือตัวหุ่นในรูป ผลจากการฉายภาพนี้ทำให้วัตถุขยายขึ้นในแนวอนเพื่อให้ได้ระยะประมาณเสมือนหนึ่งวัตถุนั้นอยู่บนระนาบสมมติที่ตั้งขึ้น

จากการฉายภาพเพื่อปรับค่าในแนวตั้ง (ระบบพิกัดทรงกลมสู่ระบบพิกัดทรงกระบอก) และปรับค่าในแนวอน (ระบบพิกัดทรงกระบอกสู่พิกัดบนระนาบสมมติ) จะทำให้ได้กระบวนการแปลงภาพถ่ายแบบ 360 องศาไปสู่ระนาบสมมติที่ตั้งฉากกับระนาบพื้นดินและตั้งฉากกับทิศทางของการรับภาพจากกล้อง และได้ผลลัพธ์เป็นภาพที่มีสัดส่วนเหมือนจริงมากขึ้น

เพื่อจะได้นำภาพผลลัพธ์สู่กระบวนการวัดความสูง ความกว้าง และการแสดงคุณลักษณะเฉพาะของวัตถุได้



รูปที่ 10 ผลลัพธ์จากการฉายภาพจากระบบพิกัดทรงกระบอกสู่พิกัดบนระนาบสมมติ

3.2 กระบวนการในการทดลอง

การทดลองเพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการวัดความสูงและความกว้างของวัตถุที่ทราบขนาดแน่นอน โดยมีการปรับระยะทางหน้ากล้องจาก 60, 90, 120 และ 180 เซนติเมตร และมีปรับระยะด้านข้างจาก -60, -30, 0, 30 และ 60 เซนติเมตรในแต่ละระยะทาง และปรับความสูงอีก 3 ระดับคือ 120, 160 และ 180 เซนติเมตร เป็นจำนวนภาพทั้งสิ้น $4 \times 5 \times 3 = 60$ ภาพ โดยที่แต่ละภาพจะมีหุ่นที่มีความสูง 180 เซนติเมตรปรากฏอยู่เสมอ

การวัดความสูงของวัตถุจากภาพถ่ายสามารถทำได้วิธีอ้างอิงกับขาของ Tripod ที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งระบบที่ถ่ายภาพนี้ใช้กล้อง Ricoh Theta S ที่ติดตั้งอยู่บน Tripod มีระยะห่างแต่ละขาจากศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร และสามารถประมาณความสูง H_c ของกล้องจากพื้นได้จากโมเดลในรูปที่ 11 วัตถุที่ต้องการวัดความสูงมีความสูงเท่ากับ H_o อยู่ห่างจากกล้องเป็นระยะทาง D ตามรูป และสามารถคำนวณค่าความสูงของวัตถุ H_o ได้จากสมการดังต่อไปนี้

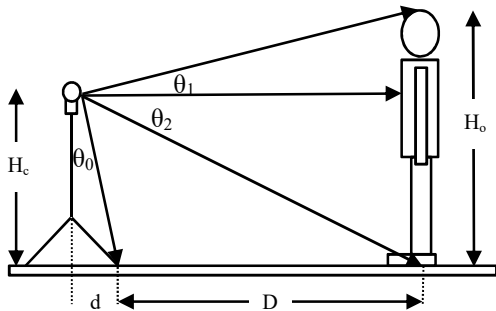
$$H_c = \frac{d}{\tan \theta_0} \quad (13)$$

$$D = \frac{H_c}{\tan \theta_2} - d \quad (14)$$

$$H_o = (D + d) \cdot \tan \theta_1 + H_c \quad (15)$$

โดยที่ d มีระยะทางเท่ากับ 30 เซนติเมตร ดังนั้นความสูงของกล้อง H_c ระยะทางจากกล้องถึงวัตถุ D และความสูงของวัตถุ H_o จากสมการที่ 13, 14 และ 15 ตามลำดับจึงมีหน่วยเป็นเซนติเมตร และสมการที่ 15 สามารถจัดรูปใหม่ได้ดังนี้

$$H_o = \frac{d}{\tan \theta_0} \cdot \left(\frac{\tan \theta_1}{\tan \theta_2} + 1 \right) \quad (16)$$



รูปที่ 11 โมเดลที่ใช้ในการสกัดความสูงของวัตถุจากภาพถ่าย

กระบวนการในการระบุตำแหน่งของ θ_0 , θ_1 และ θ_2 นั้น ให้ผู้ใช้เป็นผู้ระบุ ในตำแหน่งที่ผู้ใช้เชื่อว่าเป็นตำแหน่งอ้างอิงที่ถูกต้องของตำแหน่งมุมในภาพถ่าย ซึ่งกระบวนการนี้ผู้ใช้จะต้องนำภาพทั้ง 60 ภาพมาเพื่อระบุตำแหน่งก่อนทำการคำนวณความสูงของวัตถุโดยใช้สมการที่ 16

4. ผลลัพธ์

การทดลองข้างต้นได้ผลลัพธ์ของการวัดความสูงหุ่นที่ปรากฏในภาพ ตามตารางที่ 1 ภาพถ่ายที่นำมาทำการทดลองมีทั้งสิ้น 60 ภาพ โดยถ่ายจากระยะทางหน้ากล้อง 60, 90, 120 และ 180 เซนติเมตร และระยะด้านข้างตั้งแต่ -60, -30, 0, 30 และ 60 เซนติเมตร ที่ความสูงแตกต่างกันอีก 3 ระดับคือ 120, 160 และ 180 เซนติเมตร

ตารางที่ 1 ความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณความสูงจากภาพ

ระยะห่างหน้ากล้อง	60	90	120	180
ค่าที่วัดได้สูงสุด	192	188	184	193
ค่าที่วัดได้ต่ำสุด	175	173	178	175
ค่าเฉลี่ย	188.13	177.80	182.60	184.33
% ความผิดพลาด	4.52%	-1.22%	1.44%	2.41%

จากผลการทดลองนี้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการวัดความสูงจากภาพถ่าย 360 องศาที่มีการแปลงพิกัดจากระบบพิกัดทรงกลมไปสู่

พิกัดทรงกระบอก และทำการฉายภาพย้อนกลับไปบนระนาบสมมติ ทำให้ได้ภาพที่มีความผิดเพี้ยนน้อยลง และมีความเหมาะสมมากขึ้นในการใช้ระบุคุณลักษณะเฉพาะของบุคคล อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้ยังคงมีความคลาดเคลื่อนตามที่ปรากฏในตารางที่ 1 ว่ามีความคลาดเคลื่อนสูงสุด 4.52 เปอร์เซ็นต์ในการวัดความสูงของวัตถุ

5. สรุป

การวิจัยครั้งนี้ทำเพื่อศึกษาถึงการนำภาพถ่ายแบบ 360 องศา มาทดลองใช้งานเพื่อบ่งบอกคุณลักษณะเฉพาะของบุคคลและสิ่งของที่ปรากฏอยู่ในภาพ การสกัดขนาด ความสูง ความกว้าง และระยะทางระหว่างวัตถุต่าง ๆ ในภาพ อาจถูกใช้เพื่อเป็นหลักฐานสำคัญ ดังนั้นจากการศึกษานี้พบว่า ภาพถ่ายแบบ 360 องศา อาจนำมาประยุกต์ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ได้ หากความคลาดเคลื่อนที่น่าเสนาอนี้ อยู่ในเกณฑ์ที่รับได้ และอาจเป็นประโยชน์ในการคัดกรองผู้ต้องสงสัย เพื่อลดภาระงานของเจ้าหน้าที่ และลดความผิดพลาดอันเกิดขึ้นจากความลำเอียงได้ อย่างไรก็ตามในขั้นต้นสุดท้ายยังคงเป็นผู้ใช้ที่เป็นมนุษย์เป็นผู้ตัดสินใจว่าภาพที่แปลงพิกัดแล้ว สามารถนำสู่การใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] H. Abdelhamid, Weng DongDong, Chen Can, H. Abdelkarim, Z. Mounir and G. Raouf, "360 degrees imaging systems design, implementation and evaluation," Mechatronic Sciences, Electric Engineering and Computer (MEC), Proceedings 2013 International Conference on, Shengyang, 2013, pp. 2034-2038.

[2] M. Baygin and M. Karakose, "A new image stitching approach for resolution enhancement in camera arrays," 2015 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO), Bursa, 2015, pp. 1186-1190.

[3] Baofeng Zhang, Zhiqiang Qi, Junchao Zhu and Zuoliang Cao, "Omnidirection image restoration based on spherical perspective projection," Circuits and Systems, 2008. APCCAS 2008. IEEE Asia Pacific Conference on, Macao, 2008, pp. 922-925.

[4] K. Wang, L. Zhao and R. Li, "Fisheye omnidirectional camera calibration — Pinhole or spherical model?," Robotics and Biomimetics (ROBIO), 2014 IEEE International Conference on, Bali, 2014, pp. 873-877.