

ศาสตราจารย์ ดร.สันอง เอกสิทธิ์
หน่วยปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์รับรู้
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย ปรินทร์ แจ้งทวี
นิติพริญญาเอก
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย รัชกรณ์ วชิรมน
ประธานกรรมการบริหาร
บริษัท เชอร์ทิส เฮลท์ อินโนเวชัน จำกัด

นาย จรัล งามวีโรจน์เจริญ
หัวหน้าทีมนักวิทยาศาสตร์ข้อมูล
บริษัท เชอร์ทิส เฮลท์ อินโนเวชัน จำกัด

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปืนหา

ประเทศไทยมีอัตราการก่ออาชญากรรมจากปืนสูงที่สุดในเอเชีย โดยคิดเป็นทุก 100,000 คนจะถูกฆ่าด้วยอาชญากรรม 5.3 คน และประเทศไทยยังมีเพลเมืองครอบครองปืนมากที่สุดในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และมีมากกว่าประเทศฟิลิปปินส์ที่มีข้อเสียทางด้านความรุนแรงถึง 4 เท่า [1] ในปัจจุบันปืนที่ทำการขึ้นทะเบียนมีมากกว่า 6 ล้านกระบอก ในขณะที่มีจำนวนประชากร 66.7 ล้านคน หมายความว่า ผู้ครอบครองปืนโดยถูกต้องตามกฎหมาย(มีใบอนุญาต ป.4) ในประเทศไทยมีจำนวนประมาณ 1 ใน 10 คนของคนในประเทศไทย [2] จากสถิติล่าสุดในปี พ.ศ.2560 มีการสำรวจจำนวนปืนในประเทศไทยซึ่งมีปืนทั้งสิ้น 10,342,000 กระบอก ปืนที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนมีทั้งสิ้น 4,120,820 กระบอก และปืนที่ขึ้นทะเบียนอย่างถูกต้องตามกฎหมายมีทั้งสิ้น 6,221,180 กระบอก โดยทั้งหมดนี้ถูกขึ้นทะเบียนเป็นปืนที่ถูกครอบครองโดยพลเรือน และยังมีปืนที่ยังไม่ได้ขึ้นทะเบียน ที่เป็นปืนไทยประดิษฐ์ และปืนที่ลักลอบนำเข้าอีกจำนวนมาก [3] ปืนเหล่านี้สามารถหาซื้อด้วยตนเอง ไทย-พม่า และไทย-กัมพูชา และยังมีบางส่วนที่ถูกลักลอบนำเข้ามาทางชายแดนอื่น ๆ รวมถึงปืนที่มีการขยายอยู่ในตลาดมีด ด้วยเหตุนี้ทำให้การเข้าถึงอาชญากรรมเป็นเรื่องง่าย [2] ในปัจจุบันปืนที่ได้ทำการขึ้นทะเบียนในขนาดปืนสั้นออโตเมติก ขนาด 9 ม.m. ในปี พ.ศ.2550 ถึง พ.ศ.2561 มีทั้งสิ้น 5,582 กระบอก และยี่ห้อที่เป็นที่นิยมส่วนใหญ่ที่มีจำนวนมากกว่า 250 กระบอก เช่น CZ, Glock, Beretta, Smith & Wesson, Norinco, Sig Sauer และ Browning [4]

จากข้อมูลข้างต้นซึ่งให้เห็นว่า คดีอาชญากรรมที่เกี่ยวกับปืนนั้นมีจำนวนมาก และในการสืบสวนคดี จำเป็นต้องใช้เจ้าพนักงานจากกองพิสูจน์หลักฐานในการสืบส่วนคดีจากหลักฐานที่พบจากที่เกิดเหตุ ซึ่งการตรวจเปรียบเทียบกระสุนปืนในปัจจุบันนั้นจำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญเฉพาะทางทำการตรวจสอบพิสูจน์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายสูงเพื่อทำการวิเคราะห์ตำแหน่งรอยร่องเกลียวสันเกลียวบนลูกกระสุนปืน โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างลูกกระสุนปืนในที่เกิดเหตุกับลูกกระสุนปืนที่ได้จากการทำการยิงทดสอบเบื้องตัวอย่างไว้เมื่อทำการขึ้นทะเบียนอาวุธปืน หรือเปรียบเทียบกับข้อมูลในฐานข้อมูลของเครื่องตรวจเปรียบเทียบกระสุนปืนแบบอัตโนมัติซึ่งมีราคาแพง และจำเป็นต้องใช้ผู้ชำนาญเฉพาะทาง ซึ่งเห็นได้ว่าการตรวจเปรียบเทียบกระสุนปืนต้องใช้เวลานานและความเชี่ยวชาญในการตรวจพิสูจน์ ประกอบกับในปัจจุบันผู้ตรวจพิสูจน์ก็มีจำนวนอยู่น้อย ไม่สามารถรองรับภารกิจงานได้อย่างทั่วถึงได้ โดยเฉพาะการก่อเหตุด้วยอาวุธปืนในพื้นที่ห่างไกลที่ยังไม่มีหน่วยงานและผู้ชำนาญการให้การสนับสนุนการคลี่คลายคดี ซึ่งเจ้าหน้าที่จะต้องส่งวัตถุพยานไปยังส่วนกลางเพื่อดำเนินการตรวจพิสูจน์ จึงก่อให้เกิดความล่าช้าในกระบวนการยุติธรรม

ด้วยเหตุนี้การพัฒนาแอปพลิเคชันซึ่งมีความจำเป็นอย่างมาก เพื่อใช้ในการลดค่าใช้จ่าย และลดระยะเวลาในการตรวจเปรียบเทียบกระสุนปืน รวมทั้งการเพิ่มโอกาสในการเข้าถึงการตรวจพิสูจน์ได้อย่างทั่วถึงและเท่าเทียมของเจ้าหน้าที่ หน่วยงานในพื้นที่ห่างไกล อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพและความแม่นยำเทียบเท่ากับผู้ชำนาญการ นอกจากนี้ยังเป็นการสร้างช่องทางให้แก่เจ้าหน้าที่ ที่ปฏิบัติหน้าที่อยู่นอกสถานที่ให้สะดวก และง่ายแก่การใช้งานนอกสถานที่

2. วัตถุประสงค์

- 2.1. เพื่อพัฒนาปัญญาประดิษฐ์โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกเพื่อให้สามารถในการระบุห้องของปืนจากภาพถ่ายพาโนรามาการบันทึกวีดีโอของหัวกระสุนที่บันทึกด้วยกล้องจุลทรรศน์สมาร์ตโฟน ที่สามารถใช้งานได้ในพื้นที่ ใช้เวลาในการประมวลผลน้อย สะดวก รวดเร็ว เหมาะสมกับการใช้งานจริงสนับสนุนการทำงานของเจ้าพนักงาน
- 2.2. เพื่อพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ที่มีความสามารถสูง ให้ข้อมูลมีความถูกต้องแม่นยำ มีค่าความไว และค่าความจำเพาะไม่ต่ำกว่า 90%
- 2.3. เพื่อพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ให้เป็นแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟนที่สามารถใช้ได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการ Android และ iOS การประมวลผลและการรายงานผลจะดำเนินการบนสมาร์ตโฟน หรือ ดำเนินการผ่านระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ต เจ้าหน้าที่สามารถใช้งานทำให้การตรวจเปรียบเทียบง่ายขึ้น ย่นระยะเวลาการทำงาน สามารถมุ่งไปยังปืนที่ทำการก่อเหตุได้เร็วขึ้น
- 2.4. เพื่อสร้างฐานข้อมูลเอกสารคำขอที่มีจำนวนอยู่ร่องเกลียวสันเกลียวของหัวกระสุนของปืน เพื่อสืบค้นและอ้างอิงในการปฏิบัติงานสนับสนุนแก่เจ้าหน้าที่

3. ขอบเขต และ ข้อจำกัดของงาน

งานนี้เป็นการนำเอกสารลักษณ์ตำแหน่งนิรอยร่องเกลียวสันเกลียวจากหัวกระสุนปืนขนาด 9 ม.ม. ที่ผ่านการยิงมาจากปืนที่ขึ้นทะเบียน ณ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ มาใช้ในการระบุที่ห้อของปืนที่ใช้ยิง โดยจะทำการรวบรวมตัวอย่างตำแหน่งนิรอยร่องเกลียวสันเกลียวบนหัวกระสุนอันเป็นผลมาจากการทำงานของลำกล้องปืนที่จะปรากฏบนหัวกระสุนปืน มาใช้ในการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ เพื่อสร้างแอปพลิเคชันในการระบุที่ห้อของปืนจากกระสุนที่ยิงแล้วบนสมาร์ทโฟน ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Android และ iOS นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับการใช้เก็บตำแหน่งจากหัวกระสุนปืนแบบพกพาเพื่อให้สามารถเก็บตำแหน่งได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น มีการใช้ฐานข้อมูลจำนวนปืนและกระสุนดังตารางที่ 1 และการกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

3.1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

- 3.1.1. อาวุธปืนพกสั้นที่ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ที่ใช้ยิงทดสอบเพื่อเก็บตัวอย่างตำแหน่งนิรอยร่องเกลียวสันเกลียวบนหัวกระสุนขนาด 9 ม.ม. จาก 8 ยี่ห้อ ได้แก่ Beretta, Browning, CZ, Glock, Norinco, Ruger, Sig Sauer, Smith & Wesson จำนวนรวม 118 กระบอก
- 3.1.2. การยิงเพื่อเก็บตัวอย่างตำแหน่งนิรอยร่องเกลียวสันเกลียวบนหัวกระสุนจะเป็นการยิงจากอาวุธปืนพกสั้นทั้งหมด 118 กระบอก กระบอกละ 2-3 นัด รวมทั้งสิ้น 423 นัด

ตารางที่ 1 จำนวนตัวอย่างข้อมูลหัวกระสุนที่เก็บจากกองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานตำรวจนครบาล

ยี่ห้อ	จำนวนปืนที่ใช้	จำนวนกระสุนปืน	จำนวนรูปภาพ	จำนวนรูปภาพหลังจากเพิ่มจำนวน
Beretta	19	62	203	7511
Browning	8	26	80	2958
CZ	29	113	507	18706
Glock	23	89	303	11198
Norinco	12	41	124	4586
Ruger	10	35	111	4099
Sig Sauer	8	25	69	2550
Smith & Wesson	9	32	105	3883
รวม	118	423	1502	55491

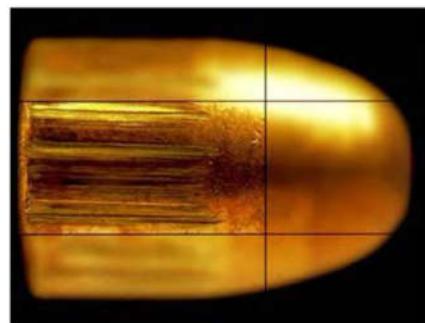
4. ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1. การตรวจเปรียบเทียบ

การตรวจเปรียบเทียบ (Bullet Inspection) เป็นวิธีของทางกองพิสูจน์หลักฐานที่จะทำการตรวจเปรียบเทียบโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ หรือใช้เครื่องตรวจเปรียบเทียบลูกกระสุนปืนแบบอัตโนมัติที่เรียกว่าเครื่องไอบิส (Integrated Ballistics Identification System: IBIS) [5] ทางกองพิสูจน์หลักฐานจะนำปืนที่นำมาลงทะเบียนมา沂ิงเก็บลูกกระสุนเพื่อนำไปเก็บในฐานข้อมูลโดยกระสุนที่เก็บไปจะใช้ในการตรวจเปรียบเทียบกับกระสุนที่เจอในที่เกิดเหตุเพื่อหาว่าปืนที่ใช้ในที่เกิดเหตุมาจากปืนระบบเดียวกัน

4.1.1 การเกิดรอยร่องรอยที่เกลียวลำกล้องกระทำต่อลูกกระสุน

ปืนแต่ละ枝ยังมีกระบวนการการทำเกลียวในลำกล้องปืนไม่เหมือนกัน ทำให้ร่องรอยที่ปรากฏอยู่บนลูกกระสุนปืนมีความแตกต่างกัน โดยรอยร่องเกลียวและสันเกลียวนี้จะเกิดขึ้นเมื่อปืนถูกยิง กระสุนจะวิ่งผ่านเกลียวในลำกล้องปืน เนื่องจากตัวลำกล้องปืนทำเป็นเกลียวเพื่อที่จะส่งให้ลูกกระสุนไปได้ไกลขึ้น วิ่งเป็นสันตรงไม่เหวี่ยง และหากอากาศได้ดีขึ้น ซึ่งในระหว่างที่กระสุนกำลังวิ่งผ่านเกลียวในลำกล้องปืนนั้น เกลียวในลำกล้องปืนจะทำให้เกิดรอยขึ้นบนลูกกระสุนเรียกว่า รอยครุดบนพื้นผิวลูกกระสุน (Land Engraved areas) [6] ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปอย่างร่องเกลียวสันเกลียวบนหัวกระสุน

แหล่งที่มา: Courtesy of Ultra Electronics Forensic Technology, Inc. (2018)

4.1.2 การใช้เครื่องตรวจเปรียบเทียบลูกกระสุนปืนแบบอัตโนมัติ

ในปัจจุบัน กองพิสูจน์หลักฐาน สำนักงานตำรวจนครบาล ได้ใช้เครื่องตรวจเปรียบเทียบลูกกระสุนแบบอัตโนมัติ หรือที่เรียกว่า ไอบีส (Integrated Ballistics Identification System: IBIS) [5] เป็นเครื่องที่ทำการตรวจเปรียบเทียบลูกกระสุนอัตโนมัติโดยใช้กระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยแบ่งเบาภาระหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ โดยระบบถูกออกแบบมาให้ใช้งานง่าย ผู้ใช้งานต้องจัดการเองประมาณ 10% ส่วนที่เหลือ 90% เครื่องจะทำงานให้อย่างอัตโนมัติ ทั้งนี้เครื่องตรวจเปรียบเทียบลูกกระสุนปืนแบบอัตโนมัติยังคงมีข้อเสียทางด้านราคาก็สูงค่อนข้างแพง ใช้เวลาค่อนข้างมาก และยังจำเป็นต้องใช้ผู้ช่วยในการฝึกอบรมในการใช้เครื่อง

4.2. การเรียนรู้เชิงลึก

การเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) [7] เป็นเทคนิคหนึ่งของการเรียนรู้ด้วยเครื่อง (machine learning) เป็นเทคนิคที่จะช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนซึ่งไม่สามารถแก้ไขได้โดยใช้วิธีการเรียนรู้ด้วยเครื่องแบบดั้งเดิมได้ วิธีการนี้เป็นเทคโนโลยีที่นำไปใช้ในด้านการรู้จำเสียงพูด (speech recognition) การรู้จำวัตถุ (visual object recognition) เป็นต้น

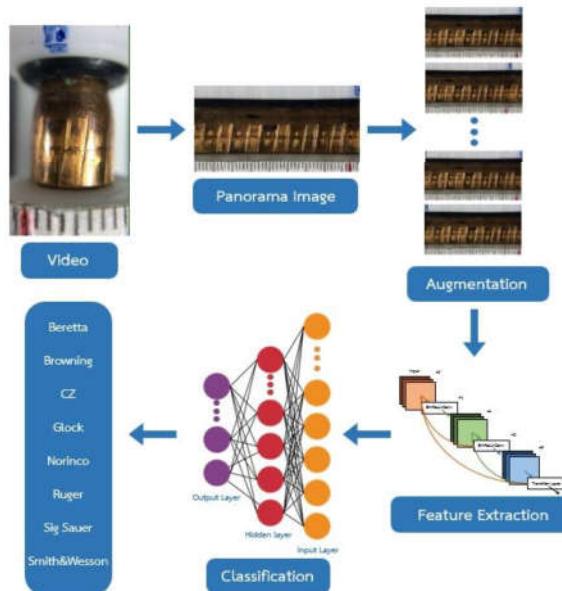
โครงข่ายประสาทสั่งวัตนาการ (convolutional neural networks) การเรียนรู้ด้วยเครื่อง จะต้องมีการคัดเลือกลักษณะเด่น (features extraction) ซึ่งจะต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญที่มีความชำนาญ ซึ่งทำให้ใช้ทรัพยากร ค่าใช้จ่าย และเวลา many แต่การใช้โครงข่ายประสาทสั่งวัตนาการ ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเนื่องจากเป็นการคัดเลือกลักษณะเด่นโดยใช้คอมพิวเตอร์ โครงสร้างของโครงข่ายประสาทสั่งวัตนาการทั่วไปจะแตกต่างกับโครงข่ายประสาทเทียมคือ ในแต่ละชั้นจะมี 3 มิติ กล่าวคือ มิติกว้าง มิติยาว และ มิติลึก ซึ่งมิติกว้างจะมีค่าเป็นความกว้างของรูป มิติยาวจะมีค่าเป็นความยาวของรูป ส่วนมิติลึกจะมีค่าตามประเภทของรูป หากรูปเป็นภาพสี จะมีค่าเท่ากับ 3 (red, green, blue channels) หากรูปเป็นภาพขาวดำจะมีค่าเท่ากับ 1

โครงข่ายประสาทสั่งวัตนาการประกอบไปด้วย 2 ส่วน [7] ส่วนแรกคือ ชั้นช่องตัวหรือชั้นคัดเลือกลักษณะเด่น ในส่วนนี้จะทำการใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์สั่งวัตนาการและกระบวนการรวมความสำคัญ ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่มีการคัดเลือกคุณลักษณะเด่น ส่วนที่สอง คือ ส่วนจำแนกประเภท ในส่วนนี้จะรับอินพุตมาจากชั้นก่อนหน้าแล้วนำมาคำนวณเอาร์พุตให้กับโครงข่ายซึ่งจะได้อาร์พุตเป็นเวกเตอร์ความน่าจะเป็นที่มีขนาดมิติเท่ากับจำนวนประเภทของอินพุต

5. วิธีการพัฒนา และ เทคนิคที่ใช้

การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์แบ่งออกเป็นหลายขั้นตอน เริ่มจากการนำตัวอย่างตำแหน่งอยู่ร่องเกลียวสันเกลียวของปืนพกขนาด 9 ม.m. ซึ่งถูกบันทึกเป็นวีดีโอมาทำการแปลงให้เป็นรูป โดยรูปที่ได้จะเป็นรูปพาโนราม่าจากนั้นทำการเปลี่ยนขนาดรูปภาพเป็น ความกว้าง 250 พิกเซล ความยาว 487 พิกเซล ทำการเพิ่มจำนวนรูปโดยใช้วิธีการเลื่อนภาพ แล้วนำรูปไปสกัดลักษณะเด่นโดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก [7] นำลักษณะเด่นที่ได้ไปใช้ฝึกฝนชั้นตัวจำแนกประเภทเชิงเส้นซอฟต์แมกซ์ นอกจากนี้ยังมีการเพิ่มชั้นอ้อมลайлเซ็นเซิงกลุ่มลงในชั้นช่องตัวทำให้การฝึกฝนมีประสิทธิภาพมากขึ้น และการใช้เทคนิคการไม่พิจารณาเซลล์ประสาทบางส่วนในชั้นช่องตัวเพื่อให้เซลล์ประสาทเรียนรู้ลักษณะเด่นโดยไม่ขึ้นกับเซลล์ประสาทด้วยตัวเอง ดังแสดงในรูปที่ 2

การฝึกฝนแบบจำลอง เริ่มจากการทำการแบ่งข้อมูลโดยการใช้การตรวจสอบแบบไขว้ เป็นเทคนิคที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง โดยทำการแบ่งข้อมูลออกเป็น 5 ส่วน จากนั้นนำข้อมูลส่วนที่ 1, 2, 3, 4 มาใช้ฝึกฝนแบบจำลองแล้วใช้ข้อมูลส่วนที่ 5 มาตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่สร้างขึ้น ทำการคำนวณประสิทธิภาพของแบบจำลองที่เพิ่งสร้างขึ้นโดยการคำนวณค่าความไว ค่าความจำเพาะและนำมาร้อยต่อกันเป็นกราฟลักษณะของสัญญาณที่ผู้ปฏิบัติได้รับและตีความหรือเรียกว่ากราฟอาร์โอซี แล้วคำนวณพื้นที่ต่อกرافาร์โอซีเพื่อใช้ในการวัดผล จากนั้นจะทำการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนที่ 2, 3, 4, 5 มาฝึกฝนแบบจำลองแล้วใช้ข้อมูลส่วนที่ 1 มาตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง จากนั้นทำการคำนวณประสิทธิภาพของแบบจำลอง ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบ 5 ครั้ง จากนั้นจะเลือกแบบจำลองในรอบที่ได้ประสิทธิภาพสูงที่สุดไปใช้งาน



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงขั้นตอนวิธีการฝึกฝนแบบจำลอง

6. จุดเด่นของงาน และ ประโยชน์ในการนำไปใช้

การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึก ที่สามารถระบุว่าเป็นจากหัวกระสุนปืนที่ยิงจากอาชุธปืนพกสั้นขนาด 9 ม.m. โดยการใช้วิธีการเรียนรู้เชิงลึก ลักษณะเด่นจะถูกสกัดอย่างอัตโนมัติจากการแตกต่างจากการสกัดลักษณะเด่นด้วยมือทำให้วิธีการเรียนรู้เชิงลึกไม่จำเป็นต้องพึ่งผู้เชี่ยวชาญในการสกัดลักษณะเด่น

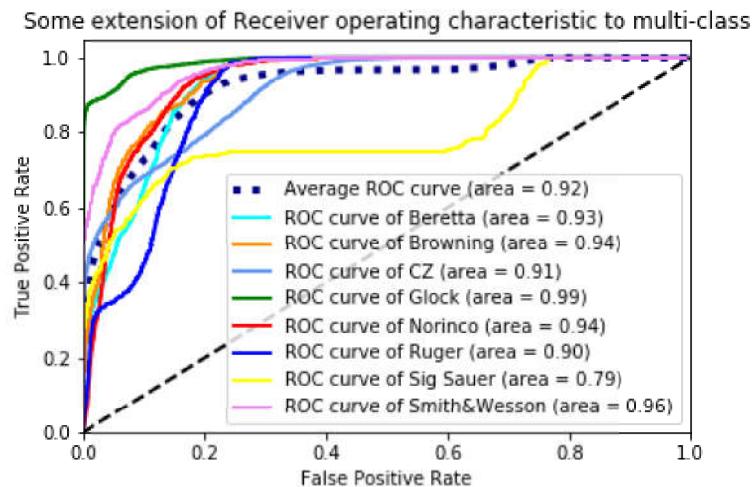
การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือสมาร์ทโฟนที่ใช้ได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Android และ iOS ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถพกพาไป nokสถานที่ได้ โดยการถ่ายหัวกระสุนโดยใช้แอปพลิเคชันจากนั้นปัญญาประดิษฐ์ในแอปพลิเคชันจะพิจารณารูปแบบของรอยร่องเกลียวสันเกลียว แล้วระบุว่าเป็นอย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็วโดยไม่ต้องพึ่งผู้เชี่ยวชาญ

7. ผลการวิจัย และ สรุปผล

จากการพัฒนาแบบจำลองโดยใช้วิธีการตรวจสอบแบบไขว้ แล้วทำการเลือกแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดมาตรวจสอบได้ผลตั้งแต่ร่างที่ 2 จากนั้นทำการคำนวณค่าความไว ความจำเพาะ พล็อก Grafik อาร์โอลซี คำนวณพื้นที่ตั้กราฟิก อาร์โอลซีได้ตั้งรูปที่ 3 และตาร่างที่ 3

ตารางที่ 2 จำนวนผลที่แบบจำลองทำนายและผลเฉลยจริง

ผลทำนาย	Beretta	Browning	CZ	Glock	Norinco	Ruger	Sig Sauer	S & W	รวม
Beretta	917	5	340	1	20	86	0	0	1369
Browning	179	119	146	0	0	0	0	0	444
CZ	796	1	3188	340	0	0	0	0	4325
Glock	11	0	151	2549	8	0	0	88	2807
Norinco	78	12	190	0	810	111	0	18	1219
Ruger	96	59	130	120	315	314	0	0	1034
Sig Sauer	0	0	0	0	335	11	98	0	444
S & W	0	0	281	0	0	0	0	385	666
รวม	2077	196	4426	3010	1488	522	98	491	12308



รูปที่ 3 กราฟอาร์โอซีและพื้นที่ใต้กราฟของแต่ละยี่ห้อ

ตารางที่ 3 ค่าความไว ความจำเพาะและพื้นที่ใต้กราฟอาร์โอซีของแต่ละยี่ห้อ

ยี่ห้อ	ความไว	ความจำเพาะ
Beretta	67%	89%
Browning	27%	99%
CZ	74%	84%
Glock	91%	95%
Norinco	66%	94%
Ruger	30%	98%
Sig Sauer	22%	100%
Smith & Wesson	58%	99%
เนลลี่	54%	95%

จากผลจะเห็นได้ว่า Glock จะมีค่าความไวมากที่สุดเนื่องจากลำกล้องของ Glock เป็นแบบโพลีไกโนลซึ่งมีความแตกต่างจากยี่ห้ออื่นอย่างมาก จึงทำให้สามารถระบุยี่ห้อได้ดีที่สุด ในขณะเดียวกัน Sig Sauer, Ruger และ Browning ที่มีความไวต่ำกว่าเนื่องจาก จำนวนข้อมูลของทั้งสามยี่ห้อมีจำนวนน้อย จึงทำให้แบบจำลองถูกติดความแอนเอียงไปทางยี่ห้อที่มีจำนวนข้อมูลมากกว่า กล่าวคือ CZ และ Beretta ส่งผลให้ค่าความจำเพาะของ CZ และ Beretta ลดลงด้วยซึ่งวิธีการแก้ปัญหาการเล่นเอียงของแบบจำลองสามารถทำได้โดยการเก็บข้อมูลตัวอย่างของ Sig Sauer, Ruger และ Browning เพิ่มเพื่อให้จำนวนข้อมูลมีความสมดุลกัน นอกจากนี้จะสามารถพัฒนาแบบจำลองเพื่อเพิ่มความไวโดยการเตรียมข้อมูลภาพ (preprocessing) การ regularization และ normalization และการใช้เทคนิคเพิ่มจำนวนรูปภาพเข่น การเพิ่มสัญญาณรบกวน ซึ่งจะทำการพัฒนาต่อไปในอนาคต

8. บรรณานุกรม / เอกสารอ้างอิง

- [1] Thai PBS, “ร้อยเตอร์ระบุไทยมีอัตราภัยอาชญากรรมจากปืนสูงที่สุดในเอเชีย,” Thai PBS, 2018. [ออนไลน์]. Available: <https://news.thaipbs.or.th/content/123316>. [วันที่เข้าถึง 23-10-2018].
- [2] Nidapoll.inda.ac.th, “A look at Thailand’s fervent gun culture | DW |,” (www.dw.com), D, [ออนไลน์]. Available: <https://www.dw.com/en/a-look-at-thailands-fervent-gun-culture/a-19060721>. [วันที่เข้าถึง 23-10-2018].
- [3] Smallarmssurvey.org, “Civilian Firearms Holdings, 2017,” Smallarmssurvey.org, [ออนไลน์]. Available: http://www.smallarmssurvey.org/fileadmin/docs/Weapons_and_Markets/Tools/. [วันที่เข้าถึง 23-10-2018].
- [4] กองพิสูจน์หลักฐานกลาง, ข้อมูลปืนพกอ๊อโตเมติกขนาด 9 ม.m. 2550-2561., Bangkok: กลุ่มงานตรวจสอบปืนและเครื่องกระสุน กองพิสูจน์หลักฐานกลาง., 2018.
- [5] U. Technology, “Integrated Ballistics Identification System IBIS | FAQ”, Ultra-forensictechnology.com,” U. Technology, [ออนไลน์]. Available: <http://www.ultra-forensictechnology.com/faq>. [วันที่เข้าถึง 23-10-2018].
- [6] สถาบันคุณณ เอกจักรวาล, สุกษ์ดี สีบพงษ์ศิริ และ รังศักดิ์ บุญมาก, “การถ่ายภาพพื้นผิวลูกกระสุนปืน แบบ 3 มิติ เพื่อตรวจเปรียบเทียบลูกกระสุนปืน ที่ยิงออกจากกล้องปืน แบบโพลีไกโนล”, Tci-thaijo.org, [ออนไลน์]. Available: <https://www.tci-thaijo.org/index.php/VESTSU/article/view/91077>. [วันที่เข้าถึง 23-10-2018].
- [7] ชาตรุรงค์ ตันติบัณฑิต, การเรียนรู้เชิงลึก: ทฤษฎี และนวัตกรรมทางวิศวกรรมการแพทย์, 1st ed., นครปฐม: เพชรเกษมพรินติ้ง กรุ๊ป จำกัด, 2018.