

การหาค่ามุมตกกระทบจากแผ่นโลหะที่ถูกยิงด้วยกระสุนปืนขนาด .45
ANGLE OF IMPACT DETERMINATION FROM DAMAGED METAL
PLATES SHOT BY .45 CALIBER BULLETS

ศราวิน โปไลตานนท์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์(หลักสูตรนานาชาติ)

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: Sarawin127@gmail.com

ดร. รัชภักย์ จิตต์อารี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

E-mail: rachapak.chi@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของร่องรอยความเสียหายของแผ่นโลหะและหัวกระสุน จากมุมตกกระทบต่างๆ ผลของการศึกษาคาดว่าจะสามารถใช้เป็นแนวทางสำหรับผู้ตรวจในการหามุมตกกระทบของหัวกระสุนในการตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุคดีที่มีอาวุธปืนเข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งในการที่จะหามุมตกกระทบจะต้องใช้ความเชื่อมโยงจากวิธีการต่างๆหลายวิธี ประกอบด้วย (1) การใช้ฟังก์ชันตรีโกณมิติซึ่งคล้ายกับวิธีที่ใช้ในการหาทิศทาง การกระเด็นของหยดเลือด; (2) การสังเกตการกระจายของเนื้อตะกั่ว บริเวณที่หัวกระสุนกระทบกับเป้าหมาย; (3) การอ่านค่าโดยตรงจาก template และ (4) การสังเกตจากซากชิ้นส่วนของหัวกระสุน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แม้จะสังเกตพบว่าการกระจายของเนื้อตะกั่วมีความแตกต่างกันในแต่ละมุม แต่ไม่สามารถระบุค่ามุมตกกระทบเป็นตัวเลขที่ถูกต้องได้ ทำให้จำเป็นต้องอาศัยผลที่ได้จากวิธีการต่าง ๆ มาพิจารณารวมกัน เพื่อที่จะสามารถได้ข้อมูลที่สมบูรณ์ทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพสำหรับการระบุมุมตกกระทบที่ถูกต้อง โดยสรุปคือเมื่อใช้วิธีการต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้นร่วมกัน พบว่าการระบุค่ามุมตกกระทบใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงมากขึ้น โดยเฉพาะมุมตกกระทบที่มีขนาดเล็ก

คำสำคัญ: การตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุ, มุมตกกระทบ, วิถีกระสุน, นิติวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

This research studies the correlation between the damaged area of a metal plate and deformed bullet fired on different bullet impact angles. The result are expected to give a guideline for investigators to reconstruct the bullet trajectory in shooting crime scene. Different methods are proposed to decode the impact angle from the correlation found. The methods include (1) the use of trigonometric function similarly used in the blood pattern

analysis; (2) the observation of the spreading of the lead deposition due to the bullet contacting the target; (3) the direct reading from a template and (4) the interpretation of the bullet fragments. The experimental results show that although the spreading of the lead deposition from individual impact angles are rather different, numerical value of the impact angles cannot be accurately selected. This suggests that a combination of the methods are required so as to correctly achieve both qualitative and quantitative impact angles. In all, the results obtained from the combination of proposed methods provided better matching of estimated impact angles to the preset ones, especially the lower impact angles.

KEYWORDS: crime scene investigation, impact angle, bullet trajectory, forensic science

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

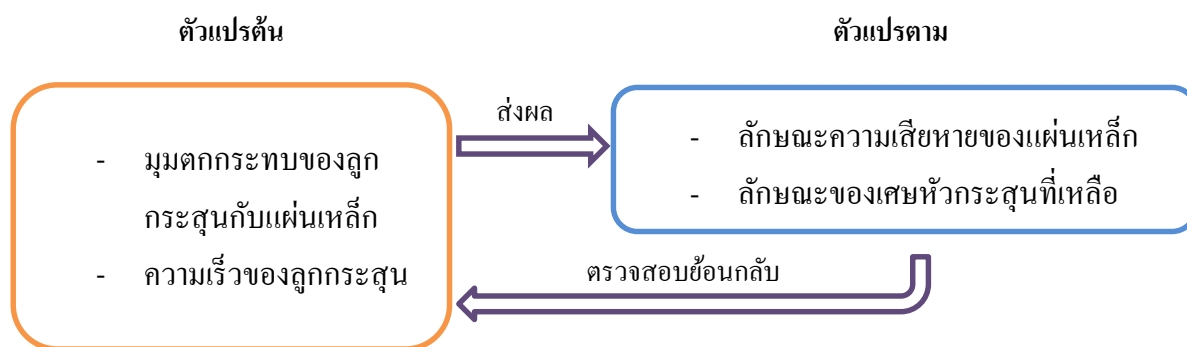
อาวุธปืนเป็นหนึ่งในอาวุธที่ใช้ในการก่อคดีอาชญากรรมในประเทศไทย เพราะอาวุธปืนนั้นสามารถหาครอบครองได้ง่ายทั้งกรณีที่ถูกกฎหมายและผิดกฎหมาย ซึ่งเป็นเหตุให้คดีที่เกี่ยวข้องกับอาวุธปืนมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น และปืนขนาด .45 เป็นอาวุธปืนขนาดหนึ่งที่ผู้คนใช้กันเป็นจำนวนมากเนื่องจากหาใช้งานได้โดยสะดวก

ในการตรวจสอบสถานที่เกิดเหตุการณผู้ตรวจ ควรรวบรวมพยานหลักฐานที่สำคัญให้ได้มากที่สุด ซึ่งคดีที่มีอาวุธปืนเข้ามาเกี่ยวข้อง สิ่งสำคัญที่ผู้ตรวจต้องการทราบคือลูกกระสุนชนิดใดและขนาดใด ยิ่งมาจากปืนชนิดและขนาดใด และที่สำคัญคือยิงมาจากมุมใด ซึ่งในปกติการหาทิศทางกระสุนปืนหรือการหาวิถีกระสุนจะใช้ร่องรอยการทะลุของเป้าหมาย ดังนั้นร่องรอยความเสียหาย ต้องประกอบด้วย รูกกระสุนเข้าและออก จึงจะหาทิศทางได้อย่างแม่นยำ แต่ในบางกรณี ลูกกระสุนปืนที่ตกกระทบกับวัตถุไม่ทะลุผ่านแต่เกิดการแฉกบนพื้นผิว ทำให้วิธีการเดิมที่ใช้กับการทะลุมาใช้ไม่ได้กับกรณีกระสุนแฉกบนพื้นผิว ซึ่งประเด็นนี้ถูกนำมาใช้เป็นปัญหาในการวิจัย โดยในการวิจัยนี้ใช้แผ่นเหล็กในการศึกษาหาร่องรอยความเสียหายกับมุมตกกระทบต่าง ๆ ของลูกกระสุน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ของลักษณะร่องรอยความเสียหายที่ปรากฏบนแผ่นเหล็ก กับมุมตกกระทบต่างๆของลูกกระสุน เพื่อที่จะสามารถนำไปเปรียบเทียบกับย้อนกลับจากร่องรอยความเสียหายไปหามุมตกกระทบของลูกกระสุนได้

3. กรอบแนวคิดในการวิจัย



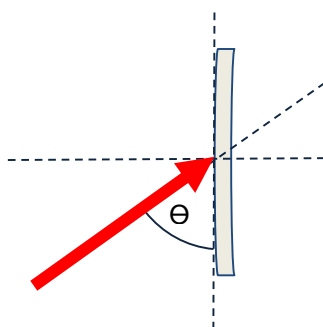
ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

จากกรอบแนวคิดในการวิจัย ซึ่งพิจารณาจากตัวแปรต้น คือมุมตกกระทบของหัวกระสุน และความเร็วของลูกกระสุน จะส่งผลให้ร่องรอยความเสียหายปรากฏที่ แผ่นเหล็กตัวอย่าง และลักษณะซากหัวกระสุนปืนที่ตกกระทบ มีลักษณะแตกต่างกัน ซึ่งลักษณะที่ปรากฏเฉพาะในแต่ละมุมยิงนั้น สามารถนำไปเปรียบเทียบย้อนกลับในการตรวจสอบที่เกิดเหตุในคดีที่เกี่ยวกับอาวุธปืนเพื่อหาข้อมูลต่างๆ ได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยได้ศึกษาร่องรอยความเสียหายจากมุมยิงต่างๆ ซึ่งการทดลองได้ทำที่ระยะการยิง 5 เมตร ที่แผ่นเหล็กชนิดเดียวกัน กระสุนขนาด .45 ยิงจากปืน Colt automatic M1911A1 ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะถูกควบคุมให้เหมือนกันทุกมุมยิง การทดลองจะถูกแบ่งเป็นสองส่วนประกอบด้วย ส่วนแรกยิงด้วยกระสุนปกติ และส่วนที่สองยิงด้วยกระสุนที่ถูกกลดดันปืนออก ซึ่งแต่ละส่วนแผ่นเหล็กจะถูกยิงที่มุม 90, 75, 60, 45 และ 30 องศา วัดเทียบกับระนาบของแผ่นเหล็ก ในแต่ละมุมทำการทดลองยิง 2 ครั้ง ร่องรอยความเสียหายทั้งหมดถูกบันทึกภาพด้วยกล้องถ่ายรูปแบบดิจิทัลยี่ห้อ Nikon รุ่น D90 ติดตั้งให้ทำมุมตั้งฉากกับแผ่นเหล็ก ร่องรอยความเสียหายจะถูกวัดขนาดด้วยเวอร์เนียสคาลิปเปอร์ และใช้ template รูปวงรีมาเทียบหามุมที่ใกล้เคียงที่สุด



ภาพที่ 2 แสดงนิยามการวัดมุมตกกระทบ θ ของหัวกระสุนในการวิจัย

4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่สังเกตคือ มุมตกกระทบของหัวกระสุนและความเร็วของลูกกระสุนที่จะส่งผลให้ได้ลักษณะของความเสียหายที่ปรากฏแตกต่างกัน

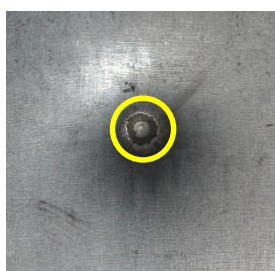
4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกคือการใช้หลักการเดียวกันกับการหาทิศทางของการกระจายของโลหิต โดยการวัดความกว้างและความยาวของร่องรอยการแลบของหัวกระสุนกับแผ่นโลหะและหาค่าทางตรีโกณมิติ $\sin^{-1}$ เพื่อให้ได้มาซึ่งมุมตกกระทบของหัวกระสุน ขั้นตอนที่สองคือการใช้ template เปรียบเทียบ โดยในแผ่น template มีรูปวงรีที่มีขนาดระบุชัดเจนสำหรับหาขนาดของร่องรอยความเสียหายเพื่อหาช่วงมุมตกกระทบของหัวกระสุน ขั้นตอนที่สามคือ การสังเกตร่องรอยอื่นๆของความเสียหายที่เกิดขึ้นบนแผ่นโลหะ ในที่นี้จะสังเกตการกระจายของเนื้อตะกั่วตรงจุดปะทะเนื่องจากการแตกตัวของหัวกระสุนบนแผ่นโลหะ และขั้นตอนสุดท้ายคือสังเกตซากของหัวกระสุนที่เก็บได้

5. สรุปผลการวิจัย

5.1 หัวกระสุนขนาด .45 ความเร็วกระสุน ~1170-1180 Fps ขนาดดินปืนประมาณ 0.35 กรัม

No.	มุมตกกระทบ	ความเร็ว (fps)	ความเร็ว (mps)	กว้าง (mm)	ยาว (mm)	$\sin^{-1}$	มุมที่วัดจาก template	การกระจายของ เนื้อตะกั่ว
1	90°	1177	357.5	14.6	14.6	90°	75°-90°	เท่ากันทุกด้าน
2	90°	1177	357.5	12.7	12.6	82.8°	75°-90°	ด้านบนมากกว่า



ภาพที่ 3 ความเสียหายที่แผ่นโลหะหมายเลข 1(ทางซ้าย) และหมายเลข 2 (ทางขวา)

ภาพที่ 4 ซากหัวกระสุนหมายเลข 1

No.	มุมตกกระทบ	ความเร็ว (fps)	ความเร็ว (mps)	กว้าง (mm)	ยาว (mm)	$\sin^{-1}$	มุมที่วัดจาก template	การกระจายของ เนื้อตะกั่ว
3	75°	1166	355.4	13.5	14.1	73.2°	75°-90°	ด้านบนมากกว่า
4	75°	1167	357.7	15.3	16.0	72.9°	75°-90°	ด้านบนมากกว่า

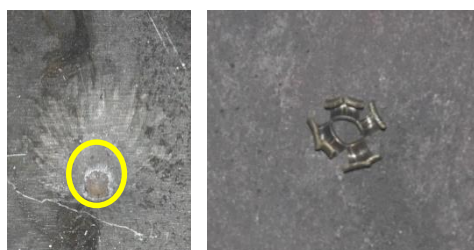


ภาพที่ 5 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 3

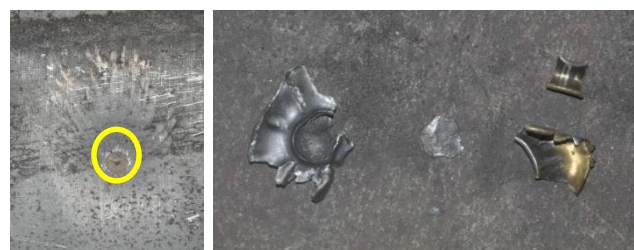


ภาพที่ 6 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 4

No.	มุมตกกระทบ	ความเร็ว (fps)	ความเร็ว (mps)	กว้าง (mm)	ยาว (mm)	$\sin^{-1}$	มุมที่วัดจาก template	การกระจายของ เนื้อตะกั่ว
5	60°	1170	356.6	11.7	13.7	58.6°	60°-75°	ด้านบนด้านเดียว
6	60°	1171	356.9	13.1	15.3	58.9°	60°-75°	ด้านบนด้านเดียว

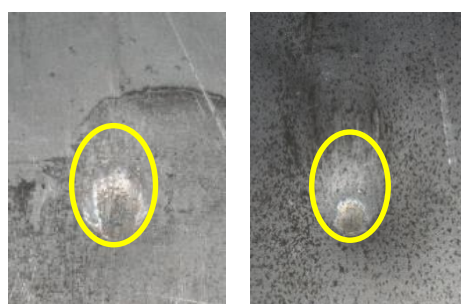


ภาพที่ 7 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 5



ภาพที่ 8 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 6

No.	มุมตกกระทบ	ความเร็ว (fps)	ความเร็ว (mps)	กว้าง (mm)	ยาว (mm)	$\sin^{-1}$	มุมที่วัดจาก template	การกระจายของ เนื้อตะกั่ว
7	45°	1167	355.7	11.3	14.0	53.7°	45°-60°	ด้านบนด้านเดียว
8	45°	1170	356.6	9.4	12.2	50.4°	45°-60°	ด้านบนด้านเดียว



ภาพที่ 9 ความเสียหายที่แผ่นโลหะหมายเลข 7(ทางซ้าย) และหมายเลข 8(ทางขวา)



ภาพที่ 10 ซากหัวกระสุนหมายเลข 8

No.	มุมตกกระทบ	ความเร็ว (fps)	ความเร็ว (mps)	กว้าง (mm)	ยาว (mm)	$\sin^{-1}$	มุมที่วัดจาก template	การกระจายของ เนื้อตะกั่ว
9	30°	1170	356.6	16.1	33.6	28.6°	15°-30°	-
10	30°	1168	356.0	15.2	30.0	30.4°	15°-30°	-

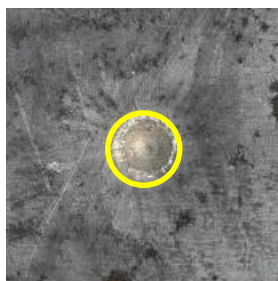


ภาพที่ 11 ความเสียหายที่แผ่นโลหะหมายเลข 9(ทางซ้าย) และหมายเลข 10(ทางขวา)

ภาพที่ 12 ซากหัวกระสุนหมายเลข 9

5.2 หัวกระสุนขนาด .45 ความเร็วกระสุน ~600-700 Fps ขนาดดินปืนประมาณ 0.21 กรัม

No.	มุมตกกระทบ	ความเร็ว (fps)	ความเร็ว (mps)	กว้าง (mm)	ยาว (mm)	$\sin^{-1}$	มุมที่วัดจาก template	การกระจายของ เนื้อตะกั่ว
1	90°	601	183.1	13.5	13.2	76.9°	75°-90°	-
2	90°	601	183.1	12.3	11.8	73.0°	75°-90°	-



ภาพที่ 13 ความเสียหายที่แผ่นโลหะหมายเลข 1(ทางซ้าย) และหมายเลข 2(ทางขวา)

ภาพที่ 14 ซากหัวกระสุนหมายเลข 1

No.	มุมตกกระทบ	ความเร็ว (fps)	ความเร็ว (mps)	กว้าง (mm)	ยาว (mm)	$\sin^{-1}$	มุมที่วัดจาก template	การกระจายของ เนื้อตะกั่ว
3	75°	623	189.9	10.6	10.9	76.5°	75°-90°	-
4	75°	673	205.1	12.6	13.6	72.6°	75°-90°	-



ภาพที่ 15 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 3

ภาพที่ 16 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 4

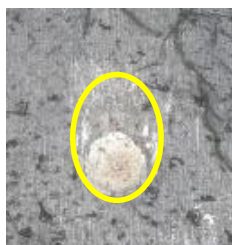
No.	มุมตกกระทบ	ความเร็ว (fps)	ความเร็ว (mps)	กว้าง (mm)	ยาว (mm)	$\sin^{-1}$	มุมที่วัดจาก template	การกระจายของ เนื้อตะกั่ว
5	60°	635	193.5	14.0	15.1	67.9°	60°-75°	-
6	60°	634	193.2	13.0	14.1	67.2°	60°-75°	-



ภาพที่ 17 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 5

ภาพที่ 18 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 6

No.	มุมตกกระทบ	ความเร็ว (fps)	ความเร็ว (mps)	กว้าง (mm)	ยาว (mm)	$\sin^{-1}$	มุมที่วัดจาก template	การกระจายของ เนื้อตะกั่ว
7	45°	604	184.1	13.1	18.0	46.7°	45°-60°	-
8	45°	592	180.0	13.3	18.8	45.0°	45°-60°	-



ภาพที่ 19 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 7

ภาพที่ 20 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 8

No.	มุมตกกระทบ	ความเร็ว (fps)	ความเร็ว (mps)	กว้าง (mm)	ยาว (mm)	$\sin^{-1}$	มุมที่วัดจาก template	การกระจายของ เนื้อตะกั่ว
9	30°	569	173.4	-	-	-	30°-45°	-
10	30°	622	189.5	-	-	-	30°-45°	-



ภาพที่ 21 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 9

ภาพที่ 22 ความเสียหายที่แผ่นโลหะและลูกกระสุนหมายเลข 10

6. อภิปรายผล

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าการระบุมุมยังให้ถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ต้องอาศัยวิธีการกันหลายอย่างร่วมกัน สำหรับกระสุนปกติความเร็วลูกกระสุนประมาณ 1170-1180 fps มุมตกกระทบที่ 75 และ 90 องศา ร่องรอยความเสียหายมีลักษณะเป็นวงกลม ขากที่จะใช้วิธีการวัดหาค่า $\sin^{-1}$ หรือการใช้ template เพื่อหามุมตกกระทบเพื่อแบ่งแยกมุมตกกระทบทั้งสอง แต่ทั้งสองมุมมีความแตกต่างที่การกระจายตัวของเนื้อตะกั่วที่เกิดจากการสัมผัสกันอย่างรุนแรงระหว่างหัวกระสุนกับเป้าโลหะ ทำให้ปรากฏเป็นรอยตะกั่วกระจายบนแผ่นเหล็ก ซึ่งที่มุม 90 องศา การกระจายของเนื้อตะกั่วรอบ ๆ รอยที่เสียหายมีขนาดเท่ากันทุกๆ ด้าน ในขณะที่มุม 75 องศา พบว่าเนื้อตะกั่วกระจายไปตามทิศการแลบของหัวกระสุนมากกว่าทางตรงกันข้าม ในขณะที่ตั้งแต่มุม 60 องศา ลงมา การกระจายของเนื้อตะกั่วจะมีเพียงทิศทางเดียวคือทิศทางการแลบของหัวกระสุน และการใช้ template เทียบกับร่องรอยความเสียหายเริ่มมุมเฉพาะค่าหนึ่งก็ให้ผลที่ใกล้เคียงกับค่าอ้างอิง เช่น ที่มุม 45 องศา เราสามารถใช้ template ระบุมุมตกกระทบได้และพบว่าเนื้อตะกั่วมีการกระจายตัวในมุมที่แหลมกว่า 60 องศา ส่วนที่มุม 30 องศา การวัดหาค่า $\sin^{-1}$ และ template จะให้ผลที่ใกล้เคียงกับมุมตกกระทบเป็นอย่างมาก ในขณะที่หัวกระสุนที่สามารถเก็บได้ มีเพียงมุมขนาด 30 องศา ที่ยังมีสภาพที่ดีอยู่

สำหรับกระสุนที่ลดความเร็วเหลือประมาณ 600-700 fps ด้วยการปรับลดปริมาณดินปืนก่อนยิง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าลักษณะความเสียหายบนแผ่นเหล็กคล้ายกับความเสียหายที่เกิดจากการปะทะด้วยหัวกระสุนจากความเร็วปกติ แต่จะไม่พบร่องรอยการกระจายของเนื้อตะกั่วในทุก ๆ มุม สาเหตุอาจเนื่องมาจากแรงปะทะจากหัวกระสุนที่กระทำต่อเป้าโลหะมีค่าต่ำกว่าครึ่งหนึ่งของค่าเดิม นอกจากนี้พบหัวกระสุน มีสภาพสมบูรณ์ที่มุมตกกระทบ 45 และ 30 องศา ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะสามารถใช้เป็นตัวตัดสินในการวัดรอยกระสุนดังกล่าวได้

โดยสรุปแล้ว ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แม้จะพบการกระจายของเนื้อตะกั่วที่แตกต่างกันในแต่ละมุม แต่ค่าของมุมตกกระทบที่บ่งบอกเป็นตัวเลขยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัด ซึ่งทำให้จำเป็นต้องประยุกต์ใช้วิธีการต่าง ๆ ร่วมกัน เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่สมบูรณ์ทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพในการระบุมุมตกกระทบทั้งหมดที่ทำการทดลอง ซึ่งเมื่อใช้วิธีการต่าง ๆ ตามที่กล่าวมาประกอบกันพบว่าสามารถระบุค่ามุมตกกระทบได้ใกล้เคียงมากขึ้น โดยเฉพาะค่ามุมตกกระทบที่มีขนาดไม่โตมากนัก

ตารางสรุปการหามุมตกกระทบที่ค่ามุมตกกระทบต่างๆ

หัวกระสุนขนาด .45 ความเร็วกระสุนที่ 1170-1180 fps

มุมตกกระทบ	$\sin^{-1}$	Template	ดูการกระจายของเนื้อตะกั่ว
90°	x	x	x
75°	x	x	x
60°	x	x	x
45°	✓	✓	x
30°	✓	✓	x

หัวกระสุนขนาด .45 ความเร็วกระสุนที่ 600-700 fps

มุมตกกระทบ	$\sin^{-1}$	Template	ดูการกระจายของเนื้อตะกั่ว
90°	x	x	✓
75°	x	x	✓
60°	x	x	✓
45°	✓	✓	✓
30°	✓	✓	✓

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

ผลการทดลองที่ได้มาสามารถนำมาใช้เป็นแนวทางในการจำลองสถานการณ์ในที่เกิดเหตุได้ในระดับหนึ่ง แต่เพื่อความสมบูรณ์อาจต้องมีการใช้อุปกรณ์สร้างแนววิถีกระสุน เช่น เลเซอร์ที่สามารถจำลองแนววิถีกระสุนย้อนกลับไปได้หาตำแหน่งของผู้ยิงได้

7.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

สามารถดำเนินการการวิจัยครั้งต่อไปกับวัตถุเป้าหมายชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติมได้ หรือการหาความเชื่อมโยงต่าง ๆ ของตัวบ่งชี้ใหม่ในการยิงแต่ละมุม รวมถึงชนิดกระสุนต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อความเสียหายของเป้าหมาย

8. เอกสารอ้างอิง

- Jauhari, M. 1969. **Bullet Ricochet from metal plate**, Jour. Crim. Law Crimin. & Police Sc.Vol. 60, No. 3, PP.387-394
- Jauhari, M. 1970. **Mathemetical model for bullet ricochet**, Jour. Crim. Law Crimin. & Police Sc.Vol. 61, No. 3, PP.469-473
- Jauhari, M. 1971. **Approximate relationship between the angle of incidence and ricochoe for pratical application the field of criminal investiation**, Jour. Crim. Law Crimin. & Police Sc.Vol. 62, No. 1, PP.122-125
- Tod W. Burke. 1992. Bullet ricochet: A comprehensive review. ASTM international PP.1254-1260
- L.C. Haag and M.G. Haag. 2006. **Projectile ricochet and deflection**. Shooting incident reconstruction, chapter 7, PP.115-145
- U.S. Department of Justice. 2008. **Ballistic Resistance of Body Armor NIJ Standard-0101.06**, PP.3-8
- R.M. Gardner. 2012. **Practical Crime Scene Processing and Investigation, Second Edition**, PP.305-311
- L. Boonchongrak. 2015. Study of bullet marks on material kind from guns size at different distance and difference angel. **KMUTT conference**, PP.955-965

Erwin J.A.T M. and Wim K. 2016. Bullet trajectory reconstruction – Methods, accuracy and precision.

Forensic science international Vol.262, PP.204-211