

การจำแนกปลอกกระสุนปืนจากการสร้างภาพสามมิติด้วยวิธี
โฟโตเมตริกสเตอริโอCartridge classification by three-dimensional surface reconstruction using
photometric stereo techniqueนายสุรศักดิ์ คำวงศ์¹ และ รศ.ดร.ทวีพล ชื้อสัตย์^{1*}สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
*Email: surasak_kunvong@hotmail.com, 0849735800, *Email: taweepol.suesut@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการจำแนกปลอกกระสุนปืนและหาความลึกของรอยเข็มแทงชนวน โดยการจำแนกปลอกกระสุนปืนใช้ค่าเฉลี่ยพิกเซลที่ได้จากการวิเคราะห์รูปร่างและขนาดของรอยเข็มแทงชนวนที่อยู่บนจานท้ายของปลอกกระสุน ส่วนการหาความลึกของรอยเข็มแทงชนวนใช้การสร้างพื้นผิวสามมิติด้วยวิธีโฟโตเมตริกสเตอริโอซึ่งภาพถูกถ่ายจากมุมเดียวแต่ใช้การวางตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกันออกไปตามการคำนวณ การปรับปรุงคุณภาพ เช่น การกำหนดพื้นที่ของวัตถุที่ตรวจสอบ การจัดสิ่งรบกวนที่ไม่ต้องการออกจากภาพ และการประมวลผลภาพ ด้วยโปรแกรม MATLAB ตัวอย่างของปลอกกระสุนที่นำมาวิเคราะห์ประกอบด้วยปลอกกระสุนขนาด 9 มม จำนวน 80 นัด จากปืน 4 รุ่น ได้แก่ BERETTA, UZI, JERICHO 941 และ TAURUS โดยผลของการจำแนกรุ่นปืนพบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 100%, 90%, 90% และ 85% ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่ามุมของเข็มแทงชนวนไม่มีผลต่อความถูกต้องในการแยกแยะความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงนั้นมีผลเป็นอย่างมากจึงต้องกำหนดความสว่างให้คงที่ทุกครั้งตลอดการทดลอง ชุดการทดลองประกอบด้วยกล้องและเลนส์ที่ให้ความละเอียดสูง แหล่งกำเนิดแสงที่สามารถปรับความสว่างได้ โดยงานวิจัยนี้เป็นกระบวนการตรวจสอบแบบไม่ทำลายวัตถุ สามารถลดเวลาในการประมวลผล ง่ายต่อการวิเคราะห์และมีความแม่นยำในการตรวจสอบเมื่อเทียบกับการตรวจสอบด้วยสายตาของมนุษย์และงานวิจัยต่างๆที่ผ่านมา อีกทั้งยังสามารถนำอัลกอริทึมนี้ไปใช้ในการตรวจสอบวัตถุอื่นๆที่ต้องอาศัยการวิเคราะห์ถึงรูปร่างและขนาดได้อีกด้วย

คำหลัก: การจำแนกปลอกกระสุนปืน, โฟโตเมตริกสเตอริโอ และ การสร้างพื้นผิวสามมิติ

Abstract

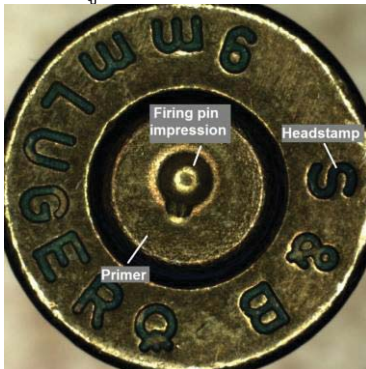
This research represents method of cartridge classification and findings of the depth of firing pin impression. Cartridge is classified by mean of pixel, including analysis of shape and size of firing pin impression on cartridge case. The depth of firing pin impression is normally found by using photometric stereo, taken from the same viewpoint but under illumination from different directions, to estimate 3D surface reconstruction. Image enhancement includes specifying region of interest and removing noise in cartridge case images and then image processing by Matlab. Cartridge case samples consist of a total of 80 cartridge cases in 9 mm from 4 firearms, as well as BERETTA, UZI, JERICHO 941 and TAURUS. The experimental result of cartridge classification shows accuracy percentage which are 100%, 90%, 90% and 85% respectively. The angle of cartridge case has no impact to accuracy but the brightness of light source has, therefore every experiment should be fixed the brightness of light source. Experiment consist of high resolution camera and lens and adaptable-light source. This research is not only non-destructive detection, reduce processing time, easy to analyze, and also

increase the accuracy in comparison with the manual approach and previous researches. This algorithm can be easily implemented to detect in any objects those were analyzed in terms of shape and size.

Keywords: Cartridge classification, Photometric stereo and Three-dimensional surface reconstruction

1. บทนำ

ในปัจจุบันนี้ได้เกิดปัญหาทางด้านอาชญากรรมภายในประเทศเพิ่มมากขึ้นจากเดิม โดยส่วนมากของคดีอาชญากรรมผู้ก่อเหตุมักใช้อาวุธปืนมาเป็นอาวุธในการก่อเหตุ จึงทำให้วัตถุพยานที่มักพบในที่เกิดเหตุคือปลอกกระสุนปืน ซึ่งการวิเคราะห์ถึงปลอกกระสุนปืนนั้นสามารถตรวจสอบได้จากรอยเข็มแทงชนวน (Firing pin impression) ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 องค์ประกอบของปลอกกระสุนปืน

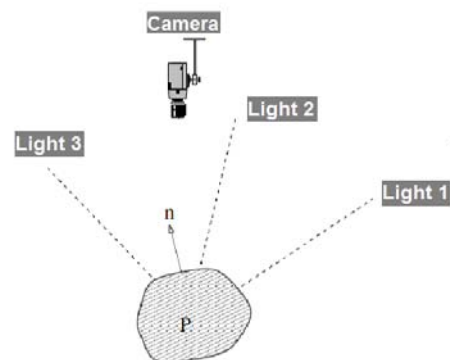
โดยปืนแต่ละรุ่นมีรอยของเข็มแทงชนวนที่แตกต่างกันออกไป จึงทำให้สามารถตรวจสอบได้ว่าปลอกกระสุนปืนที่พบในที่เกิดเหตุนั้นยังมาจากปืนรุ่นอะไร โดยในอดีตที่ผ่านมาได้มีการใช้นุ้ยในการตรวจสอบหลักฐานเหล่านี้เพียงอย่างเดียว ซึ่งเมื่อทำการตรวจสอบไปเป็นระยะเวลานานๆอาจทำให้เกิดอาการเมื่อยล้า เกิดความผิดพลาดและความล่าช้าในการตรวจสอบขึ้นได้ เพื่อที่จะลดปัญหาเหล่านี้ลงจึงได้มีงานวิจัยที่นำเสนอวิธีการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนขึ้นมามากมาย อาทิเช่น งานวิจัย [1] ที่นำเสนอถึงวิธีที่วิเคราะห์ถึงรอยเข็มแทงชนวนแต่ยังมีข้อจำกัดคือสามารถตรวจสอบได้เพียงรอยเข็มแทงชนวนที่มีลักษณะวงกลมเท่านั้นและยังต้องอาศัยการหมุนให้รอยเข็มแทงชนวนอยู่ภายในตำแหน่งที่ต้องการก่อนทำการประมวลผลอีกด้วย ซึ่งต่อมา [2] ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยที่ผ่านมา โดยวิธีของเขาได้นำเสนอวิธีที่พิจารณาถึงรอยเข็มแทงชนวนได้ทุกแบบโดยไม่จำกัดเฉพาะรอยเข็มแทงชนวนที่เป็นแบบวงกลมเท่านั้น และยังมีการเพิ่มการใช้ค่าสัมประสิทธิ์ฟูเรียร์เพื่อขจัดปัญหาการ

เปลี่ยนแปลงด้านการหมุนของภาพปลอกกระสุนก่อนนำมาประมวลผลอีกด้วย จากนั้น [3] ได้เสนอวิธีที่ใช้การสร้างภาพสามมิติเพื่อแสดงพื้นผิวทั้งหมดของปลอกกระสุนปืนซึ่งแสดงถึงความลึกโดยรวมทั้งหมดโดยด้วยโฟโตเมตริกสเตอริโอ ซึ่งแสดงความลึกในส่วนต่างๆของปลอกกระสุนปืนในรูปของกราฟ Profile หรือรายละเอียดทางด้านข้าง

งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอวิธีการที่ใช้ทำการตรวจสอบปลอกกระสุนปืนจากรอยของเข็มแทงชนวนเพื่อจำแนกปืนแต่ละรุ่นด้วยการใช้ค่าเฉลี่ยพิกเซลของรูปภาพ โดยที่การเปลี่ยนแปลงการหมุนปลอกกระสุนปืนไม่มีผลต่อการจำแนกรุ่นของปืนแต่ละกระบอก อีกทั้งยังสามารถแสดงความลึกของรอยเข็มแทงชนวนบนจานท้ายปลอกกระสุนในลักษณะของภาพความลึกสามมิติผ่านหลักการโฟโตเมตริกสเตอริโอ โดยปืนที่นำมาทำการทดลองประกอบด้วยปืน 4 รุ่น คือ BERETTA, UZI, JERICO 941 และ TAURUS

2. โฟโตเมตริกสเตอริโอ

โฟโตเมตริกสเตอริโอเป็นวิธีที่ใช้สำหรับประมาณค่าการแสดงผลแบบเฉพาะที่ด้วยการใช้รูปภาพหลายๆภาพที่มีลักษณะพื้นผิวเดียวกันโดยจะถูกจับภาพจากมุมเดียวกันแต่ใช้การวางตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกันออกไป แสดงตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 การวางตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสง

ซึ่งการที่ใช้การวางตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงที่ต่างกันนั้น ทำให้ค่าความเข้มแสงของรูปภาพในแต่ละรูปมีค่าที่ไม่เท่ากัน โดยค่าความเข้มแสงสามารถหาได้จาก

$$I_i(x,y) = \rho(L_i \cdot n) \quad (1)$$

โดย $I_i(x,y)$ คือความเข้มแสงของรูปภาพที่จุด (x,y) L คือเวกเตอร์ของแหล่งกำเนิดแสงบนระนาบ x,y และ z ρ คืออัตราการสะท้อนของพื้นผิวหรือ surface albedo และ n คือเวกเตอร์แนวฉาก หรือ normal vector

สำหรับในรูปที่ 2 มีแหล่งกำเนิดแสงทั้งหมด 3 ตัว ซึ่งก็คือเวกเตอร์ของแหล่งกำเนิดแสง L_1 , L_2 และ L_3 โดยสมการที่ (1) สามารถนำมาเขียนให้อยู่ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \rho \begin{bmatrix} L_{1x} & L_{1y} & L_{1z} \\ L_{2x} & L_{2y} & L_{2z} \\ L_{3x} & L_{3y} & L_{3z} \end{bmatrix} n \quad (2)$$

จากสมการที่ (2) สามารถหาอัตราการสะท้อนกลับและเวกเตอร์แนวฉากได้จาก

$$M = L^{-1} \cdot I = \rho \cdot n \quad (3)$$

โดย $M = [m_1, m_2, m_3]^T$ เป็นสมการที่อยู่ในรูปของเมทริกซ์สลับเปลี่ยน

ซึ่งองค์ประกอบการสะท้อนของพื้นผิวหรือ Surface orientation สามารถหาได้จาก

$$p = -\frac{m_1}{m_3}, q = -\frac{m_2}{m_3} \quad (4)$$

เมื่อได้ค่า p และ q จากสมการที่ (4) แล้วนำค่าที่ได้ไปแทนในสมการ (5)

$$n = \frac{(p, q, -1)^T}{\sqrt{p^2 + q^2 + 1}} \quad (5)$$

ก็จะทำให้ได้ค่าของ n หรือ normal vector และสุดท้ายสามารถหาค่าของอัตราการสะท้อนของพื้นผิวหรือ

surface albedo ได้จากความยาวของเวกเตอร์ M ตามสมการที่ (6)

$$\rho = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + m_3^2} \quad (6)$$

3. ขั้นตอนการทดลอง

3.1 ชุดการทดลอง

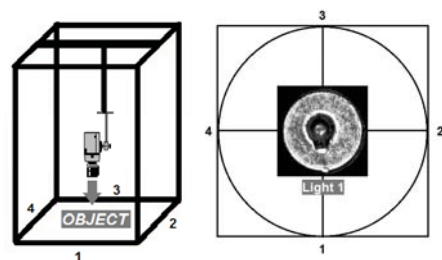
ชุดการทดลองที่ใช้ประกอบด้วยวัตถุตัวอย่าง กล้องซีซีดีพร้อมเลนส์ที่ให้ค่าความละเอียดสูง แหล่งกำเนิดแสงแบบวงแหวนที่สามารถปรับความสว่างได้และคอมพิวเตอร์เพื่อใช้สำหรับการปรับปรุงภาพและการประมวลผล โดยระบบต้นแบบที่ใช้จะถูกนำไปใช้ทั้งในการจำแนกรุ่นของปืนโดยใช้ค่าเฉลี่ยพิกเซลของรูปภาพและการหาความลึกด้วยการสร้างภาพความลึกสามมิติโดยโฟโตเมตริกสเตอริโอ



รูปที่ 3 ชุดการทดลอง

3.2 การจำแนกรุ่นของปืนด้วยค่าเฉลี่ยรูปภาพ

สำหรับการจำแนกรุ่นของปืนนั้นชุดการทดลองที่ใช้ประกอบด้วยกล้องซีซีดีจำนวน 1 ตัวและแหล่งกำเนิดแสงแบบวงแหวนอีกจำนวน 1 ตัว การวางตำแหน่งของกล้องและแหล่งกำเนิดแสงนั้นจะแสดงตามรูปที่ 4



รูปที่ 4 การวางตำแหน่งของกล้องและแหล่งกำเนิดแสงสำหรับการจำแนกรุ่นของปืน

ในส่วนของขั้นตอนการปรับปรุงภาพและประมวลผลนั้นจะเริ่มจากการถ่ายภาพให้มีความคมชัดที่สุด จากนั้นนำภาพเข้าสู่ระบบที่ออกแบบไว้ โดยจะประกอบด้วยการกำหนดพื้นที่ของวัตถุที่เราสนใจ ซึ่งก็คือภาพบริเวณ

แก้ปัญหของบล็อกกระสุนหรือ Primer จากนั้นนำภาพที่ได้มาแปลงให้เป็นภาพระดับสีเทาที่มีความแตกต่างของระดับสีเทา 256 ระดับ จากนั้นก็ทำการปรับค่าฮิสโตแกรมให้เหมาะสมเพื่อให้ภาพมีความสว่างและความคมชัดที่เท่ากันเนื่องจากบล็อกกระสุนแต่ละบล็อกจะมีสีที่ไม่เหมือนกันจึงทำให้การแปลงภาพในระดับสีเทาแค่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถลดปัญหาตรงจุดนี้ได้ จึงมีการนำหลักการ Histogram equalization มาใช้ในการแปลงซึ่งวิธีการนี้เป็นวิธีที่ทำให้ภาพมีข้อมูลที่กระจายกันสม่ำเสมอและทำให้ค่าความเข้มแสงของพิกเซลในภาพมีค่าใกล้เคียงกัน โดยการใช้ค่าความถี่สะสมในแต่ละระดับสีเทามาเป็นตัวช่วยการแปลงค่า นอกจากนั้นยังพบว่า การปรับค่าฮิสโตแกรมนั้นเป็นการช่วยเน้นให้เห็นรูปร่างและขนาดของรอยเข็มแทงชนวนได้มากขึ้น จึงทำให้ง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์ต่อไป จากนั้นนำภาพไปแปลงเป็นภาพแบบไบนารี โดยหลักการแปลงภาพให้เป็นภาพไบนารีนั้นสามารถทำได้โดยการกำหนดค่าเทรช โดยค่าพิกเซลของภาพที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโฮลจะถูกเปลี่ยนเป็น 0 หรือจุดสีดำ และพิกเซลของภาพที่มีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮลก็ถูกเปลี่ยนเป็น 1 หรือจุดสีขาว ซึ่งหลักในการเลือกค่าเทรชโฮลนั้นมาจากการเลือกใช้วิธีของ Otsu ที่มีการเลือกการใช้ค่าเทรชโฮลแบบอัตโนมัติ และใช้ค่าความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม 2 กลุ่ม มาเป็นตัวช่วยในการกำหนดค่าเทรชโฮล โดยจะใช้ค่าเทรชโฮลค่าเดียวตลอดทั้งภาพ ซึ่งเมื่อได้ภาพแบบไบนารีมาแล้วก็จะนำภาพไปหาค่าเฉลี่ยของพิกเซลต่อไป

3.2.1 ค่าเฉลี่ยของรูปภาพ

การหาค่าเฉลี่ยของรูปภาพนั้นสามารถหาได้จากการนำค่าของแต่ละพิกเซลทั้งในแนวหลักและแนวแถวมาหาค่าเฉลี่ย จากนั้นนำค่าเฉลี่ยของทั้งแนวแถวและแนวหลักมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ยอีกครั้ง ก็จะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยรวมของรูปภาพ โดยเหตุผลที่เลือกนำภาพแบบไบนารีมาวิเคราะห์นั้นก็เพราะว่าในการจำแนกรุ่นของปืนนั้นจะพิจารณาเพียงแค่ขนาดและรูปร่างของรอยเข็มแทงชนวน ไม่คำนึงถึงพื้นผิวหรือสีของบล็อกกระสุนปืน ซึ่งการเลือกใช้ภาพแบบไบนารีนั้นเหมาะสมที่สุดแล้ว เพราะง่ายต่อการสังเกตรวมถึงมีสัญญาณรบกวนในภาพที่น้อยกว่าภาพในระดับสีเทาอีกด้วย

C11	C21	C31	C41
R11	R12	R13	R14
C12	C22	C32	C42
R21	R22	R23	R24
C13	C23	C33	C43
R31	R32	R33	R34
C14	C24	C34	C44
R41	R42	R43	R44

รูปที่ 5 รูปภาพขนาด 4 x 4 พิกเซล

จากรูปที่ 5 ค่าเฉลี่ยในแนวหลักและแนวหลักทั้งหมด สามารถหาได้จาก

$$C_1 = C_{11} + C_{12} + C_{13} + C_{14} \quad (7)$$

$$C_2 = C_{21} + C_{22} + C_{23} + C_{24} \quad (8)$$

$$C_3 = C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_{34} \quad (9)$$

$$C_4 = C_{41} + C_{42} + C_{43} + C_{44} \quad (10)$$

$$R_1 = R_{11} + R_{12} + R_{13} + R_{14} \quad (11)$$

$$R_2 = R_{21} + R_{22} + R_{23} + R_{24} \quad (12)$$

$$R_3 = R_{31} + R_{32} + R_{33} + R_{34} \quad (13)$$

$$R_4 = R_{41} + R_{42} + R_{43} + R_{44} \quad (14)$$

โดย C_i คือค่าเฉลี่ยในแนวหลักทั้งหมด และ R_j คือค่าเฉลี่ยในแนวแถวทั้งหมด

เมื่อนำสมการที่ (7) – (10) และ (11) – (14) มาบวกกันแล้วหารด้วยจำนวนของพิกเซลในแนวหลักและแนวแถวทั้งหมด โดยจากรูปนี้ก็คือ 4 ก็จะได้ค่าเฉลี่ยของแนวหลักและแนวแถว ตามสมการที่ (15) และ (16)

$$C_{av} = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 / N_c \quad (15)$$

$$R_{av} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 / N_r \quad (16)$$

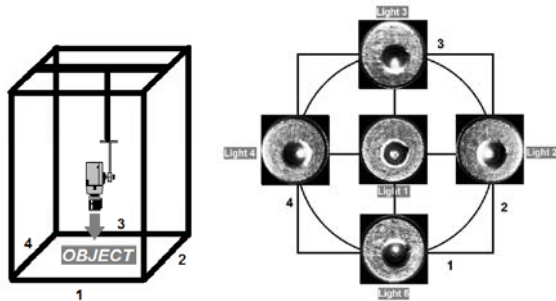
ซึ่ง N_c และ N_r คือจำนวนพิกเซลในแนวหลักและแนวแถวทั้งหมด จากนั้นนำค่าที่ได้จากสมการด้านบนไปแทนในสมการที่ (17) ก็จะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของรูปภาพ

$$Average = (C_{av} + R_{av}) / 2 \quad (17)$$

3.3 การหาความลึกของรอยเข็มแทงชนวน

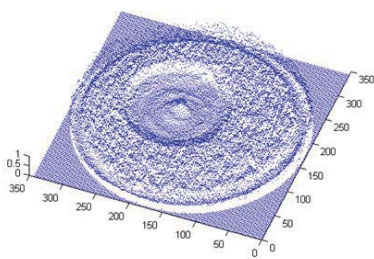
สำหรับการหาความลึกของรอยเข็มแทงชนวนนั้นชุดการทดลองที่ใช้ประกอบด้วยกล้องซีซีดีจำนวน 1 ตัว และแหล่งกำเนิดแสงอีกจำนวน 5 ตัว โดยเมื่อทำการถ่ายภาพ

ก็จะได้ภาพจำนวน 5 ภาพที่มีตำแหน่งการวางแหล่งกำเนิดแสงที่แตกต่างกันออกไป ตามรูปที่ 6

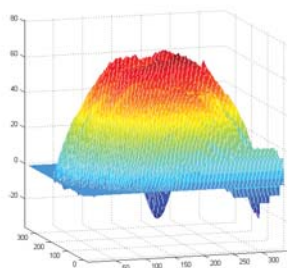


รูปที่ 6 การวางตำแหน่งของและแหล่งกำเนิดแสงสำหรับการหาความลึกของรอยขีดข่วน

หลังจากทำการบันทึกภาพทั้ง 5 ภาพแล้ว นำภาพที่ได้ไปทำการปรับปรุงตามโปรแกรมที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งก็คล้ายกับขั้นตอนของการจำแนกรุ่นปืน แต่ในการหาความลึกของรอยขีดข่วนนั้นจะมีแค่การแปลงจากภาพสีเป็นภาพระดับสีเทา จากนั้นก็จะนำภาพไปทำการปรับค่าฮิสโตแกรมเพื่อให้ภาพมีความสว่างและความคมชัดที่ใกล้เคียงกัน โดยใช้หลักการ Histogram equalization จากนั้นจึงนำภาพทั้งหมดไปผ่านการประมาณค่าการสร้างภาพความลึกสามมิติด้วยทฤษฎีโฟโตเมตริกสเตอริโอ ซึ่งจะทำให้ได้ภาพของ normal vector และภาพแสดงความลึกสามมิติ ตามรูปที่ 7 และ 8



รูปที่ 7 ภาพ Normal vector

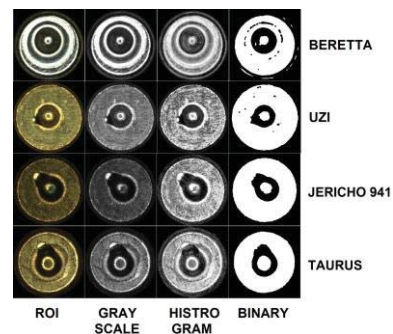


รูปที่ 8 ภาพแสดงความลึกสามมิติ

4. ผลการทดลอง

4.1 การจำแนกรุ่นของปืนจากค่าเฉลี่ยของรูปภาพ

ในขั้นตอนการจำแนกรุ่นของปืนนั้นปลอกกระสุนที่ถูกนำมาตรวจสอบนั้นประกอบไปด้วยปลอกกระสุนขนาด 9 มม จำนวน 80 นัด จากปืนทั้ง 4 รุ่น ได้แก่ BERETTA, UZI, JERICO 941 และ TAURUS โดยตัวอย่างรูปภาพปลอกกระสุนของปืนแต่ละรุ่นที่นำมาทดลองแสดงตามรูปที่ 9 และผลของการทดลองที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1



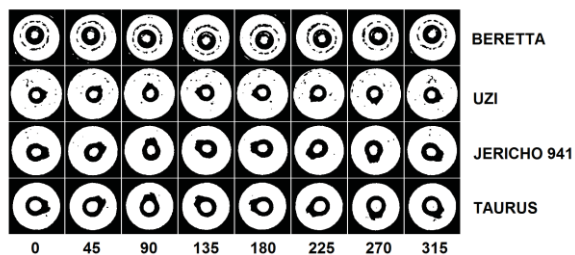
รูปที่ 9 ตัวอย่างภาพปลอกกระสุนปืนแต่ละรุ่น

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของปืนแต่ละรุ่น

รุ่น จำนวน	BERETTA	UZI	JERICO 941	TAURUS
1	0.4401	0.5672	0.5376	0.5033
2	0.4407	0.5972	0.5417	0.4811
3	0.4625	0.6038	0.5529	0.5119
4	0.4145	0.564	0.5410	0.5247
5	0.4347	0.5915	0.5393	0.5113
6	0.4396	0.5731	0.5568	0.5248
7	0.4622	0.5905	0.5494	0.5113
8	0.4306	0.5993	0.5573	0.5058
9	0.4367	0.6035	0.5428	0.5215
10	0.4484	0.588	0.5331	0.5688
11	0.4542	0.5489	0.5425	0.5018
12	0.4313	0.5677	0.5383	0.5038
13	0.4368	0.5654	0.5466	0.5042
14	0.4541	0.5966	0.5207	0.5103
15	0.4482	0.5949	0.5381	0.5192
16	0.4239	0.5579	0.5410	0.5225
17	0.4418	0.5683	0.5482	0.5771
18	0.4494	0.5964	0.5517	0.5206
19	0.4416	0.5670	0.5654	0.5537
20	0.4482	0.5756	0.5459	0.5221

4.2 การเปลี่ยนแปลงการหมุนปลอกกระสุน

ในหัวข้อนี้จะแสดงผลการทดลองในการเปลี่ยนแปลงการหมุนของปลอกกระสุนปืนไปครั้งละ 45 องศา โดยปลอกกระสุนที่นำมาทดลองก็คือปลอกกระสุนขนาด 9 มม จำนวน 4 นัด จากปืนทั้ง 4 รุ่นคือ BERETTA, UZI, JERICO 941 และ TAURUS ซึ่งตัวอย่างรูปภาพของปลอกกระสุนที่นำมาทดลองแสดงตามรูปที่ 10 และผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 2



รูปที่ 10 ตัวอย่างภาพปลอกกระสุนปืนแต่ละรุ่นที่ทำการหมุนครั้งละ 45 องศา

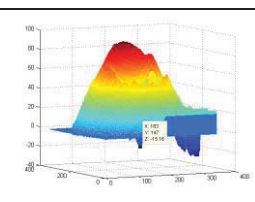
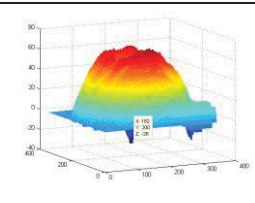
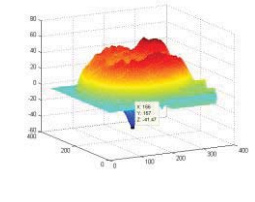
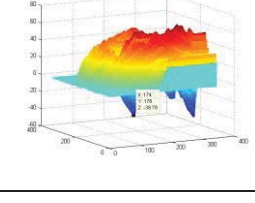
ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของการหมุนปลอกกระสุนครั้งละ 45 องศา

ค่าเฉลี่ย มุม	BERETTA	UZI	JERICO 941	TAURUS
0	0.4433	0.5670	0.5384	0.4872
45	0.4398	0.5726	0.5373	0.4858
90	0.4381	0.5684	0.5376	0.4866
135	0.4424	0.5661	0.5369	0.4861
180	0.4418	0.5656	0.5386	0.4877
225	0.4368	0.5670	0.5390	0.4881
270	0.4412	0.5660	0.5388	0.4874
315	0.4427	0.5667	0.5378	0.4838

4.3 การหาความลึกของรอยเข็มแทงขนวน

สำหรับในขั้นตอนของการหาความลึกของรอยเข็มแทงขนวนปลอกกระสุนที่นำมาทดลองประกอบด้วยปลอกกระสุนขนาด 9 มม จำนวน 12 นัด จากปืน 4 รุ่นคือ BERETTA, UZI, JERICO 941 และ TAURUS โดยแบ่งออกเป็นปืนรุ่นละ 3 นัด ซึ่งการหาความลึกของรอยเข็มแทงขนวนนั้นสามารถหาได้จากการสร้างภาพภาพความลึกของภาพสามมิติ เมื่อเทียบกับแกน z โดยแสดงตามตารางที่ 3

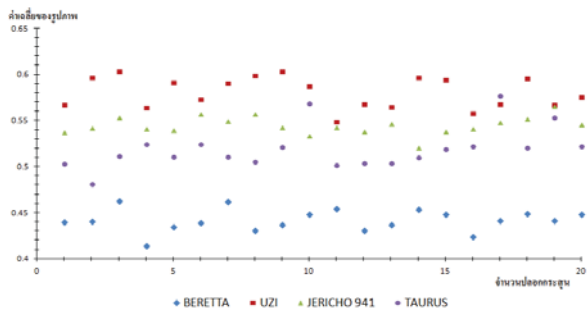
ตารางที่ 3 ภาพความลึกสามมิติและค่าความลึกของปลอกกระสุนปืนแต่ละรุ่น

ข้อมูล รุ่น	ตัวอย่างภาพ ความลึกสามมิติ	ความลึก (PIXEL)
BERETTA		-15.16 -16.60 -16.24
UZI		-26 -27.47 -29.76
JERICO 941		-41.47 -37.34 -38.47
TAURUS		-39.79 -38.33 -39.81

5. วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองที่ผ่านมาการจำแนกรุ่นของปืน ซึ่งประกอบด้วย BERETTA, UZI, JERICO 941 และ TAURUS นั้นพบว่าปืนทั้ง 4 รุ่นนั้นมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 100%, 90%, 90% และ 85% ตามลำดับ

สำหรับความผิดพลาดนั้นเกิดจากการที่ปลอกกระสุนบางรุ่นมีขนาดและรูปร่างที่คล้ายคลึงกันมากเช่นในปลอกกระสุนปืนจากรุ่น JERICO 941 และ TAURUS อีกทั้งยังมาจากการที่กล้องมีความคมชัดสูง ทำให้เห็นรายละเอียดในรูปชัดเจนมากยิ่งขึ้น จึงยิ่งทำให้เกิดสัญญาณรบกวนในภาพได้ง่ายขึ้น ซึ่งทางตัวผู้จัดทำเองได้ทำการลดสัญญาณรบกวนบางส่วนแล้ว แต่ก็ยังไม่สามารถขจัดออกได้ทั้งหมด เพราะนั้นอาจทำให้รายละเอียดทางด้านคุณลักษณะสำคัญของรอยเข็มแทงขนวนบางส่วนหายไปด้วย ซึ่งเมื่อนำค่าเฉลี่ยของปืนแต่ละรุ่นมาพล็อตเป็นกราฟเพื่อทำการหาช่วงของค่าเฉลี่ยในการจำแนกปืนแต่ละรุ่น แสดงตามรูปที่ 11



รูปที่ 11 กราฟแสดงช่วงของค่าเฉลี่ยในปืนแต่ละรุ่น

โดยจากรูปที่ 11 สามารถนำข้อมูลจากกราฟมาแบ่งช่วงเพื่อหาช่วงของค่าเฉลี่ยในการจำแนกปืนแต่ละรุ่นได้ตามตารางที่ 4

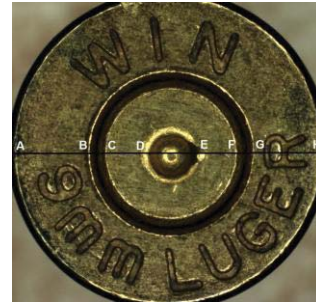
ตารางที่ 4 ช่วงค่าเฉลี่ยของปืนแต่ละรุ่น

	BERETTA	UZI	JERICHO 941	TAURUS
ช่วงค่าเฉลี่ย	0.41 – 0.47	0.561 – 0.61	0.531 – 0.56	0.471 – 0.53

ด้านการหมุนปลอกกระสุนพบว่าไม่มีผลต่อการจำแนกรุ่นของปืน แต่สิ่งที่มีผลต่อการจำแนกรุ่นที่เห็นได้อย่างชัดเจนเลยก็คือความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ โดยถ้ายิ่งให้ความสว่างที่มากก็จะยิ่งทำให้ค่าเฉลี่ยของภาพสูงขึ้น เนื่องจากการทดลองนั้นได้นำภาพไปนารี่มาใช้ในการหาค่าเฉลี่ย โดยจะแบ่งค่าของภาพไปนารี่จากค่าเทรชโฮลที่กำหนดไว้ ซึ่งการที่ให้แสงสว่างกับปลอกกระสุนเพิ่มมากขึ้นยิ่งทำให้ค่าพิกเซลของรูปภาพนั้นสูงขึ้นด้วย โดยตอนแรกจากที่ค่าของพิกเซลบางจุดในภาพอาจมีค่าที่ต่ำกว่าค่าเทรชโฮลจึงทำให้ภาพออกมาเป็นจุดสีดำ หรือค่าเป็น 0 ก็จะทำให้ค่าของพิกเซลของภาพสูงขึ้นจนบางครั้งอาจทำให้มีค่าที่มากกว่าค่าเทรชโฮลจนทำให้จุดของพิกเซลกลายเป็นจุดสีขาว หรือค่าเป็น 1 แทนซึ่งเมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยของรูปภาพแล้วจึงทำให้ค่าเฉลี่ยมีค่าเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง นั่นจึงเป็นเหตุให้การจำแนกรุ่นของปืนต้องมีการกำหนดให้มีระยะและความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงให้เท่ากันตลอดทั้งการทดลองนั่นเอง

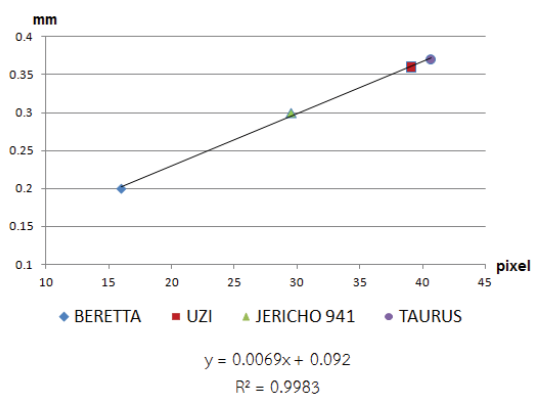
ส่วนในด้านของการหาความลึกของรอยเข็มแทงชนวนนั้นได้นำปลอกกระสุน 12 นัด จากปืนทั้งหมด 4 รุ่น มาทำการทดลอง เนื่องจากรอยเข็มแทงชนวนบนปลอกกระสุนนั้นมีขนาดเล็กมากจนไม่สามารถใช้เวอร์เนียร์แบบปกติมาช่วยตรวจสอบความลึกได้ จึงทำให้ต้อง

ใช้ Laser scanning มาเป็นตัวสอบเทียบด้านความลึกในหน่วยมิลลิเมตรแทน จากการสร้างกราฟ Profile ระหว่างระนาบแกน x และ z เพื่อดูความลึกในปลอกกระสุน ตามรูปที่ 12



รูปที่ 12 ภาพ Profile ของปลอกกระสุนด้วย Laser scanning

โดยค่าเฉลี่ยที่ได้ในหน่วยพิกเซลจากหลักการของโฟโตเมตริกสเตอริโอมีค่า 16, 29.55, 39.1 และ 40.65 และในหน่วยมิลลิเมตรจาก Laser 3D Scanning มีค่า 0.2, 0.3, 0.36 และ 0.37 โดยเรียงจากปืนรุ่น BERETTA, UZI, JERICHO และ TAURUS ตามลำดับ ซึ่งการแปลงค่าเฉลี่ยในหน่วยพิกเซลให้อยู่ในหน่วยของมิลลิเมตรสามารถทำการแปลงได้โดยใช้สมการเส้นตรง ซึ่งการหาสมการเส้นตรงสามารถหาได้จากการสร้างกราฟเส้นตรงโดยกำหนดให้แกน x เป็นค่าความลึกในหน่วยพิกเซลและแกน y เป็นค่าความลึกในหน่วยมิลลิเมตรด้วยโปรแกรม Excel ตามรูปที่ 13



รูปที่ 13 กราฟเส้นตรงระหว่างความลึกในหน่วยพิกเซลและมิลลิเมตร

จากรูปที่ 13 ได้สมการเส้นตรงตามสมการที่ (18)

$$y = 0.0069x + 0.092 \quad (18)$$

จากนั้นทำการแปลงค่าเฉลี่ยจากหน่วยพิกลเซลให้กลายเป็นมิลลิเมตร พร้อมทั้งหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของทั้งสองวิธีการ โดยแสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปอร์เซนต์ความแตกต่างระหว่างวิธี laser scanning และ ค่าที่แปลงจากสมการเส้นตรง

รุ่น ข้อมูล	BERETTA	UZI	JERICO 941	TAURUS
ค่าจาก Laser scanning	0.2 mm	0.296 mm	0.36 mm	0.37 mm
ค่าจาก สมการ เส้นตรง	0.202 mm	0.3 mm	0.362 mm	0.372 mm
% ความ แตกต่าง	0.995 %	1.34%	0.554 %	0.539 %

6. สรุป

งานวิจัยฉบับนี้ได้เสนอวิธีการที่ใช้จำแนกรุ่นของปืน พร้อมทั้งหารอยลึกของเข็มแทงชนวน ซึ่งสำหรับการจำแนกรุ่นของปืนได้ความแม่นยำที่สูงและไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงมุมในการวางปดลูกกระสุน เนื่องจากมุมไม่มีผลต่อการจำแนกรุ่นแต่ต้องมีการรักษาระยะและความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงให้คงที่ตลอดทั้งการทดลอง โดยวิธีการนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจำแนกคุณลักษณะที่สำคัญทางด้านขนาดและรูปร่างของวัตถุประเภทอื่นๆต่อไปได้

สำหรับในด้านการหาความลึกของรอยเข็มแทงชนวนตามวิธีการที่ได้นำเสนอไปนั้นเมื่อนำมาเทียบกับวิธีวัดความลึกแบบ Laser Scanning พบว่ามีเปอร์เซนต์ความแตกต่างระหว่างสองวิธีที่น้อยมาก โดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งมาจากการที่รอยเข็มแทงชนวนมีขนาดเล็กมากๆ จึงยากแก่การประมาณค่า ซึ่งวิธีที่นำเสนอขึ้นจัดเป็นวิธีการวัดแบบไม่ทำลายวัตถุ อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการหาความลึกของวัตถุประเภทอื่นๆที่มีขนาดและรูปร่างที่ใหญ่กว่าปดลูกกระสุนปืน รวมถึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในพื้นผิวทุกชนิดไม่เว้นแม้กระ

ทั้งพื้นผิวที่มีการสะท้อนและมันยังใช้อุปกรณ์ทั่วไปที่สามารถหาซื้อได้ง่าย จึงทำให้ลดต้นทุนในการผลิตได้มากเมื่อเทียบกับวิธีแบบ Laser Scanning ที่มีต้นทุนการผลิตที่สูงมาก

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Le-pingXin, Jie Zhou and GangRong. (2000). A Cartridge Identification System for Firearm Authentication, paper presented in Signal Processing Proceedings. WCCC-ICSP 2000, Beijing, China.
- [2] P. Thumwarin, C. Prasit, P. boonbumroong, T.Matsuura. (2000). Firearm identification based on FIR system characterizing rotation invariant feature of cartridge case image, paper presented in Image and Vision Computing New Zealand, Bangkok, Thailand.
- [3] Ufuk Sakarya, Ugur Murat Leloglu and Erol Tunali. (2008). Three-dimensional surface reconstruction for cartridge cases using photometric stereo, paper presented in Forensic Science International 175, Ankara, Turkey.
- [4] Dongguang Li. (2006). A New Approach for Firearm Identification with Hierarchical Neural Networks Based on Cartridge Case Images, paper presented in Cognitive Informatics. ICCI 2006, Perth, Western Australia.
- [5] R.J. Woodham. (1980). Photometric methods for determining surface orientation from multiple images, Opt. Eng. 19(1) January/February.
- [6] P.Thumwarin, C.Prasit and T.Matsuura. (2008). Firearm identification based on rotation invariant feature of cartridge case, paper presented in SICE Annual Conference, Tokyo, Japan.