

การพัฒนาระบบตรวจพิสูจน์ ทางนิติวิทยาศาสตร์คดีความผิดทางเพศ ด้วยปัญญาประดิษฐ์

THE DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) SYSTEM FOR FORENSIC INVESTIGATION OF SEX CRIMES

นริศ หุหมอม¹ ปภาณ สุทธิประสิทธิ์²
สุเมธ ยืนยง³ กลกรณ์ วงศ์ภาติกะเสรี⁴
เอกชัย วารินศิริรักษ์⁵ วิรัช สรเลิศล้ำวานิช⁶
Narit Hnoohom¹ Papanu Suttipasit²
Sumeth Yuenyong³ Konlakorn Wongpatikaseree⁴
Eakkachai Warinsiruk⁵ Virach Sornlertlamvanich⁶

มหาวิทยาลัยมหิดล จังหวัดนครปฐม 73170

Mahidol University, Nakorn Pathom 73170 Thailand¹⁻⁶

Corresponding E-mail : narit.hno@mahidol.ac.th

Received Date April 22, 2023
Revised Date September 14, 2023
Accepted Date September 18, 2023

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิด้วยปัญญาประดิษฐ์เพื่อใช้ในการสร้างหลักฐานหรือตัวบ่งชี้สำคัญในคดีความผิดทางเพศ และศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิด้วยปัญญาประดิษฐ์ในคดีความผิดทางเพศ โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ โดยพัฒนาปัญญาประดิษฐ์สำหรับตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิและการพัฒนาเว็บไซต์ตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ และส่วนที่ 2 คือ การอบรมการใช้เครื่องมือให้กับนักวิชาการวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า ระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิด้วยปัญญาประดิษฐ์ สามารถลดขั้นตอนตรวจจับตัวอสุจิในการพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ได้ โดยหากพบส่วนหัวของอสุจิมากกว่า 2 ตัว บนภาพดิจิทัลที่สแกนจากแผ่นสไลด์กล้องจุลทรรศน์ จะถือว่ามีการถูกระงับทำซ้ำเรา โดยผลลัพธ์จากการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์บนสถาปัตยกรรม YOLOv5m ได้ผลลัพธ์ความแม่นยำอยู่ที่ร้อยละ 97.4 และสามารถนำมาเชื่อมต่อการใช้งานผ่านระบบเว็บไซต์ และเมื่ออบรมการใช้งานระบบให้กับนักวิชาการวิทยาศาสตร์ ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ เนื่องจากระบบดังกล่าวสามารถช่วยให้บริการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์คดีความผิดทางเพศมีความรวดเร็วขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสในการยืนยันตัวผู้กระทำผิด และช่วยลดโอกาสที่ผู้กระทำผิดจะก่อคดีกับผู้เสียหายอื่นๆ อันเป็นการป้องกันความสูญเสียที่เกิดขึ้นทั้งทรัพยากรบุคคลและเวลา

คำสำคัญ: ระบบการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ ปัญญาประดิษฐ์ ตัวอสุจิ

Abstract

This research aimed to develop an Artificial Intelligence (AI) system for sperm identification to be used as an evidence or an important indicator in sexual offense cases, and to study the feasibility of the system. The research was divided into two parts. The first part was to develop an Artificial Intelligence system for sperm detection and a website for sperm detection, using applied research method. The second part included the tool familiarization training for forensic scientists. The study found that the Artificial Intelligence system could lessen the steps of sperm detection process. If the digital scanned image from microscope slides shown more than two sperm heads, it could be assumed that a sexual abuse happened. Developed on the YOLOv5m, the precision of the system was up to 97.4%. It could also be accessed on website. Forensic scientists who were trained were satisfied with the system as it could accelerate forensic investigation service, increase chances for proving an offender's guilt, and reduce opportunities of the offender to commit other crimes. In addition, waste of time and human resources could be avoided.

Keywords: Forensic investigation system, Artificial Intelligence (AI), Sperm

1. บทนำ

การกระทำความรุนแรง การล่วงละเมิดทางเพศ รวมไปถึงคดีการข่มขืนต่าง ๆ คือ ภาวะการคุกคามความมั่นคงของมนุษย์ ซึ่งเป็นปัญหาทางสังคมที่มีแนวโน้มจะรุนแรงและมีอุบัติการณ์สูงขึ้นดังที่ปรากฏในสื่อต่าง ๆ กลุ่มผู้ตกเป็นเหยื่อมากกว่าร้อยละ 90 คือผู้หญิงและเด็ก โดยองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, HRP, 2021) ได้สำรวจความถี่ของปัญหาความรุนแรงต่อผู้หญิงใน 10 ประเทศ รวมทั้งประเทศไทย พบว่า ผู้หญิงถูกละเมิดทางเพศ ถูกกระทำความรุนแรงทางร่างกายและจิตใจ วันละไม่น้อยกว่า 7 คน และมีตัวเลขของผู้หญิงที่เข้ารับการบำบัดรักษา และแจ้งความร้องทุกข์ สูงถึงปีละ 30,000 คน (World Health Organization, HRP, 2021) และตามรายงานของ World Population Review แสดงให้เห็นว่า อัตราการข่มขืนในประเทศไทยมีอัตราสูงสุดที่ 6.7 ราย ต่อผู้หญิง 100,000 คน นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า มีคดีการข่มขืนอยู่ประมาณ 323,022 คดีทั่วโลก โดยในประเทศไทยมีจำนวน 4,636 คดี (“เปิดสถิติความรุนแรงทางเพศของสังคมไทยยังน่าเป็นห่วง”, 2561) ข้อมูลนี้สอดคล้องกับสถานการณ์ความรุนแรงทางเพศในประเทศไทย โดยการรวบรวมสถิติของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 - 2563 รวมระยะเวลา 4 ปี สรุปคดีข่มขืนและอนาจารที่เกิดขึ้นแล้วจำนวน 4,044 คดี มีผู้เสียหาย จำนวน 8,575 คน (World Population Review, 2021) อย่างไรก็ตาม เป็นที่ทราบกันว่า ปัญหาความรุนแรงทางเพศมีระดับความรุนแรงมากกว่าสถิติที่ปรากฏ กระบวนการสอบสวนและหลักฐานคดีความผิดทางเพศจึงเป็นบทบาทที่สำคัญในกระบวนการยุติธรรม ในอันที่จะพิสูจน์ความผิดหรือความบริสุทธิ์ของผู้ต้องหา

(สำนักข่าวไทย, 2563) โดยในขั้นตอนการตรวจร่างกายผู้เสียหาย แพทย์จะขอตรวจสารคัดหลั่งเพื่อพิสูจน์ว่ามีการล่วงละเมิดทางเพศเกิดขึ้นจริงหรือไม่ สารคัดหลั่งส่วนใหญ่ที่พบ จะเป็นคราบอสุจิหรือน้ำอสุจิที่สามารถระบุได้ว่า เกิดเหตุล่วงละเมิดทางเพศหรือไม่ และรีบดำเนินการส่งตัวอย่างที่เก็บนั้นไปตรวจพิสูจน์ยังห้องปฏิบัติการทันที

การตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการสำหรับผู้ถูกล่วงละเมิดทางเพศในงานวิจัยนี้ มุ่งเน้นที่จะปรับปรุงและพัฒนากระบวนการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิซึ่งมีความสำคัญในการพิจารณาคดีมากขึ้น กระทำซ้ำเรา ในการตรวจเพื่อยืนยันการมีเพศสัมพันธ์ทางห้องปฏิบัติการนิติวิทยาศาสตร์สำหรับผู้ถูกล่วงละเมิดทางเพศ (ฉัตรสมน พฤทธิภิญโญ และนิทัศน์ ศิริโชติรัตน์, 2557; อานนท์ จำลองกุล, 2560) ซึ่งการตรวจในปัจจุบันคือการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์ และมีการย้อมสี (Stain) ด้วย Hematoxylin และ Eosin โดยหัวของอสุจิจะติดสีน้ำเงินม่วง ในขณะที่พื้นหลังเป็นสีชมพู (คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, 2559) การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิด้วยวิธีดังกล่าวต้องใช้ความชำนาญในการย้อมสูง และต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 40-100 เท่า ดังนั้น ด้วยการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงนี้ จะสามารถยกระดับการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์คดีความผิดทางเพศของประเทศไทย ซึ่งจะทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ที่จะทำให้การพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมทางด้านนิติเวชศาสตร์แพร่หลายมากขึ้น โดยสอดคล้องกับการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนนักวิชาการวิทยาศาสตร์และนิติพยาธิแพทย์ในประเทศไทย

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิด้วยปัญญาประดิษฐ์เพื่อใช้ในการสร้างหลักฐานหรือตัวบ่งชี้สำคัญในคดีความผิดทางเพศ

2.2 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิด้วยปัญญาประดิษฐ์ในคดีความผิดทางเพศ

3. วิธีการศึกษา

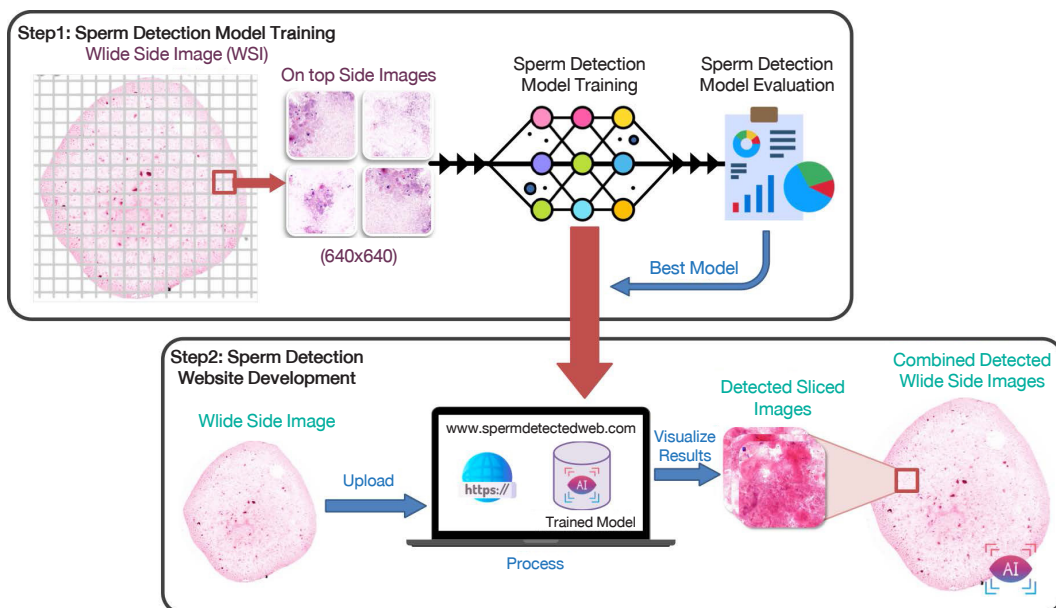
ผู้วิจัยได้ศึกษาจากการปฏิบัติงานของนักวิชาการวิทยาศาสตร์และนิติพยาธิแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ โดยได้นำขั้นตอนและข้อสังเกตในการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิมาประมวลผลในการพัฒนาโมเดลเพื่อช่วยในการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ ข้อมูลขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพดิจิทัลแผ่นสไลด์ที่บรรจุน้ำอสุจิ ได้ข้อสรุปว่า

เมื่อพบส่วนหัวอสุจิ อย่างน้อย 2 ตัว บนภาพดิจิทัลที่สแกนจากแผ่นสไลด์กล้องจุลทรรศน์ จะถือว่าได้ถูกล่วงละเมิดทางเพศ นอกเหนือจากที่กล่าว จะถือว่าไม่ถูกล่วงละเมิดทางเพศ

สำหรับวิธีการและขั้นตอนการศึกษา มีรายละเอียด ดังนี้

3.1 การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์สำหรับการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ

การพัฒนาปัญญาประดิษฐ์สำหรับตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ 1) การพัฒนาโมเดลปัญญาประดิษฐ์ และ 2) การพัฒนาเว็บไซต์การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ ดังแสดงในภาพที่ 1

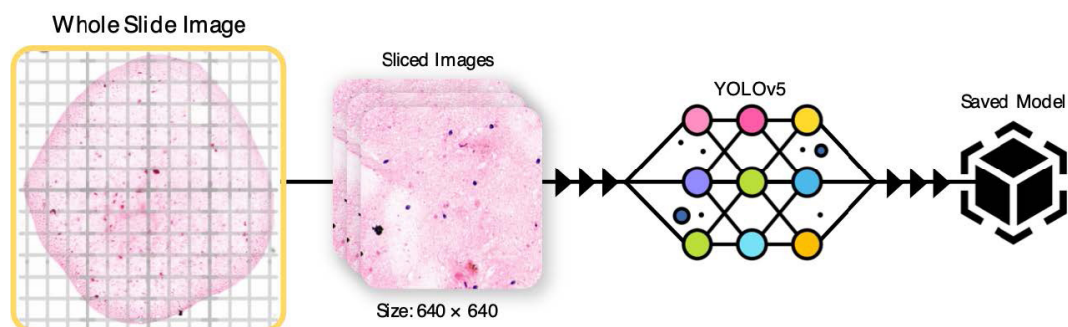


ภาพที่ 1 ขั้นตอนการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์สำหรับการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ

3.1.1 การพัฒนาโมเดลปัญญาประดิษฐ์

1) ขั้นตอนการพัฒนาโมเดล

การพัฒนาโมเดลปัญญาประดิษฐ์เพื่อการตรวจนับจำนวนตัวอสุจิ มีขั้นตอนการพัฒนาโดยจัดเตรียมข้อมูลฝึกสอนโมเดลซึ่งประกอบด้วยการตีกรอบตัวอสุจิ และนำข้อมูลภาพเข้าฝึกสอน โดยในงานวิจัยนี้ใช้โมเดลตรวจจับวัตถุ (Object detection) จากสถาปัตยกรรม YOLOv5s และ YOLOv5m ในการฝึกสอน เพื่อนำโมเดลมาใช้งานตรวจจับตัวอสุจิ ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การพัฒนาโมเดลปัญญาประดิษฐ์สำหรับการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ

2) ขั้นตอนการทำชุดข้อมูลฝึกสอนโมเดล

นักวิชาการวิทยาศาสตร์และนิติพยาธิแพทย์ผู้เชี่ยวชาญได้ใช้เครื่องมือตีกรอบตัวอสุจิที่พัฒนาขึ้นในการตีกรอบล้อมรอบตัวอสุจิที่อยู่ในภาพดิจิทัลที่สแกนจากแผ่นสไลด์กล้องจุลทรรศน์ของกลุ่มผู้ทดสอบจำนวนทั้งสิ้น 30 ราย จากนั้นนำภาพจากแผ่นสไลด์มาตัดเป็นภาพย่อยที่มีขนาด 640x640 พิกเซล โดยมีภาพทั้งหมด จำนวน 4,730 ภาพ การแสดงข้อมูลการตีกรอบตัวอสุจิ รวมทั้งหมด จำนวน 13,245 ภาพ จะถูกกำหนดโดยนักวิชาการวิทยาศาสตร์และนิติพยาธิแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งในแต่ละภาพอาจจะมีหรือไม่มีตัวอสุจิ

สำหรับการจัดเตรียมชุดข้อมูล คณะผู้วิจัยได้ทำการแบ่งชุดข้อมูลออกเป็น 3 ชุด ประกอบด้วยชุดข้อมูลฝึกสอน (Training set) ร้อยละ 70 ชุดข้อมูลตรวจสอบ (Validation set) ร้อยละ 20 และชุดข้อมูลทดสอบ (Test set) ร้อยละ 10

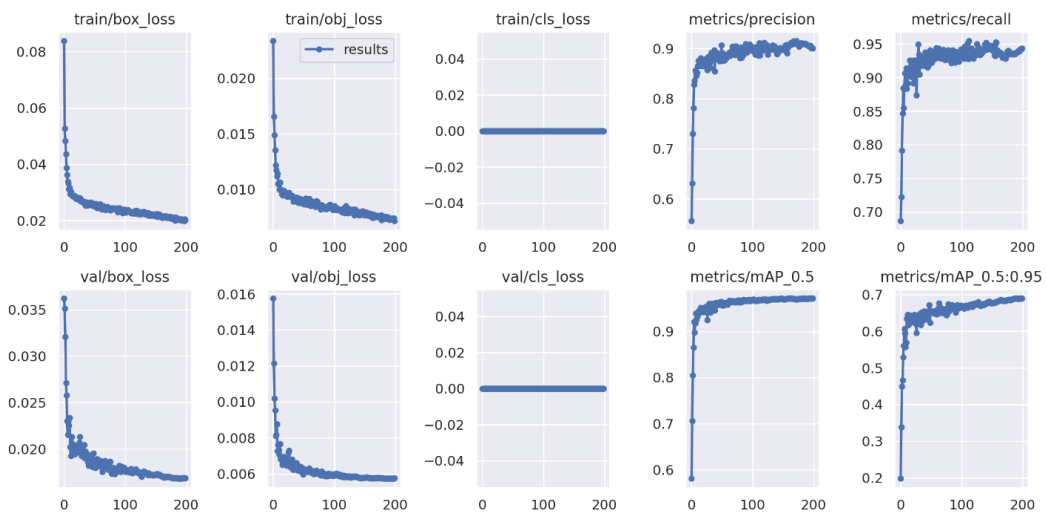
3) ขั้นตอนการทดสอบความแม่นยำ

ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพในการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ โดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบที่ผ่านการตีกรอบหัวอสุจิ โดยนำภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลส่งเข้าประมวลผล ผ่านสถาปัตยกรรม YOLO ผลลัพธ์จากการทดสอบจะถูกตีกรอบบริเวณหัวอสุจิพร้อมกับแสดงค่าความเชื่อมั่นจากการฝึกสอน จำนวน 200 รอบ ด้วยชุดข้อมูลฝึกสอนและชุดข้อมูลตรวจสอบ และประเมินผลบนชุดข้อมูลทดสอบโดยการวัดผลใช้ตัวชี้วัด Precision, Recall, และ mAP จากการทดลองพบว่าโมเดล YOLOv5m มีค่า Precision สูงที่สุด ด้วยผลลัพธ์เท่ากับ 0.908 และ mAP ที่ IoU 0.5 ด้วยผลลัพธ์เท่ากับ 0.974 ดังแสดงในตารางที่ 1

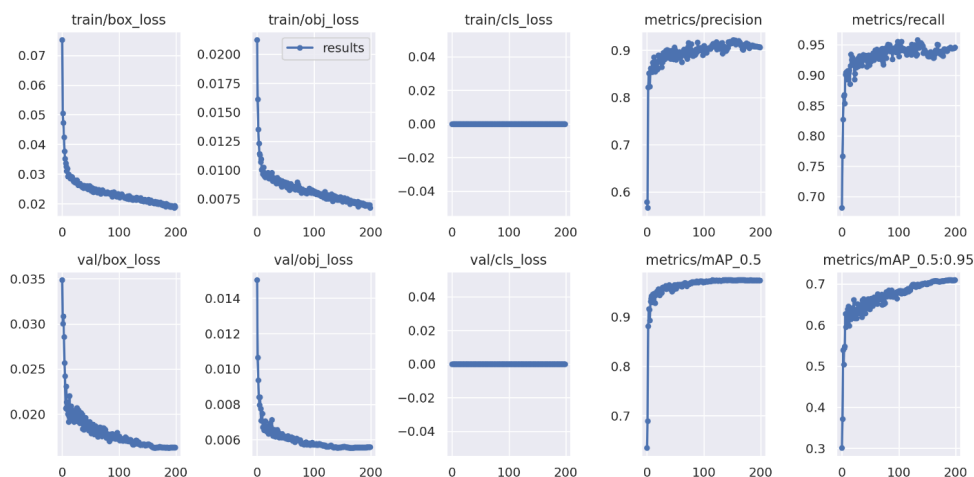
ตารางที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพในการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ

สถาปัตยกรรม	Precision	Recall	mAP@0.5	mAP
YOLOv5s	0.901	0.943	0.971	0.690
YOLOv5m	0.908	0.945	0.974	0.710

ผลจากการฝึกสอนพบว่า โมเดล YOLOv5m สามารถตรวจจับภาพอสุจิได้ดีกว่า โมเดล YOLOv5s จากภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4 แสดงกราฟผลลัพธ์การฝึกสอน ได้แก่ ค่า Loss ในการฝึกสอนและทดสอบ และ ค่าประเมินประสิทธิภาพของโมเดล ได้แก่ Precision, Recall, mAP ที่ IoU 0.5 จากกราฟ mAP จะพบว่า ในการฝึกสอนของโมเดล YOLOv5s และโมเดล YOLOv5m ค่า Loss สามารถเข้าสู่ค่า 0 ได้รวดเร็วและไม่กระจายตัว รวมถึงค่าประเมินประสิทธิภาพมีค่าที่เข้าใกล้ 1 มากในทั้งสองโมเดล ซึ่งสอดคล้องกับค่าตามตารางที่ 1 อย่างไรก็ตาม โมเดล YOLOv5m ได้ค่าประเมินประสิทธิภาพของโมเดลที่สูงกว่าโมเดล YOLOv5s ดังนั้น โมเดล YOLOv5m จึงเหมาะสมในการนำมาใช้ในการพัฒนาต่อไป



ภาพที่ 3 การฝึกสอนโมเดลปัญญาประดิษฐ์สำหรับการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจินบนสถาปัตยกรรม YOLOv5s

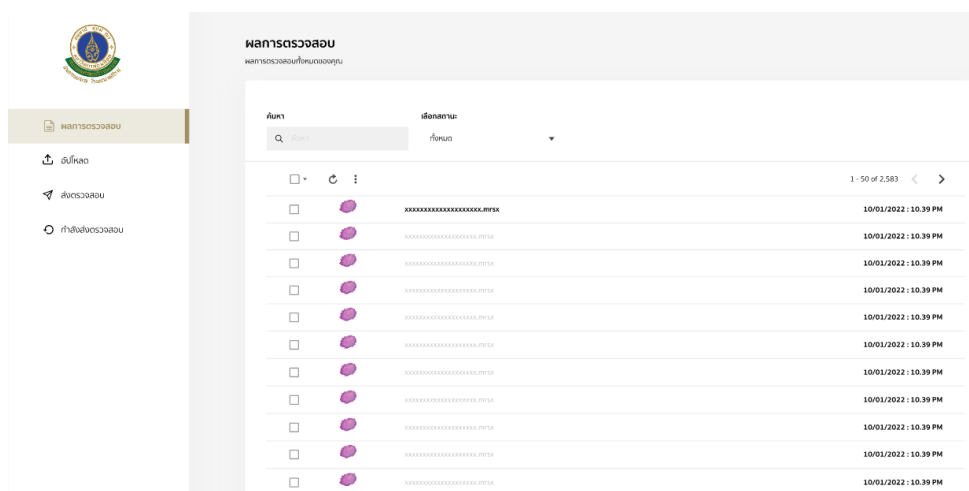


ภาพที่ 4 การฝึกสอนโมเดลปัญญาประดิษฐ์สำหรับการตรวจพิสูจน์ตัวสุบบนสถาปัตยกรรม YOLOv5m

3.1.2 การพัฒนาเว็บไซต์การตรวจพิสูจน์ตัวสุจิ

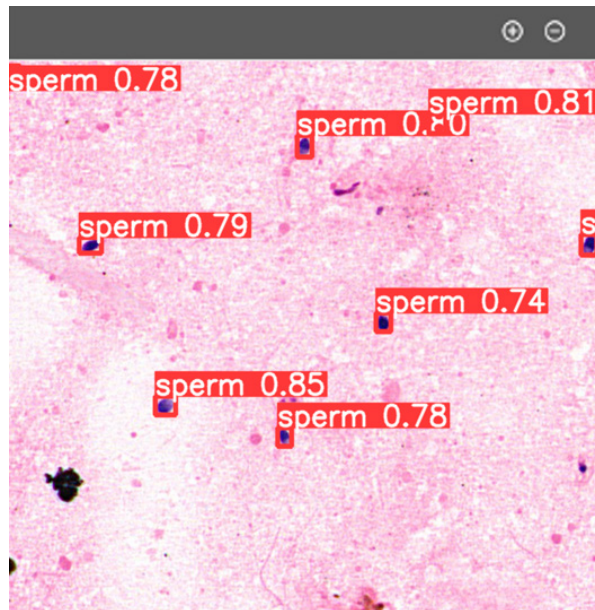
ผู้วิจัยได้ออกแบบเว็บไซต์การตรวจพิสูจน์ตัวสุจิสำหรับนักวิชาการวิทยาศาสตร์และนิติพยาธิแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อใช้เป็นส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้งาน นำโมเดลที่ฝึกสอนสำเร็จแล้วไปใช้งานจริง เว็บไซต์การตรวจพิสูจน์ตัวสุจิประกอบด้วยผู้ใช้งานสองกลุ่ม คือ ผู้ใช้งานทั่วไปและผู้ดูแลระบบ การใช้งานเว็บไซต์ครอบคลุมการใช้งานดังต่อไปนี้

การแสดงผลข้อมูลบนเว็บไซต์ที่แสดงประวัติย้อนหลังของภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลซึ่งผ่านการประมวลผลแล้ว โดยเว็บไซต์สามารถค้นหาหรือจัดเรียงตามวัน ดังแสดงในภาพที่ 5



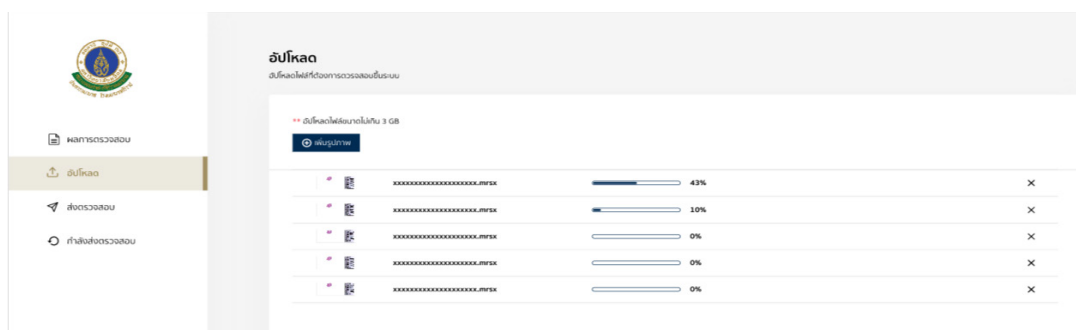
ภาพที่ 5 การแสดงรายการของภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลที่ผู้ใช้งานได้ส่งประมวลผล

การแสดงผลลัพธ์การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิสามารถตรวจสอบรายละเอียดได้ โดยเลือกรายการจากผลการตรวจสอบ โดยจะมีรายละเอียดตำแหน่งของตัวอสุจิ และค่าความเชื่อมั่นของคำตอบที่ตรวจจับตัวอสุจิบนภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัล ดังแสดงในภาพที่ 6



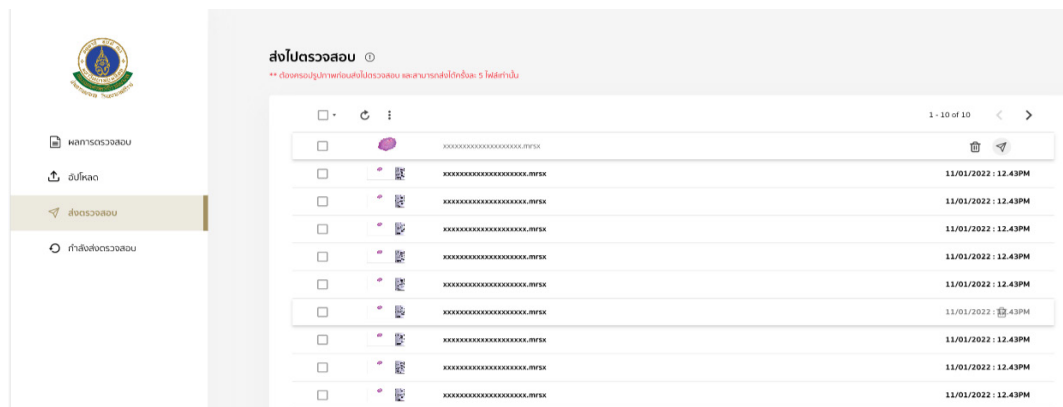
ภาพที่ 6 ผลลัพธ์การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ

การแสดงผลข้อมูลรายการอัปโหลดภาพและสถานะของการอัปโหลดบนเว็บไซต์ ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 หน้าอัปโหลดภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลของเว็บไซต์

การแสดงผลรายการภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลที่ส่งตรวจสอบและอัปโหลดแล้วบนเว็บไซต์ เพื่อให้ผู้ใช้งานเลือกการประมวลผล เนื่องจากแต่ละภาพใช้เวลาประมวลผลนานหลายนาที ผู้วิจัยจึงออกแบบระบบให้รองรับการส่งภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัล ครั้งละไม่เกิน 5 ภาพ ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 หน้าแสดงรายการรอส่งตรวจสอบภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัล

3.2 การศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิด้วยปัญญาประดิษฐ์

ผู้วิจัยจัดทำแบบสอบถามเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิด้วยปัญญาประดิษฐ์ไปใช้งาน ซึ่งจัดเก็บข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการศึกษาที่เก็บรวบรวมจากแหล่งข้อมูลโดยตรงจากแบบสอบถาม (Questionnaire) จากกลุ่มประชากรตัวอย่าง ซึ่งเป็นกลุ่มบุคคลที่มีความเกี่ยวข้องต่อหน้าที่ในกระบวนการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์คดีความผิดทางเพศ

ผู้วิจัยได้จัดอบรมเพื่ออธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหาภายในการศึกษา ความเป็นไปได้ของการใช้งานระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิด้วยปัญญาประดิษฐ์แก่ผู้เข้าร่วมกิจกรรม เพื่อให้ผู้เข้าร่วมเข้าใจในผลลัพธ์ของงานวิจัยก่อนทำแบบสอบถาม โดยเป็นคำถามลักษณะปลายปิด ซึ่งประกอบด้วยคำตอบย่อยที่แบ่งเป็น 5 ระดับ โดยใช้มาตรวัดประมาณค่า (Rating scale) และให้คะแนนแต่ละระดับ ตั้งแต่ค่าคะแนนน้อยที่สุดคือ 1 ถึงค่าคะแนนมากที่สุด คือ 5 และได้กำหนดค่าอันตรายภาคขึ้น สำหรับการแปลผลข้อมูลโดยคำนวณค่าอันตรายภาคขึ้น เพื่อกำหนดช่วงชั้นด้วยการใช้สูตรคำนวณและคำอธิบายสำหรับแต่ละช่วงชั้น ดังนี้

$$\text{อันตรายภาคขึ้น} = \frac{\text{ค่าสูงสุด} - \text{ค่าต่ำสุด}}{\text{จำนวนชั้น}} = \frac{5 - 1}{5} = 0.80$$

ช่วงชั้นของค่าคะแนน	คำอธิบายสำหรับการแปลผล
1.00 – 1.80	ระดับน้อยที่สุด
1.81 – 2.61	ระดับน้อย
2.62 – 3.42	ระดับปานกลาง
3.43 – 4.23	ระดับมาก
4.24 – 5.00	ระดับมากที่สุด

4. การทบทวนวรรณกรรม

นักวิชาการวิทยาศาสตร์และนิติพยาธิแพทย์ผู้เชี่ยวชาญเป็นสาขาขาดแคลนของประเทศไทย ทั้งนี้เนื่องจากภาระงานที่มากขณะที่ยังมีบุคลากรจำนวนน้อย ซึ่งต้องอาศัยความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ในการทำงาน จากการทบทวนวรรณกรรมผลงานด้านการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ที่ช่วยในการตรวจหาตัวอสุจิ การวิเคราะห์รูปร่างของอสุจิ (Sperm morphology analysis) โดยนำเสนอขั้นตอนวิธีการเรียนรู้เชิงลึก ซึ่งใช้ในการตรวจวินิจฉัยภาวะมีบุตรยาก (Javadi & Mirroshandel, 2019) เสนอวิธีการเสริมข้อมูลด้วยการประมวลผลภาพและการสุ่มเพื่อแก้ปัญหาจำนวนภาพแต่ละประเภทไม่เท่ากัน (Data imbalance) และนำเสนอโครงสร้างโมเดลการเรียนรู้เชิงลึกเพื่อใช้ในการค้นหาความผิดปกติรูปร่างในส่วนต่าง ๆ ของตัวอสุจิ ได้แก่ ส่วนหัวทั้งหมด ส่วนหัวเฉพาะด้านนอก (Acrosome) และบริเวณกลาง (Vacuole) จุดเด่นของโมเดล คือ สามารถใช้งานได้กับภาพที่ไม่มีการย้อมสีและภาพที่มีความละเอียดต่ำ โมเดลการเรียนรู้เชิงลึกประเภท Convolutional Neural Network (CNN) ถูกออกแบบสำหรับการตรวจสอบรูปร่างของส่วนหัวของตัวอสุจิ (Iqbal et al., 2020) โดยใช้หลักการคล้ายกับ Pyramid network หรือการดูภาพที่หลาย ๆ ความละเอียด โดยการนำข้อมูลจากเลเยอร์ต่าง ๆ (Layer) ของโมเดลมาประมวลผล ก่อนที่จะส่งไปที่เลเยอร์สุดท้ายที่เป็นขั้นตอนการจำแนกภาพ ผลการทดสอบบนชุดข้อมูล SCIAN และชุดข้อมูล HuSHeM มีความแม่นยำถึงร้อยละ 95

ตัวอสุจิเป็นวัตถุที่มีขนาดเล็ก และยังมีเยื่อหุ้มอื่น ๆ ในสารคัดหลั่งที่อาจมีรูปลักษณะที่คล้ายคลึงกับส่วนหัวของตัวอสุจิ ทำให้ยากต่อการตรวจพิสูจน์ ลักษณะเด่นอย่างหนึ่งของตัวอสุจิ คือ การเคลื่อนไหว ทำให้การตรวจจับด้วยวิดีโอทำได้ง่ายกว่าการตรวจจับบนภาพนิ่ง ในงานวิจัยนี้ใช้โมเดลการเรียนรู้เชิงลึก RetinaNet และเสนอแนวคิดที่จะใส่ภาพสองเฟรม (Frame) ติดกันเข้าไปในโมเดล (Mohammadi et al., 2020) เพื่อให้สามารถตรวจสอบการเคลื่อนไหวของตัวอสุจิได้ ขั้นตอนแรกเริ่มจากการแยกตัวอสุจิออกจากภาพพื้นหลัง จากนั้นตรวจสอบความแข็งแรงของตัวอสุจิจากความเร็วของการเคลื่อนที่ ด้วยขั้นตอนวิธี Spatially Regularized Discriminative Correlation Filters (SR-DCF) งานวิจัยรายงานผลความแม่นยำในการตรวจจับ

สูงถึงร้อยละ 99.10 โดยเทคนิคนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิในวิดีโอ เพื่อทำนายความสามารถในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการตั้งครรภ์ โดยนำข้อมูลมาฝึกสอนด้วย CNN ผลการทดลองพบว่า มีความแม่นยำในการทำนายความสามารถในการเคลื่อนที่ของตัวอสุจิ สูงมากขึ้น (Hicks et al., 2019)

การตรวจจับตัวอสุจิ (Dobrovoly et al., 2023) ได้นำ YOLOv5 มาใช้ในการฝึกสอนเพื่อตรวจจับ การเคลื่อนที่และนับจำนวนตัวอสุจิที่ยังมีชีวิตอยู่ในน้ำอสุจิ โดยมีวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้สำหรับการตรวจ วิเคราะห์การเคลื่อนไหวของตัวอสุจิ (Sperm motility) ความเข้มข้นของตัวอสุจิ และรูปร่างของตัวอสุจิ (Shape of sperm) เนื่องจาก YOLOv5 ได้รวม Cross-Stage Partial Network (CSPNet) เข้ากับ Darknet ส่งผลให้มีการสร้าง CSPDarknet เป็นแกนหลักของเครือข่าย ซึ่ง CSPNet สามารถแก้ปัญหาของข้อมูล การไล่ระดับสีที่เกิดขึ้นในแกนหลักขนาดใหญ่ โดยรวมการเปลี่ยนแปลงการไล่ระดับสีในแผนผังคุณลักษณะ มีการลดพารามิเตอร์ของโมเดลและ FLOPS โดยที่ยังมีความเร็วและแม่นยำในการตรวจจับ แม้ว่าโมเดล มีขนาดเล็กลง งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบสถาปัตยกรรม YOLOv5 ด้วยพารามิเตอร์ไฮเปอร์และการกำหนด ค่าโดยละเอียด จากผลการทดลองพบว่า YOLOv5 สามารถทำงานได้ดีทั้งในด้านความแม่นยำ ความเร็ว และการใช้ทรัพยากร ในชุดข้อมูลทดสอบได้ผลประเมิน mAP ที่ 72.15 ทั้งนี้ วิธีการทดสอบใช้ หน่วยความจำจำนวนมาก นอกจากนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการฝึกสอนยังเกิดการ Overfitting ซึ่งมีผลมาจาก ตัวอสุจิถูกบดบังบางส่วนเนื่องจากมีการเคลื่อนไหวจำนวนมาก วิดีโอมีความละเอียดต่ำและมีสภาพแสง ที่หลากหลาย และภาพมี Contrast ต่ำ ทำให้มองเห็นตัวอสุจิเลือนราง

จากวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับตัวอสุจิทั้งหมด มุ่งเน้นการตรวจจับตัวอสุจิเพื่อนำมาใช้ ในการดูความแข็งแรงสมบูรณ์ของอสุจิเพื่อวิเคราะห์โอกาสในการตั้งครรภ์ ในด้านการใช้ตรวจพิสูจน์ ทางนิติวิทยาศาสตร์คดีความผิดทางเพศนั้น จากการทบทวนพบเพียงหนึ่งงานวิจัยที่นำการเรียนรู้เชิงลึก มาประยุกต์ใช้ในวัตถุประสงค์เชิงนิติเวช (Golomingi et al., 2022) แต่เป็นการศึกษาโดยใช้การย้อมสี ภาพแบบ Nuclear fast red and picroindigocarmine (Christmas tree stain) ในการฝึกสอน เนื่องจากการย้อมสีโดยวิธี Christmas tree stain สีจะติดตรงข้ามกับวิธี Hematoxylin-eosin (H&E stain) ที่ใช้ฝึกสอนในการศึกษานี้ ซึ่งจะมีผลต่อการฝึกสอนปัญญาประดิษฐ์ เนื่องจากพื้นฐานการย้อมด้วยวิธี Christmas tree stain (Allery et al., 2001) จะทำลายสารพันธุกรรมของตัวอสุจิบนแผ่นสไลด์มากกว่า การย้อมแบบ H&E stain (Feng et al., 2014) การรักษาสารพันธุกรรมของตัวอสุจิบนแผ่นสไลด์เป็นสิ่งที่ สมควรกระทำ เนื่องจากตัวอสุจิบนแผ่นสไลด์สามารถนำไปสู่การพิสูจน์บุคคลได้โดยกระบวนการใช้เลเซอร์ (Laser cut microdissection) ตัดดึงตัวอสุจิทีละหนึ่งตัว มาตรวจพิสูจน์สารพันธุกรรมระดับเซลล์เดียว (Single sperm cells Y-STR analysis combining LV-PCR) ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้ใช้รูปแบบการย้อมสี จาก H&E stain ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาที่ผ่านมา

ด้านการนำระบบเว็บไซต์มาประยุกต์ใช้กับงานทางการแพทย์ มีงานวิจัยของ iMedBot (Xu & Jiang, 2022) ซึ่งใช้เทคนิค Deep feedforward neural networks (DFNN) ในการพัฒนาโมเดลและนำไปใช้งานบน Amazon Web Services โดยมีเว็บไซต์ให้บริการ 2 ระบบ คือ 1) ระบบทำนายการแพร่กระจายของมะเร็งเต้านม ในระยะเวลา 5 10 หรือ 15 ปี และ 2) ระบบการรักษาพยาบาลแบบดั้งเดิมโดยใช้ความรู้ของผู้เชี่ยวชาญในการวินิจฉัยและคาดการณ์ปัญหาทางการแพทย์

การขยายตัวของข้อมูลด้านการดูแลสุขภาพแบบดิจิทัลผลักดันให้เกิดการวิจัยด้านข้อมูลทางการแพทย์ โดยการใช้การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) และเทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (Tobón et al., 2022) การใช้เทคนิคเหล่านี้มีประสิทธิภาพบนข้อมูลขนาดใหญ่และทำงานได้ดีในการจำแนกคุณลักษณะภาพ การระบุคำพูด และการวิเคราะห์ข้อความ การตรวจสอบด้านการดูแลสุขภาพบนอุปกรณ์สวมใส่และสมาร์ทโฟน (Smartphone) เพื่อส่งข้อมูลไปยังผู้เชี่ยวชาญผ่านแอปพลิเคชันไปที่โรงพยาบาล ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ข้อความ รูปภาพ วิดีโอ หรือไฟล์เสียง (Ramachandram & Taylor, 2017)

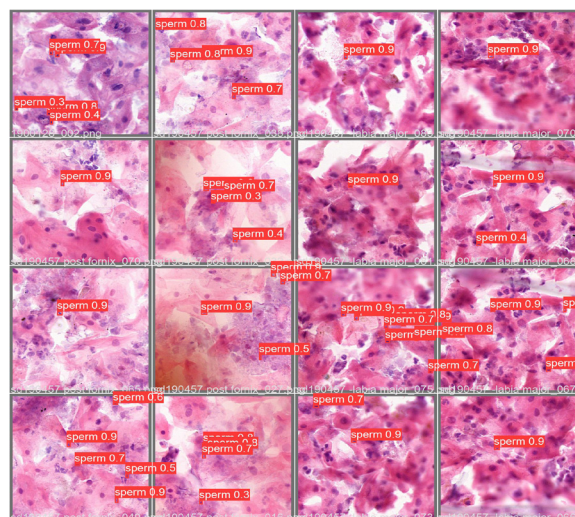
จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น ผู้วิจัยได้นำแนวทางการวิจัยมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบเว็บไซต์ การติกรอบ และการตรวจพิสูจน์ตัวสุจิ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการสร้างชุดข้อมูลใหม่ โดยมีนักวิชาการวิทยาศาสตร์และนิติพยาธิแพทย์ผู้เชี่ยวชาญทำการติกรอบตัวสุจิบนภาพสำหรับใช้ในการฝึกสอนโมเดลตรวจจับ ผู้วิจัยเลือกใช้กระบวนการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) และสถาปัตยกรรม YOLOv5m ในการตรวจพิสูจน์ตัวสุจิ การพัฒนาดังกล่าวจะสามารถช่วยนักวิชาการวิทยาศาสตร์และนิติพยาธิแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ ในการอ่านผลสำหรับการตรวจหาตัวสุจิได้

5. ผลการศึกษา

5.1 ผลการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์สำหรับตรวจพิสูจน์ตัวสุจิ

1) ผลการพัฒนาโมเดลปัญญาประดิษฐ์

ผู้วิจัยได้ทดสอบประสิทธิภาพการตรวจพิสูจน์ตัวสุจิ โดยใช้ชุดข้อมูลทดสอบใหม่ที่โมเดลไม่เคยเห็นมาก่อน (Unseen dataset) ผลลัพธ์จากการทดสอบจะถูกติกรอบบริเวณหัวตัวสุจิพร้อมกับแสดงค่าความเชื่อมั่น จากการฝึกสอนโมเดล YOLOv5m จำนวน 200 รอบ ด้วยชุดข้อมูลฝึกสอน ได้ผลลัพธ์ค่า Precision ที่ 0.908 และ mAP ที่ IoU 0.5 ด้วยผลลัพธ์เท่ากับ 0.974 แสดงให้เห็นว่า โมเดลสามารถตรวจจับตัวสุจิได้ และมีความแม่นยำที่สูง โดยภาพที่ 9 เป็นภาพตัวอย่างในการตรวจจับตัวสุจิ แสดงให้เห็นว่า โมเดลสามารถตรวจจับตัวสุจิได้อย่างถูกต้อง

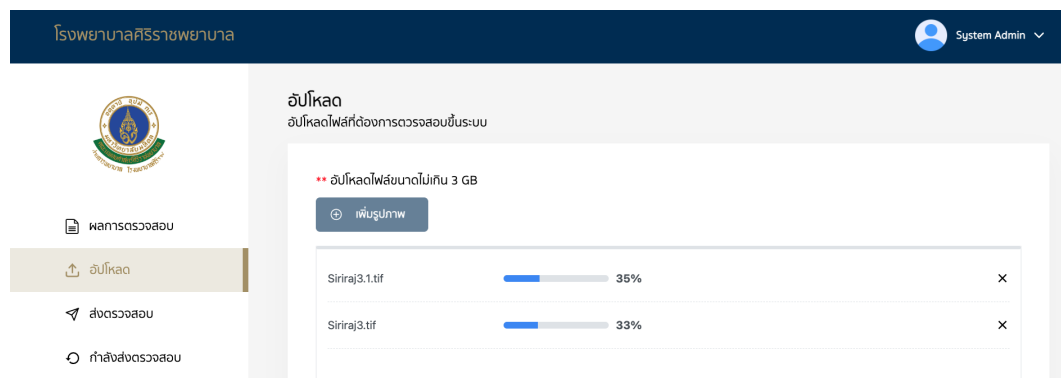


ภาพที่ 9 ตัวอย่างการตรวจจับตัวอสุจินชุดข้อมูลทดสอบ

2) ผลการพัฒนาเว็บไซต์การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ

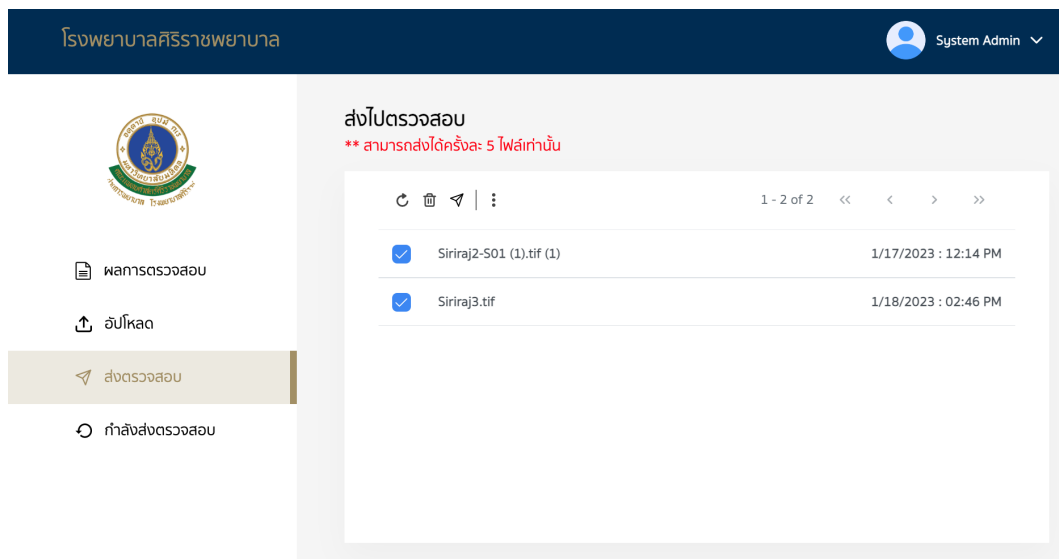
การพัฒนาเว็บไซต์สำหรับใช้ในการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ ผู้วิจัยได้กำหนดสิทธิ์การใช้งานและการเข้าถึงข้อมูลภาพของผู้ถูกกระทำแยกตามสิทธิ์ของนักวิชาการวิทยาศาสตร์และนิติพยาธิแพทย์ผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน

ผู้วิจัยได้ออกแบบเว็บไซต์การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิสำหรับนักวิชาการวิทยาศาสตร์และนิติพยาธิแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ โดยเป็นส่วนโต้ตอบกับผู้ใช้งาน เพื่อนำโมเดลตรวจจับตัวอสุจิที่ฝึกสอนเสร็จแล้วไปใช้งานจริง เว็บไซต์การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิจะนำภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลเข้าสู่ระบบ และสถานะการนำเข้าข้อมูล โดยจะมีแถบสถานะแสดงความก้าวหน้าในการนำเข้าข้อมูลให้ผู้ใช้งานทราบสถานะ ดังแสดงในภาพที่ 10



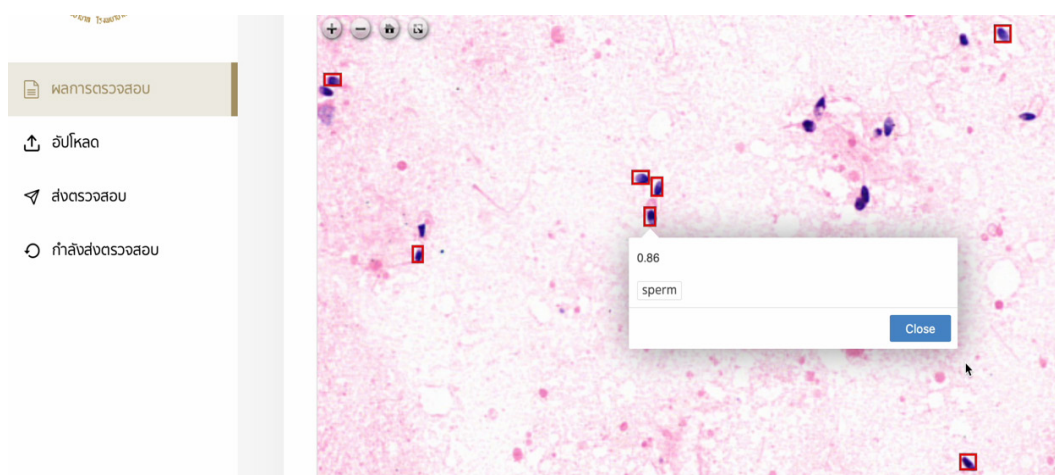
ภาพที่ 10 หน้าเว็บไซต์แสดงการอัปโหลดข้อมูล

การนำภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลเข้าสู่ระบบ โดยผู้ใช้งานสามารถดูรายการรอการกดยืนยันเพื่อส่งการประมวลผล ดังแสดงในภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การเลือกไฟล์ภาพสไลด์ที่จะส่งไปประมวลผล

การแสดงผลลัพธ์การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ โดยมีรายละเอียดตำแหน่งของตัวอสุจิ และค่าความเชื่อมั่นของคำตอบที่ตรวจจับตัวอสุจิบนภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัล ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ผลลัพธ์การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ

5.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ ด้วยปัญญาประดิษฐ์

ผู้เข้าร่วมอบรม จำนวน 30 ราย ทำแบบประเมินจำนวน 30 ฉบับ โดยผู้ตอบแบบสอบถามอายุระหว่าง 30-39 ปี จำนวนมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 56.67 ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 56.67 ตามด้วยปริญญาโทและปริญญาเอก และมีประสบการณ์การทำงานอยู่ในช่วงอายุ 6-10 ปี คิดเป็นร้อยละ 30

ผลการศึกษาตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจวิทยากรในการถ่ายทอดความรู้ในการใช้งานแก่ผู้เข้าร่วมอยู่ในระดับมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.50 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.04

ตารางที่ 2 ความพึงพอใจวิทยากรในการถ่ายทอดความรู้ในการใช้งาน

ความพึงพอใจวิทยากรในการถ่ายทอดความรู้ในการใช้งาน	$\bar{X}$	S.D.	การแปลผล
มีความรู้ ประสบการณ์ตรงกับหัวข้อที่บรรยาย	4.70	9.25	มากที่สุด
ลำดับเนื้อหาเข้าใจง่าย ต่อเนื่อง	4.30	7.04	มากที่สุด
ภาษาที่ใช้ในการบรรยายมีความเหมาะสม	4.40	7.35	มากที่สุด
ตอบคำถามตรงประเด็น เข้าใจง่าย	4.40	7.35	มากที่สุด
ระดับความพึงพอใจในภาพรวมของวิทยากร	4.70	9.25	มากที่สุด
ผลรวม	4.50	8.04	ระดับมากที่สุด

ผลการศึกษาเกี่ยวข้องกับความรู้ความเข้าใจในการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ของผู้เข้าร่วมประกอบด้วย ก่อนเข้ารับการอบรมมีความรู้และความเข้าใจเรื่องนี้มากเพียงใด หลังเข้ารับการอบรมมีความรู้และความเข้าใจเพิ่มมากขึ้นเพียงใด และการอบรมเป็นประโยชน์ รวมทั้งสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้มากน้อยเพียงใด โดยระดับคะแนนในภาพรวมของความรู้ที่ได้รับ ด้วยการเลือกใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์ คือ การหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สรุปผลได้ตามตารางและคำอธิบายในตารางที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจการใช้งานระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิและเว็บไซต์การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิในระดับปานกลาง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.32 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.71

ตารางที่ 3 การใช้งานระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิและเว็บไซต์การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ

ด้านการใช้งานระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิและเว็บไซต์การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ	$\bar{x}$	S.D.	การแปลผล
ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้ก่อนเข้ารับการอบรม	2.23	6.04	น้อย
ประโยชน์ ความรู้ ความเข้าใจในเรื่องนี้หลังการอบรม	3.87	6.75	มาก
ได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการเข้ารับการอบรม	2.20	6.00	น้อย
การอบรมเป็นประโยชน์และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้	3.97	7.78	มาก
ระดับความพึงพอใจในภาพรวมของความรู้ที่ได้รับ	4.33	6.96	มากที่สุด
ผลรวม	3.32	6.71	ระดับปานกลาง

6. การอภิปรายผล

6.1 ผลการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์สำหรับตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ

จากการทดสอบประสิทธิภาพโมเดลปัญญาประดิษฐ์ในการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ ด้วยชุดข้อมูลฝึกสอน ได้ผลลัพธ์ค่า Precision ที่ 0.91 ค่า Recall ที่ 0.95 และ mAP ที่ร้อยละ 97.2 แสดงให้เห็นว่า โมเดลสามารถตรวจจับตัวอสุจิและความแม่นยำที่สูง อย่างไรก็ตาม จากผลลัพธ์ข้างต้น พบว่า การตรวจจับยังมีคลาดเคลื่อน เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการฝึกสอนโมเดลปัญญาประดิษฐ์มีข้อจำกัดเรื่องขนาดของตัวอสุจิและความละเอียดของภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัล และจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ดังนั้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบแนวทางการพัฒนา คือ ต้องใช้เครื่องสแกนที่กำลังขยายและความละเอียดสูงสำหรับการสแกนสารคัดหลั่งที่ย้อมสี เพื่อให้ได้ภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลที่มีความละเอียดสูงขึ้น และเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างให้มีความหลากหลายมากขึ้น กระบวนการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ หากสามารถนำข้อมูลภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลที่มีความละเอียดมากขึ้น และมีกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนและความหลากหลายมากขึ้น จะส่งผลให้โมเดลปัญญาประดิษฐ์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการพิสูจน์ตัวอสุจิได้มากขึ้นด้วย

6.2 ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้งานระบบตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิด้วยปัญญาประดิษฐ์

จากแบบสอบถามจากผู้เข้าอบรม จำนวน 30 ชุด ผลสรุปข้อมูลด้านคุณสมบัติของผู้ตอบแบบสอบถามสรุปได้ว่า จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามมีทั้งหมด 30 ราย โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง

และมีอายุอยู่ในช่วง 30-39 ปี ส่วนใหญ่มีระดับการศึกษาปริญญาตรี และมีประสบการณ์การทำงาน 6-10 ปี ผลสรุปตามวัตถุประสงค์ด้านปัจจัยด้านความพึงพอใจในวิทยากร การถ่ายทอดความรู้ในการใช้งาน ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด และความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามที่ให้ความพึงพอใจมากที่สุดในแต่ละเรื่อง ได้แก่ มีความรู้ ประสบการณ์ตรงกับหัวข้อที่บรรยาย ระดับความพึงพอใจในภาพรวมของวิทยากร ภาษาที่ใช้ในการบรรยายมีความเหมาะสม ตอบคำถามตรงประเด็น เข้าใจง่าย และลำดับเนื้อหาเข้าใจง่าย ต่อเนื่อง

ปัจจัยด้านการใช้งานระบบตรวจพิสูจน์ตัวสุจิและเว็บไซต์การตรวจพิสูจน์ตัวสุจิ ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง และความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามที่ให้ความพึงพอใจมากที่สุดในแต่ละเรื่อง ได้แก่ การอบรมเป็นประโยชน์และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงานได้ หลังเข้ารับการอบรมมีความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น หลังเข้ารับการอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้น

สำหรับการได้รับความรู้เพิ่มเติมจากการเข้ารับการอบรมซึ่งอยู่ในระดับน้อย โดยผู้วิจัยพบว่าหนึ่งในปัจจัยสำคัญ คือ ความรู้และความถนัดในการใช้เทคโนโลยี เนื่องจากการปฏิบัติงานในระบบเดิมนั้น ผู้เข้าอบรมส่วนใหญ่ใช้กล้องจุลทรรศน์ มีผู้เข้าอบรมเพียงบางส่วนเท่านั้นที่ใช้ภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลแล้วอ่านไฟล์ภาพโดยใช้คอมพิวเตอร์ ดังนั้น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการอบรม แนวทางพัฒนารูปแบบการอบรมจึงควรมีการส่งเสริมและพัฒนาบุคลากรผู้ปฏิบัติงานให้มีทักษะ มีความรู้ มีความเข้าใจในวิธีการนำเทคโนโลยีสารสนเทศสมัยใหม่มาใช้ในการปฏิบัติงาน โดยผู้วิจัยมีแนวทางในการดำเนินการ ดังนี้

- 1) การขยายระยะเวลาการอบรม และเพิ่มหัวข้อการอบรมด้านทักษะความรู้ความเข้าใจในการใช้เทคโนโลยี
- 2) การเพิ่มความหลากหลายในการทำเวิร์กช็อป (Workshop) โดยอิงจากบริบทงานของผู้เข้าอบรม เน้นให้ผู้เข้าอบรมฝึกปฏิบัติด้วยการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ เป็นการสร้างความชำนาญและสร้างความคุ้นชินต่อการปฏิบัติงาน
- 3) การจัดกิจกรรมกลุ่มย่อย โดยมีสมาชิกในกลุ่มหลากหลายทั้งความถนัดและบริบทงาน เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้
- 4) จัดให้มีการทำแบบทดสอบก่อนและหลังการฝึกอบรม (Pre-Test/Post-Test)

7. บทสรุป

ปัญหาการล่งละเมิดทางเพศเป็นหนึ่งในปัญหาของประเทศไทยที่มีอัตราการก่อเหตุเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ซึ่งการตรวจจับผู้กระทำการผิดนั้น ในปัจจุบันมีกระบวนการในการตรวจสอบหลักฐานที่ค่อนข้างนาน เนื่องจากต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางในการตรวจสอบและยืนยันคดี ทำให้ภาพรวมการตรวจสอบหลักฐานนี้ ดำเนินการไปไม่รวดเร็วเท่าที่ควร ซึ่งในบางครั้งสิ่งเหล่านี้ส่งผลถึงรูปคดีในการจับกุมผู้ต้องหา และส่งผลกระทบต่อสภาพจิตใจของผู้ถูกระทำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีการคุ้มครองเด็กและกลุ่มเปราะบาง การปฏิบัติงานอย่างล่าช้าอาจส่งผลกระทบรุนแรงถึงชีวิต

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาระบบการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์คดีความผิดทางเพศ เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยเหลือในการให้บริการการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ที่ใช้เทคโนโลยีทางด้านปัญญาประดิษฐ์ เพื่อช่วยในการตรวจจับตัวอสุจิเพื่อลดขั้นตอนในการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ เมื่อตัวอสุจิถูกพบมากกว่า 2 ตัวจากภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัล จะถือว่ามี การถูกล่งละเมิดทางเพศ โดยขั้นตอนนี้มีความสำคัญและต้องการเวลาจำนวนมาก รวมถึงความชำนาญในการตรวจสอบอสุจิ จะเห็นได้ว่า การตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิ ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญของผู้ตรวจพิสูจน์อย่างยิ่ง หากผู้ทำการตรวจพิสูจน์ขาดความชำนาญ ก็อาจทำให้ ผลตรวจนั้นเกิดความผิดพลาดได้ ดังนั้น จึงต้องมีวิธีการตรวจพิสูจน์ตัวอสุจิที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ระบบการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์คดีความผิดทางเพศด้วยปัญญาประดิษฐ์ มีส่วนช่วยที่สำคัญ ในการยกระดับการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ และทำให้การดำเนินการในการให้บริการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์คดีความผิดทางเพศมีความรวดเร็วและแม่นยำ รวมถึงส่งเสริมการพัฒนาสังคมและความปลอดภัยให้ลดการกระทำผิดทางเพศ

8. ข้อเสนอแนะ

8.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาในอนาคต

เนื่องจากงานวิจัยนั้รื่องนี้ มีข้อจำกัดในเรื่องกำลังขยายและความละเอียดของเครื่องสแกนสำหรับใช้ ในการสแกนสารคัดหลั่งที่ย้อมสีให้อยู่ในรูปแบบภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลและจำนวนกลุ่มตัวอย่าง สำหรับงานวิจัย ในอนาคต ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะว่า มีความจำเป็นต้องใช้เครื่องสแกนที่มีกำลังขยายและความละเอียดสูง เพื่อให้ภาพแผ่นสไลด์ดิจิทัลมีความละเอียดเพิ่มมากขึ้น และเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่มีความหลากหลาย มากขึ้น

นอกจากนี้ กระบวนการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์มีข้อจำกัดเรื่องการนำข้อมูลที่มีความละเอียดภาพดิจิทัลทางการแพทย์ค่อนข้างน้อยมาใช้ในการฝึกสอนปัญญาประดิษฐ์ หากสามารถเพิ่มข้อมูลสไลด์สำหรับการฝึกสอนปัญญาประดิษฐ์ที่มีความละเอียดภาพดิจิทัลสูงขึ้น ระบบจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการพิสูจน์ตัวสุจิได้ดียิ่งขึ้น

แนวทางในการวิจัยต่อไปในอนาคต ผู้วิจัยวางแผนจะเพิ่มข้อมูลสไลด์ที่มีการย้อมสีที่หลากหลายมากขึ้นสำหรับการฝึกสอนปัญญาประดิษฐ์ เนื่องจากแต่ละโรงพยาบาล สถาบัน หน่วยงานตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ อาจจะมีสูตรการย้อมสีที่แตกต่างกัน รวมถึงการใช้เครื่องสแกนเนอร์ภาพที่แตกต่างกัน จึงควรมีการปรับปรุงโมเดลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการพิสูจน์ตัวสุจิให้ดียิ่งขึ้น และรองรับการนำระบบไปใช้งานในโรงพยาบาล สถาบัน และหน่วยงานต่าง ๆ

8.2 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายสำหรับกิจการสื่อสาร

ผลที่ได้จากงานวิจัยนำร่องนี้ มีข้อบ่งชี้ว่า ปัญญาประดิษฐ์ที่ประยุกต์ใช้องค์ความรู้ทางนิติวิทยาศาสตร์ มีแนวโน้มเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการตรวจสอบหลักฐานคดีความผิดทางเพศ สนับสนุนให้การดำเนินการให้บริการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์คดีความผิดทางเพศมีความรวดเร็วมากขึ้น

ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะว่า อาจมีการกำหนดนโยบายสนับสนุนการพัฒนาเพื่อต่อยอดเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์สำหรับการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ และการสนับสนุนเครือข่ายที่มีความเร็วสูงและมีความปลอดภัยในการขยายผลการใช้งานเทคโนโลยีให้เกิดวงกว้างแก่โรงพยาบาล สถาบัน หน่วยงานตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ให้สามารถเข้าถึงเทคโนโลยีดังกล่าว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนวิจัยและพัฒนากิจการกระจายเสียง กิจการโทรทัศน์ และกิจการโทรคมนาคม เพื่อประโยชน์สาธารณะ (สำนักงาน กสทช.) และได้รับการสนับสนุนข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนางานวิจัยจากภาควิชานิติเวชศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล และภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

รายการเอกสารอ้างอิง

- คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต. (2559). การพัฒนาแนวทางการรับฟังพยานหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อพิสูจน์ความจริงในคดี. สถาบันวิจัยและพัฒนาทรัพยากรคดี. <https://rabi.coj.go.th/th/content/category/detail/id/39/iid/176580>
- ฉัตรสุมน พงศ์ภิญโญ และนิทัศน์ ศิริโชติรัตน์. (2557). กระบวนการสอบสวนและหลักฐานคดีความผิดทางเพศ. *Journal of Thai Justice System*, 7(1), 17-33. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/JTJS/article/view/246204>
- เปิดสถิติความรุนแรงทางเพศของสังคมไทยยังน่าเป็นห่วง. (2561). *BLT BANGKOK*. <https://www.bltbangkok.com/news/4510/>
- สำนักข่าวไทย. (2563). สถิติความผิดเกี่ยวกับเพศ ปี 2560-2563. <https://tna.mcot.net/crime-530217>
- อานนท์ จำลองกุล. (2560). การดูแลผู้ถูกล่วงละเมิดทางเพศ: ร่างกาย จิตใจ และการเยียวยาทางกฎหมาย. *Chulalongkorn Medical Journal*, 61(5), 603-618. <https://digital.car.chula.ac.th/clmjournal/vol61/iss5/7/>
- Allery, J. P., Telmon, N., Miesusset, R., Blanc, A., & Rougé, D. (2001). Cytological detection of spermatozoa: comparison of three staining methods. *Journal of forensic sciences*, 46(2), 349-351. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11305439/>
- Dobrovolny, M., Benes, J., Langer, J., Krejcar, O., & Selamat, A. (2023). Study on sperm-cell detection using YOLOv5 architecture with labaled dataset. *Genes* 2023, 14(2), 451. <https://doi.org/10.3390/genes14020451>
- Feng, L., Xu, C., Zeng, X., Zhang, H., Yang, F., Li, W., Tu, Z., Li, C., & Hu, L. (2014). Y-chromosomal haplotyping of single sperm cells isolated from semen mixtures - a successful identification of three perpetrators in a multi-suspect sexual assault case. *Croatian Medical Journal*, 55(5), 537-41. <https://doi.org/10.3325/cmj.2014.55.537>
- Golomingi, R., Haas, C., Dobay, A., Kottner, S., & Ebert, L. (2022). Sperm hunting on optical microscope slides for forensic analysis with deep convolutional networks – a feasibility study. *Forensic Science International: Genetics*, 56, 102602. <https://doi.org/10.1016/j.fsigen.2021.102602>
- Hicks, S. A., Andersen, J. M., Witczak, O., Thambawita, V., Halvorsen, P., Hammer, H. L., Haugen, T. B., & Riegler, M. A. (2019). Machine learning-based analysis of sperm videos and participant data for male fertility prediction. *Scientific Reports*, 9, 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53217-y>
- Iqbal, I., Ghulam, M., & Jinwen, M. (2020). Deep learning-based morphological classification of human sperm heads. *Diagnostics*, 10(5), 325. <https://www.mdpi.com/2075-4418/10/5/325>
- Javadi, S., & Mirroshandel, S. A. (2019). A novel deep learning method for automatic assessment of human sperm images. *Computers in biology and medicine*, 106, 182-194. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2019.04.030>

- Mohammadi, M. R., Rahimzadeh, M., & Attar, A. (2020). *Sperm detection and tracking in phase-contrast microscopy image sequences using deep learning and modified CSR-DCF*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2002.04034>
- Ramachandram, D., & Taylor, G. W. (2017). Deep multimodal learning: a survey on recent advances and trends. *IEEE Signal Processing Magazine*, 34(6), 96–108. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8103116>
- Tobón, D. P., Hossain, M. S., Muhammad, G., Bilbao, J., & Saddik, A. E. (2022). Deep learning in multimedia healthcare applications: a review. *Multimedia Systems*, 28(4), 1465-1479. <https://doi.org/10.1007/s00530-022-00948-0>
- World Health Organization, HRP. (2021). *WHO laboratory manual for the examination and processing of human semen (6th ed.)*. Geneva: World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240030787>
- World Population Review. (2021). *Rape statistics by country 2023*. <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/rape-statistics-by-country>
- Xu, C., & Jiang, X. (2022). *iMedBot: A web-based intelligent agent for healthcare related prediction and deep learning*. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.05671>