ประสิทธิภาพของการให้ความร้อนโดยตรงในการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล และการเปรียบเทียบการประเมินคุณภาพระหว่างผู้เชี่ยวชาญทางนิติวิทยาศาสตร์กับปัญญาประดิษฐ์

Efficacy of direct heat application for latent fingerprint development on thermal paper : A comparative quality assessment between experts and artificial intelligence

นวพร เฉลิมชวลิต[1], ศุภชัย ศุภลักษณ์นารี[2], ศิริรัตน์ ชูสกุลเกรียง[3], อรทัย เขียวพุ่ม[4]
ภาควิชานิติวิทยาศาสตร์[1], ภาควิชาเคมี[2,3], ภาควิชาฟิสิกส์[4],
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร[1,2,3,4]

Navaporm Chalermchavalit[1], Supachai Supaluknari[2], Sirirat Choosakoonkriang[3] Orathai Kheawpum[4]
Forensic science[1],Department of Chemistry[2,3],
Department of Physics[4] , Faculty of Science, Silpakorn University[1,2,3,4]
E-mail: sosomoey12@icloud.com[1,2,3,4]

Received: April 9, 2026; Revised: May 11, 2026; Accepted: May 25, 2026

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการให้ความร้อนในการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล และเปรียบเทียบผลการประเมินคุณภาพลายนิ้วมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญด้านนิติวิทยาศาสตร์กับปัญญาประดิษฐ์ (ChatGPT) โดยใช้ตัวอย่างกระดาษเทอร์มอลจำนวน 80 ตัวอย่าง จากสลิปเครื่องถอนเงินอัตโนมัติ (ATM receipts) และใบเสร็จรับเงินจากเครื่องรับชำระเงิน (POS receipts) ลายนิ้วมือแฝงถูกพัฒนาโดยใช้แผ่นให้ความร้อน (Hot plate, 100 °C) และเตารีด (Iron, 70-100 °C) ภายใต้เงื่อนไขการควบคุมเดียวกัน ผลการศึกษาพบว่า วิธี Hot plate ให้ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพลายนิ้วมือสูงกว่า และมีความสม่ำเสมอมากกว่าวิธีเตารีดเล็กน้อย ขณะที่กระดาษประเภท ATM ให้คุณภาพลายนิ้วมือสูงกว่ากระดาษประเภท POS เล็กน้อย การเปรียบเทียบผลประเมินพบว่า ChatGPT ให้คะแนนใกล้เคียงกับผู้เชี่ยวชาญ โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.56$) และมีค่า Weighted Cohen's Kappa เท่ากับ 0.62 ซึ่งสะท้อนระดับความสอดคล้องที่ยอมรับได้ทางวิชาการ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า AI มีศักยภาพในการใช้เป็นเครื่องมือสนับสนุนการประเมินลายนิ้วมือแฝงในงานนิติวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์เชิงลึกยังคงจำเป็นต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญ

คำสำคัญ: ลายนิ้วมือแฝง กระดาษเทอร์มอล แผ่นให้ความร้อน ปัญญาประดิษฐ์ นิติวิทยาศาสตร์

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effectiveness of direct heat application for developing latent fingerprints on thermal paper and to compare fingerprint quality assessments between forensic experts and artificial intelligence (ChatGPT). A total of 80 thermal paper samples, including automated teller machine (ATM) receipts and point-of-sale (POS) receipts, were examined. Latent fingerprints were developed using two heat-based methods: a hot plate (100 °C) and an iron (70-100 °C) under controlled experimental conditions. The results indicated that the hot plate method produced slightly higher average fingerprint quality scores and demonstrated greater consistency than the iron method. In addition, ATM thermal paper yielded slightly higher fingerprint quality than POS thermal paper. Comparative evaluation revealed that ChatGPT provided scores comparable to those of forensic experts, with no statistically significant difference ($p = 0.56$). The agreement analysis demonstrated a Weighted Cohen's Kappa value of 0.62 indicating a substantial level of agreement that is academically acceptable. These findings suggest that artificial intelligence has potential as a supportive tool for latent fingerprint assessment in forensic science. Nevertheless, in-depth analysis and courtroom-admissible interpretation still necessitate expert judgment.

Keywords: Latent fingerprints, Thermal paper, Heating element, Artificial intelligence, Forensic science.

บทนำ

ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา มาตรา 226 และมาตรา 227 สรุปใจความสำคัญได้ว่าศาลสามารถรับฟังพยานหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ได้แต่ต้องไม่ขัดต่อกฎหมาย และใช้ดุลพินิจในการชั่งน้ำหนักความน่าเชื่อถือของหลักฐานนั้นก่อนวินิจฉัยคดี (ป.วิ.อ, มาตรา 226-227) ดังนั้นคุณภาพของหลักฐาน และที่มาจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากในการนำมาพิจารณาในคดี

ในปัจจุบันคดีเกี่ยวกับอาชญากรรมทางการเงินในรูปแบบการฉ้อโกงทางธุรกรรม การยักย้ายถ่ายเท การฟอกเงิน รวมถึงการปลอมแปลงเอกสารทางการเงิน มีความซับซ้อน และมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้การตรวจสอบ และป้องกันทำได้ยากส่งผลกระทบต่อทั้งตัวบุคคล และเศรษฐกิจ หลักฐานที่เกี่ยวข้องกับธุรกรรมทางการเงิน อย่างสลิปเครื่องถอนเงินอัตโนมัติ (Automated Teller Machine : ATM) และใบเสร็จรับเงินจากเครื่องรับชำระเงิน (Point of Sale : POS) จึงกลายเป็นวัตถุพยานสำคัญในการตรวจสอบ และติดตามผู้กระทำความผิด โดยเฉพาะการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝงบนสลิป ATM และ POS ซึ่งสามารถใช้เชื่อมโยงบุคคลกับเหตุการณ์ และช่วยสนับสนุนกระบวนการยุติธรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลายนิ้วมือแฝง (Latent fingerprints) เป็นหลักฐานทางนิติวิทยาศาสตร์ที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคลในกระบวนการยุติธรรม เนื่องจากลายนิ้วมือของมนุษย์มีลักษณะเฉพาะตัว (Uniqueness) และมีความคงทนถาวรตลอดช่วงชีวิต (Permanence) จึงสามารถใช้เชื่อมโยงบุคคลกับสถานที่เกิดเหตุได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Champod et al., 2016; Becue et

al., 2020) การตรวจพบ และวิเคราะห์ลายนิ้วมือแฝง จึงถือเป็นขั้นตอนสำคัญในกระบวนการสืบสวนสอบสวนคดีอาญา และได้รับการยอมรับในระดับสากล ลายนิ้วมือแฝงเกิดจากสารคัดหลั่งจากผิวหนัง เช่น เหงื่อและไขมัน ซึ่งถูกถ่ายโอนไปยังพื้นผิวเมื่อมีการสัมผัส โดยทั่วไปลายนิ้วมือแฝงไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จำเป็นต้องใช้เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ในการทำให้ปรากฏ เช่น การใช้ผงฝุ่น การใช้สารเคมี เช่น Ninhydrin และ Cyanoacrylate รวมถึงการใช้ความร้อนสำหรับพื้นผิวบางประเภท (Holder et al., 2011; Chen et al., 2022)

สลิป ATM และ POS เป็นหลักฐานธุรกรรมทางการเงินที่ถูกพิมพ์ลงบนกระดาษเทอร์มอล (Thermal paper) ซึ่งกระดาษชนิดนี้ถูกนำมาใช้ในเครื่องบันทึกข้อมูล และเครื่องแฟกซ์ต่อมาได้มีการพัฒนาให้มีความคงทนและความเสถียรของสีดีขึ้นจึงถูกนำมาใช้ในระบบการพิมพ์ใบเสร็จ กระดาษเทอร์มอลมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีชั้นเคลือบที่ไวต่อความร้อน (Thermosensitive coating) ซึ่งประกอบไปด้วยสารเคมีที่สามารถเปลี่ยนสีได้เมื่อได้รับความร้อน (Liao et al., 2020) จึงทำให้สามารถพิมพ์ข้อมูลงบนกระดาษได้โดยไม่ต้องใช้หมึก ด้วยคุณสมบัติที่ไวต่อความร้อน และสารเคมีของกระดาษเทอร์มอลจึงส่งผลให้การตรวจหาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวชนิดนี้มีความซับซ้อนมากกว่าพื้นผิวทั่วไป เนื่องจากการใช้สารเคมีบางชนิดหรือเทคนิคการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงทั่วไป เช่น Ninhydrin มีข้อจำคือไม่สามารถใช้กับพื้นผิวที่ไม่ดูดซับได้ อาจส่งผลกระทบต่อเอกสารบางประเภท ทำให้รายละเอียดของสันลายปรากฏไม่ชัดเจน (Girod et al., 2021) ด้วยเหตุนี้เทคนิคการให้ความร้อนจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล

เทคนิคการให้ความร้อน (Heat-based development) คือการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงโดยอาศัยความร้อนกระตุ้นให้สารตกค้างจากลายนิ้วมือทำปฏิกิริยากับชั้นเคลือบของกระดาษส่งผลให้ลวดลายนิ้วมือแฝงปรากฏชัดขึ้น อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงด้วยความร้อนอาจได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ ระยะเวลาในการให้ความร้อน แรงกดของลายนิ้วมือ และลักษณะของพื้นผิว ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือที่ได้ (Bleay et al., 2021) ดังนั้น การประเมินคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงจึงมีความสำคัญต่อการนำไปใช้ในกระบวนการเปรียบเทียบและพิสูจน์เอกลักษณ์ โดยทั่วไปการประเมินคุณภาพลายนิ้วมือแฝงจะดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งพิจารณาจากความชัดเจนของสันลาย (Ridge clarity) ความต่อเนื่องของลาย และจำนวนจุดลักษณะเฉพาะ (Minutiae) อย่างไรก็ตาม การประเมินดังกล่าวมีลักษณะเชิงอัตวิสัย และอาจเกิดความแปรผันระหว่างผู้ประเมิน (Inter-examiner variability) ได้ (Ulery et al., 2011)

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) กำลังมีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว และเข้ามามีบทบาทในชีวิตมนุษย์มากขึ้นทั้งในด้านการทำงาน การวิเคราะห์ข้อมูล การช่วยตัดสินใจ ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีดังกล่าวถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยวิเคราะห์ข้อมูล เพิ่มความแม่นยำ คัดกรองเบื้องต้น และสนับสนุนการพิสูจน์หลักฐานโดยเฉพาะด้านการวิเคราะห์ภาพและการรู้จำรูปแบบ (Pattern recognition) ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอ ลดความคลาด

เคลื่อนจากมนุษย์ และเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูล (Zhang et al., 2023a)

ChatGPT เป็น AI ชนิดหนึ่งเป็นระบบปัญญาประดิษฐ์ในกลุ่ม Large Language Models (LLMs) ถูกออกแบบให้สามารถประมวลผล ทำความเข้าใจ และสร้างภาษามนุษย์ได้ในระดับบริบท โมเดลดังกล่าวถูกพัฒนาขึ้นโดย OpenAI โดยใช้แบบจำลอง GPT ได้รับการฝึกฝนด้วยข้อมูลจำนวนมหาศาลจากอินเตอร์เน็ต หนังสือ และเอกสารหลากหลายประเภท (Radford et al., 2019) การพัฒนา GPT มีลำดับขั้นสำคัญ ได้แก่ GPT-1, GPT-2, GPT-3 และ GPT-4 (OpenAI, 2023) ซึ่งแต่ละรุ่นมีจำนวนพารามิเตอร์และความสามารถในการประมวลผลที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (Brown et al., 2020)

ถึงแม้โมเดลประเภท Large Language Model จะไม่ได้ถูกออกแบบมาโดยตรงเฉพาะสำหรับการวิเคราะห์ภาพลายนิ้วมือเหมือนระบบ Automated Fingerprint Identification System (AFIS) แต่ ChatGPT มีศักยภาพในการวิเคราะห์รูปแบบภาพ และการประเมินเชิงโครงสร้างจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้าได้ จึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในฐานะเครื่องมือสนับสนุนการประเมินในงานนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนระหว่างผู้ประเมิน ได้มีการกำหนดคำสั่งแบบมีโครงสร้างสำหรับการวิเคราะห์ภาพลายนิ้วมือแฝงโดยกำหนดให้ระบบประเมินภาพจากเกณฑ์เดียวกับผู้เชี่ยวชาญพร้อมทั้งกำหนดระดับคะแนนคุณภาพลายนิ้วมือแฝงอย่างชัดเจนเพื่อลดความกำกวมในการตีความ และเพิ่มความสามารถในการประเมินคุณภาพลายนิ้วมือแฝง อย่างไรก็ตามแม้ AI จะมีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพ การประเมินลายนิ้วมือแฝง แต่ยังมีข้อจำกัดสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญ โดยเฉพาะในด้านการตีความบริบทและการวิเคราะห์รายละเอียดเชิงลึกของสันลาย ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์และวิจารณญาณของมนุษย์ (Dror et al., 2021) นอกจากนี้ ระบบ AI ยังพึ่งพาข้อมูลที่ใช้ในการฝึกเป็นหลัก จึงอาจไม่สามารถปรับตัวต่อรูปแบบลายนิ้วมือที่ซับซ้อนหรือไม่เคยพบมาก่อนได้ อีกทั้งความโปร่งใสในการอธิบายผลการตัดสินใจของ AI (Explainability) ยังเป็นข้อจำกัดสำคัญในบริบทของกระบวนการยุติธรรม (Rudin, 2019)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยที่บูรณาการการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลด้วยเทคนิคความร้อนร่วมกับการประเมินคุณภาพโดย AI เปรียบเทียบกับผู้เชี่ยวชาญภายใต้การควบคุมตัวแปรเชิงระบบ ยังขาดการศึกษาในบริบทนี้โดยตรง ดังนั้น การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของการใช้ความร้อนในการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล และเปรียบเทียบการประเมินคุณภาพลายนิ้วมือแฝงระหว่างระบบปัญญาประดิษฐ์กับผู้เชี่ยวชาญด้านนิติวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ระดับความสอดคล้องของผลการประเมิน และสนับสนุนการพัฒนาแนวทางการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝงที่มีความแม่นยำน่าเชื่อถือและสอดคล้องกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ในงานนิติวิทยาศาสตร์

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของเทคนิคการให้ความร้อนในการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล

2. เพื่อวิเคราะห์ระดับความสอดคล้อง และความแตกต่างของการประเมินคุณภาพลายนิ้วมือ

แฝงระหว่างผู้เชี่ยวชาญกับระบบปัญญาประดิษฐ์ (ChatGPT)

สมมุติฐานของการวิจัย

H1: เทคนิคการให้ความร้อนมีผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

H2: การประเมินคุณภาพลายนิ้วมือแฝงของ ChatGPT มีความสอดคล้องกับผู้ตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ในระดับที่ยอมรับได้ทางวิชาการ (Weighted Cohen's Kappa ≥ 0.61)

กรอบแนวคิดการวิจัย

ตัวแปรต้น :

1. วิธีให้ความร้อน (Hot plate, เตารีด)

2.ชนิดกระดาษ (สลิป ATM, POS)

ตัวแปรตาม: คุณภาพลายนิ้วมือแฝง คะแนน 0-3

1. คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ

2. คะแนนจาก ChatGPT

ตัวแปรควบคุม:

1. ผู้ให้ลายนิ้วมือ (1 คน)

2. น้ำหนักในการประทับลายนิ้วมือ (1,000-1,500 กรัม)

3. เวลากดประทับลายนิ้วมือ (20 วินาที)

4. อุณหภูมิ (Hot plate 100 ℃ , เตารีด 70-100 ℃)

5. ผู้ประเมิน (1 คน)

6. เกณฑ์การให้คะแนน (0-3)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเสนอแนวทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานตรวจสถานที่เกิดเหตุและการตรวจพิสูจน์ทางนิติวิทยาศาสตร์ได้อย่างเป็นระบบ

2. เพื่อแสดงศักยภาพของ ChatGPT ในการสนับสนุนการประเมินคุณภาพลายนิ้วมือแฝง อันจะช่วยเพิ่มความรวดเร็ว ความสม่ำเสมอ และลดภาระงานของผู้เชี่ยวชาญ

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้ความร้อนในการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล และเปรียบเทียบผลการประเมินคุณภาพลายนิ้วมือแฝงระหว่างผู้เชี่ยวชาญกับ ChatGPT

วัสดุ อุปกรณ์ และกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัย

วัสดุที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยกระดาษเทอร์มอลที่เก็บรวบรวมจากแหล่งใช้งานจริงในชีวิตประจำวันจำนวน 8 แห่ง แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ สลิป ATM จำนวน 4 แห่ง ได้แก่ ธนาคารไทยพาณิชย์ (SCB) ธนาคารกสิกรไทย (KBANK) ธนาคารกรุงไทย (KTB) และธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (BAAC) และใบเสร็จรับเงิน POS จำนวน 4 แห่ง ได้แก่ ร้านกาแฟพันธุ์ไทย (PT) ร้าน 7-Eleven ร้าน Lotus Express และร้าน D.I.Y (ดังแสดงในรูปที่ 1)

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ Hot plate ยี่ห้อ IKA รุ่น C-MAG HS 7 ขนาด 180 × 180 มิลลิเมตร ซึ่งใช้ควบคุมอุณหภูมิที่ 100 ℃ เตารีดไฟฟ้า ยี่ห้อ SHARP รุ่น AM-465 ซึ่งตั้งค่าระดับความร้อนที่ 1 (70–100 ℃) และเครื่องชั่งน้ำหนัก

ดิจิทัล ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น PB1502 สำหรับควบคุมแรงกดในการสร้างลายนิ้วมือ



(a) (b) (c) (d)

รูปที่ 1 ตัวอย่างกระดาษเทอร์มอลที่ใช้ในการตรวจเก็บลายนิ้วมือแฝง ได้แก่ สลิป ATM จากธนาคารกรุงไทย (a) และธนาคารกสิกรไทย (b) รวมถึงใบเสร็จรับเงิน POS จากร้าน D.I.Y (c) และร้านกาแฟพันธุ์ไทย สถานีบริการน้ำมัน PT (d)

การตรวจเก็บและพัฒนาลายนิ้วมือแฝง

นำตัวอย่างกระดาษเทอร์มอลทั้ง 8 แหล่งที่ถูกเก็บรักษาไว้ในห้องปฏิบัติการที่ อุณหภูมิห้อง มาตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 4 x 10 เซนติเมตร จากนั้นให้อาสาสมัครทำการกดประทับลายนิ้วมือ โดยการศึกษานี้ได้รับความยินยอมจากอาสาสมัครก่อนทำการกดประทับลายนิ้วมือลงบนตัวอย่างกระดาษเทอร์มอล ข้อมูลของอาสาสมัครผู้ประทับลายนิ้วมือถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางการวิจัยเท่านั้น ไม่มีการเปิดเผยข้อมูลส่วนบุคคล อาสาสมัครที่ทำการกดประทับลายนิ้วมือเป็นเพศหญิงอายุ 32 ปี น้ำหนัก 85 กิโลกรัม สูง 159 เซนติเมตร ก่อนการกดประทับอาสาสมัครต้องล้างมือด้วยน้ำและสบู่ จากนั้นปล่อยให้แห้งตามธรรมชาติก่อนการประทับลายนิ้วมือ การกดประทับลายนิ้วมือกำหนดเงื่อนไขดังนี้ ใช้แรงกดบนเครื่องชั่ง 1,000–1,500 กรัม ซึ่งควบคุมด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล และกำหนดระยะเวลาในการกดคงที่ที่ 20 วินาที อาสาสมัครผู้ประทับลายนิ้วมือ ถูกคัดเลือกให้เป็นบุคคลที่สามารถสร้างลายนิ้วมือแฝงที่มีปริมาณสารคัดหลั่งเพียงพอต่อการทดลองได้อย่างสม่ำเสมอ โดยในงานวิจัยนี้ใช้ผู้ให้ลายนิ้วมือจำนวน 1 คน ในทุกเงื่อนไขการทดลอง (Within-subject design) เพื่อควบคุมความ แปรผันให้ลักษณะลายนิ้วมือคงที่ มีความสม่ำเสมอ ลดความแตกต่างของ ridge pattern ปริมาณสารคัดหลั่ง และแรงกดของการประทับลายนิ้วมือ ให้คงที่ตลอดการทดลอง เมื่อประทับลายนิ้วมือแล้ว ตัวอย่างกระดาษเทอร์มอลจะถูกนำมาให้ความร้อนทันที โดยใช้เทคนิคการให้ความร้อน 2 วิธี คือ (1) Hot plate นำตัวอย่างกระดาษเทอร์มอลมาอังบน Hot plate ที่อุณหภูมิ 100 ℃ ระยะห่าง 0.5 เซนติเมตร (2) เตารีด ด้วยการนำผ้าวางทับบนตัวอย่างกระดาษเทอร์มอล จากนั้นใช้เตารีดวางทับไว้บนผ้า ตั้งค่าอุณหภูมิเตารีดที่ระดับ 1 ตามข้อมูลจากผู้ผลิตมีช่วงอุณหภูมิคือ 70-100 ℃ โดยผู้วิจัย

ได้ควบคุมระยะเวลาในการให้ความร้อนทั้ง 2 วิธี ไม่เกิน 30 วินาที โดยทำการทดลองซ้ำในแต่ละสถานที่จำนวน 10 ครั้ง แบ่งเป็น Hot plate 5 ครั้ง และเตารีด 5 ครั้ง รวมทั้งหมด 8 สถานที่ × 10 ครั้ง = 80 ตัวอย่าง

จากนั้นภาพลายนิ้วมือแฝงจะถูกบันทึกโดยใช้กล้องดิจิทัลของโทรศัพท์ iPhone 12 ซึ่งมีความละเอียด 12 ล้านพิกเซล โดยใช้เลนส์ชนิด wide (f/1.6) ในโหมดอัตโนมัติ (auto mode) ภายใต้สภาวะแสงภายในห้องปฏิบัติการที่มีความเข้มแสงคงที่ (ประมาณ 300–500 lux) กล้องถูกจัดวางในตำแหน่งตั้งฉากกับพื้นผิวของตัวอย่าง และควบคุมระยะห่างประมาณ 10–15 เซนติเมตร เพื่อให้ได้ภาพที่มีความคมชัดและสามารถเปรียบเทียบได้อย่างสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 2 นำภาพถ่ายรอยลายนิ้วมือแฝงมาตรวจประเมินคุณภาพลายนิ้วมือ โดยผู้ประเมิน 2 กลุ่ม ได้แก่ (1) ผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจพิสูจน์ลายนิ้วมือแฝง ศูนย์พิสูจน์หลักฐาน 7 กลุ่มงานตรวจลายนิ้วมือแฝง อายุราชการ 12 ปี 4 เดือน ซึ่งใช้ผู้เชี่ยวชาญ 1 คน ทำการประเมินอย่างอิสระโดยไม่ทราบข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการให้ความร้อน เพื่อควบคุมตัวแปรและลดความคลาดเคลื่อนระหว่างผู้ประเมิน (2) ChatGPT รุ่น GPT-4V ซึ่งเป็นโมเดล Multimodal ที่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลภาพร่วมกับข้อความได้ โดยใช้คำสั่งแบบมีเกณฑ์ในการแปรผลที่กำหนดไว้ล่วงหน้าอย่างเป็นมาตรฐาน โดยทั้งสองวิธีใช้เกณฑ์การให้คะแนนเดียวกันเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลอย่างเป็นธรรม โดยเกณฑ์การประเมินคุณภาพลายนิ้วมือใช้ระบบการให้คะแนนแบบ 4 ระดับ (0–3) โดยพิจารณาจากความชัดเจนของสันลาย (Ridge clarity) ความต่อเนื่องของสันลาย (Ridge continuity) และจำนวนจุดลักษณะเฉพาะ (minutiae) ซึ่งสามารถจำแนกระดับได้ตั้งแต่ไม่ปรากฏ (ระดับ 0) ไปจนถึงชัดเจนสมบูรณ์และสามารถใช้ยืนยันตัวบุคคลได้ (ระดับ 3) โดยอ้างอิงแนวทางจาก (Champod et al., 2016; Holder et al., 2011) ดังตารางที่ 1

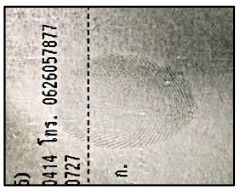
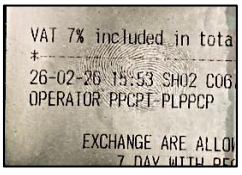
การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลดำเนินการโดยใช้การวิเคราะห์ ค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: SD) เพื่อสรุปลักษณะของข้อมูลและทำความเข้าใจแนวโน้มของคุณภาพลายนิ้วมือแฝง โดยค่าเฉลี่ยใช้ในการแสดงระดับคุณภาพโดยรวมของลายนิ้วมือที่ได้จากแต่ละวิธีการทดลอง ขณะที่ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้ในการประเมินความแปรผันของข้อมูล การวิเคราะห์ความสอดคล้อง ระหว่างผู้ประเมินสองกลุ่ม ใช้สถิติ Weighted Cohen’s Kappa (KW) ทำให้สามารถสะท้อนความสอดคล้องที่แท้จริงของการให้คะแนนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนคุณภาพลายนิ้วมือแฝงระหว่างผู้เชี่ยวชาญและ ChatGPT ใช้สถิติ Wilcoxon signed-rank test โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$ นอกจากนี้วิเคราะห์ขนาดของอิทธิพลโดยใช้ค่าการสอบ Effect Size (Cohen’s d) เพื่อประเมินความแตกต่างในเชิงปฏิบัติ ซึ่งช่วยเสริมความสมบูรณ์ของการตีความผลการวิจัย



รูปที่ 2 ตัวอย่างภาพลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏบนกระดาษเทอร์มอล หลังผ่านเทคนิคการให้ความร้อน

ตารางที่ 1 เกณฑ์การประเมินคุณภาพลายนิ้วมือแฝงตามระดับคะแนน 0–3

ระดับคะแนน	คุณภาพของรอยลายนิ้วมือแฝง	ตัวอย่าง
0	ไม่ปรากฏรอยลายนิ้วมือแฝง	
1	คุณภาพต่ำ มองเห็นรายละเอียดของลายเส้น ไม่สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (<8 จุด)	
2	คุณภาพพอใช้ มองเห็นรายละเอียดของเส้น สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (8-12 จุด)	
3	คุณภาพดี มองเห็นรายละเอียดของลายเส้น สามารถชี้เฉพาะบุคคลได้ (>12 จุด)	

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้ศึกษาการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอล โดยใช้วิธีการให้ความร้อน 2

วิธี ได้แก่ Hot plate และ เตารีด โดยใช้ตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 80 ตัวอย่าง จากสลิป ATM และใบเสร็จรับเงิน POS จำนวน 8 สถานที่ และทำการประเมินคุณภาพลายนิ้วมือโดยผู้เชี่ยวชาญและ ChatGPT

ผลการเปรียบเทียบคุณภาพลายนิ้วมือบนสลิป ATM และใบเสร็จ POS โดยผู้เชี่ยวชาญ

ผลการประเมินคุณภาพลายนิ้วมือแฝงโดยผู้เชี่ยวชาญ แสดงในตารางที่2 พบว่าประสิทธิภาพของเทคนิคการให้ความร้อนขึ้นอยู่ทั้งกับ วิธีการให้ความร้อน และชนิดของกระดาษเทอร์มอล ในกลุ่มสลิป ATM โดยภาพรวมพบว่า วิธี Hot plate ให้ค่าเฉลี่ยคะแนนอยู่ในระดับสูงและมีความสม่ำเสมอมากกว่าวิธีเตารีด โดยเฉพาะในตัวอย่างจาก KTB และ KBANK ซึ่งมีความแตกต่างของคะแนนอย่างชัดเจน (2.8 เทียบกับ 2.4 และ 2.6 เทียบกับ 2.4 ตามลำดับ) สะท้อนถึงความสามารถของ Hot plate ในการควบคุมอุณหภูมิได้อย่างคงที่ ส่งผลให้การพัฒนาลายนิ้วมือมีประสิทธิภาพมากขึ้น ในขณะที่ตัวอย่างจาก SCB พบว่าทั้งสองวิธีให้ผลลัพธ์เท่ากัน (2.6 ± 0.55) อย่างไรก็ตาม ในกรณีของ BAAC พบว่าวิธีเตารีดให้คะแนนสูงกว่าวิธี Hot plate อย่างชัดเจน (2.8 เทียบกับ 2.0) ซึ่งอาจสะท้อนถึงความแตกต่างขององค์ประกอบสารเคลือบที่ตอบสนองต่อความร้อนแบบกระจายได้ดีกว่า

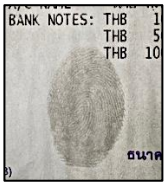
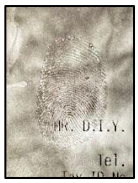
สำหรับกลุ่มใบเสร็จรับเงิน POS พบแนวโน้มที่สอดคล้องกัน โดยวิธี Hot plate ให้ผลลัพธ์ดีกว่าวิธีเตารีดในหลายกรณี โดยเฉพาะในตัวอย่างจาก Lotus POS ซึ่งมีความแตกต่างอย่างชัดเจน (2.2 เทียบกับ 1.2) แสดงให้เห็นว่าการควบคุมอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาลายนิ้วมือบนกระดาษประเภทนี้ ในตัวอย่าง 7-11 POS พบว่า Hot plate ให้คะแนนสูงกว่าเล็กน้อย (2.4 เทียบกับ 2.2) ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มในกลุ่ม ATM ขณะที่ตัวอย่างจาก D.I.Y POS และ PT POS พบว่าทั้งสองวิธีให้ผลลัพธ์เท่ากันในระดับสูง (3.0 และ 2.8 ตามลำดับ) ซึ่งอาจสะท้อนว่าคุณสมบัติของชั้นกระดาษที่ไวต่อความร้อนของทั้งสองชนิดเอื้อต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารคัดหลั่งในลายนิ้วมือกับ Leuco dye-developer ได้ดีกว่ากระดาษชนิดอื่น ส่งผลให้ไม่เกิดความแตกต่างระหว่างวิธีหรือเกิดปรากฏการณ์ Ceiling effect

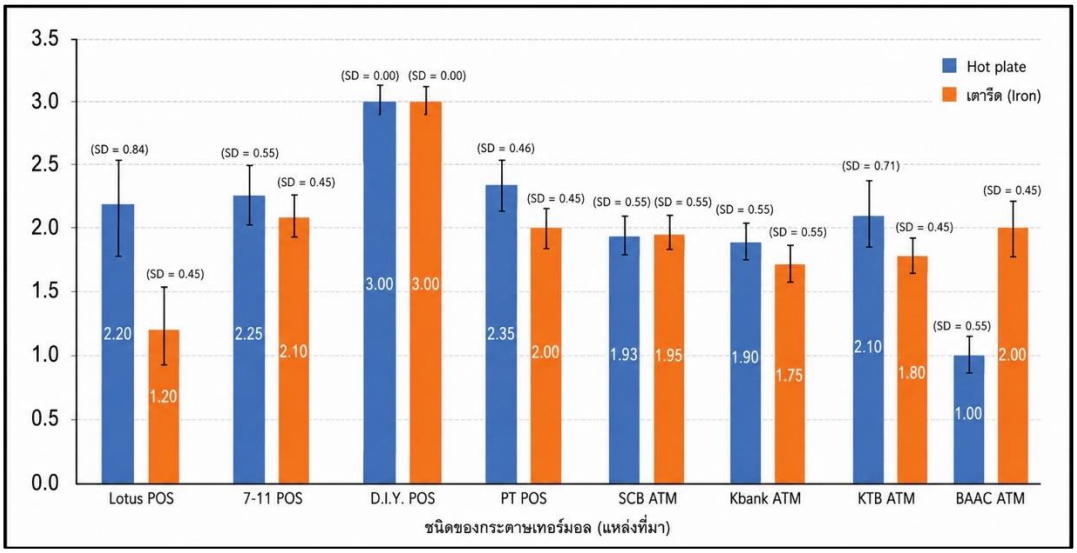
ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเทคนิคการให้ความร้อน และชนิดกระดาษเทอร์มอล

เพื่อประเมินปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของลายนิ้วมือแฝง การศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบทั้งในด้าน วิธีการพัฒนาโดยใช้ความร้อน และ ชนิดของกระดาษเทอร์มอล (ATM และ POS) โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพลายนิ้วมือและความแปรผันของข้อมูล รวมถึงการวิเคราะห์ขนาดอิทธิพล (Effect size) เพื่อสะท้อนความแตกต่างในเชิงปฏิบัติ

ผลการเปรียบเทียบโดยรวมดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งนำเสนอทั้งผลของวิธีการให้ความร้อน ได้แก่ Hot plate และเตารีด รวมถึงผลตามชนิดของกระดาษเทอร์มอล เพื่อให้สามารถพิจารณาอิทธิพลของแต่ละปัจจัยต่อคุณภาพลายนิ้วมือแฝงได้อย่างครอบคลุมและเป็นระบบ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย (± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ของคะแนนคุณภาพลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลประเภทสลิป ATM และบนใบเสร็จรับเงิน POS ที่พัฒนาด้วยวิธี Hot plate และเตารีด (ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและ Chat GPT)

แหล่งตัวอย่าง	**Hot plate** $\bar{x}$ ± SD	**เตารีด** $\bar{x}$ ± SD	**แหล่งตัวอย่าง**	**Hot plate** $\bar{x}$ ± SD	**เตารีด** $\bar{x}$ ± SD
SCB ATM	 2.6 ± 0.55	 2.6 ± 0.55	Lotus POS	 2.2 ± 0.84	 1.2 ± 0.45
Kbank ATM	 2.6 ± 0.55	 2.4 ± 0.55	7-11 POS	 2.4 ± 0.55	 2.2 ± 0.45
KTB ATM	 2.8 ± 0.45	 2.4 ± 0.55	D.I.Y POS	 3.0 ± 0.00	 3.0 ± 0.00
BAAC ATM	 2.0 ± 0.71	 2.8 ± 0.45	PT POS	 2.8 ± 0.45	 2.8 ± 0.45



รูปที่ 3 ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลประเภทสลิป ATM และ ใบเสร็จรับเงิน POS ที่พัฒนาโดยเทคนิคการให้ความร้อนแบบ Hot plate และเตารีด

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบโดยรวมของคะแนนคุณภาพลายนิ้วมือแฝงตามวิธีการพัฒนาและชนิดของกระดาษเทอร์มอล

ปัจจัย	กลุ่ม	ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	95% CI	p-value	ขนาดอิทธิพล (Cohen's d)
วิธีการพัฒนา	Hot plate	2.55 ± 0.56	2.36 – 2.74	0.32	0.26
	เตารีด	2.43 ± 0.58	2.21 – 2.65		
ชนิดกระดาษเทอร์มอล	ATM	2.53 ± 0.60	2.35 – 2.71	0.41	0.08
	POS	2.45 ± 0.74	2.22 – 2.68		

หมายเหตุ: คะแนนอยู่ในช่วง 0–3

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นผลการเปรียบเทียบทั้งในมิติของ วิธีการพัฒนาลายนิ้วมือ และ ชนิดของกระดาษเทอร์มอล อย่างชัดเจน โดยพบว่า ในด้านของวิธีการให้ความร้อน วิธี Hot plate ให้ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพลายนิ้วมือสูงกว่าวิธีเตารีดเล็กน้อย (2.55 เทียบกับ 2.43) ซึ่งสะท้อนถึงความสม่ำเสมอของผลลัพธ์ที่ดีกว่า เนื่องจาก Hot plate สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างคงที่และสม่ำเสมอมากกว่า อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าขนาดอิทธิพล (Cohen's d = 0.26) พบว่าอยู่ในระดับเล็ก แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างดังกล่าวแม้มีแนวโน้ม แต่ยังไม่เด่นชัดในเชิงปฏิบัติ ในส่วนของชนิดกระดาษเทอร์มอล พบว่า กระดาษประเภท สลิป ATM ให้ค่าเฉลี่ยคะแนนสูงกว่าใบเสร็จรับเงิน POS เล็กน้อย (2.53 เทียบกับ 2.45) และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ (p = 0.41) ซึ่งบ่งชี้ว่าลายนิ้วมือที่พัฒนาบนสลิป ATM มีแนวโน้มให้คุณภาพที่สม่ำเสมอมากกว่า ทั้งนี้อาจสัมพันธ์กับองค์ประกอบของสารเคลือบ (Thermal coating) ที่แตกต่างกันระหว่างกระดาษแต่ละประเภท อย่างไรก็ตาม ค่าขนาดอิทธิพลของความแตกต่างระหว่างสลิป ATM และใบเสร็จรับเงิน POS (Cohen's d = 0.08) อยู่ในระดับต่ำมาก แสดงให้เห็นว่าชนิดของกระดาษมีผลต่อคุณภาพลายนิ้วมือเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปัจจัยอื่น เช่น วิธีการให้ความร้อนหรือคุณลักษณะของคราบลายนิ้วมือ

ผลการเปรียบเทียบการประเมินคุณภาพลายนิ้วมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญและ ChatGPT

เพื่อประเมินศักยภาพของปัญญาประดิษฐ์ในการวิเคราะห์ลายนิ้วมือแฝง การศึกษานี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลการให้คะแนนคุณภาพลายนิ้วมือระหว่างผู้เชี่ยวชาญด้านนิติวิทยาศาสตร์กับ ChatGPT ภายใต้เงื่อนไขการทดลองเดียวกัน โดยพิจารณาทั้งในมิติของวิธีการพัฒนา ได้แก่ Hot plate และเตารีด รวมถึงแหล่งของกระดาษเทอร์มอล ผลการเปรียบเทียบเชิงรายละเอียดแสดงใน ตารางที่ 4 และการวิเคราะห์ความสอดคล้องโดยรวมแสดงใน ตารางที่ 5

ผลการเปรียบเทียบในระดับรายแหล่งพบว่า ChatGPT มีแนวโน้มให้คะแนนต่ำกว่าผู้เชี่ยวชาญเล็กน้อยในหลายกรณี โดยเฉพาะในตัวอย่างที่มีคุณภาพระดับปานกลาง ซึ่งสะท้อนถึงลักษณะการประเมินที่ค่อนข้างระมัดระวังของระบบปัญญาประดิษฐ์ ในกลุ่มสลิป ATM พบว่าตัวอย่างจาก SCB และ KBANK มีค่าคะแนนจาก ChatGPT ต่ำกว่าผู้เชี่ยวชาญอย่างสม่ำเสมอทั้งในวิธี Hot plate และเตารีด ขณะที่ตัวอย่างจาก KTB แสดงความสอดคล้องกันในวิธี Hot plate แต่มีความแตกต่างเล็กน้อยในวิธีเตารีดโดย ChatGPT ให้คะแนนสูงกว่าเล็กน้อย ในกรณีของ BAAC พบความสอดคล้องในวิธี Hot plate แต่ในวิธีเตารีด ChatGPT ให้คะแนนต่ำกว่าผู้เชี่ยวชาญ สำหรับกลุ่มใบเสร็จรับเงิน POS พบว่าโดยรวมมีแนวโน้มคล้ายคลึงกับกลุ่มสลิป ATM

โดยตัวอย่างจาก Lotus POS แสดงความแตกต่างเล็กน้อยระหว่างผู้ประเมิน ขณะที่ 7-Eleven POS มีความสอดคล้องของคะแนนอย่างชัดเจนในทั้งสองวิธีการ และในกรณีของ D.I.Y POS และ PT POS พบว่าทั้งผู้เชี่ยวชาญและ ChatGPT ให้คะแนนเท่ากันในระดับสูง ซึ่งสะท้อนว่าลายนิ้วมือมีคุณภาพดีและชัดเจน ทำให้ไม่เกิดความแตกต่างในการตีความ หรืออาจเกิดปรากฏการณ์ Ceiling effect ที่คะแนนไม่สามารถเพิ่มสูงขึ้นได้อีก

เมื่อพิจารณาในภาพรวมของข้อมูลทั้งหมด พบว่า ผู้เชี่ยวชาญให้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่า ChatGPT เล็กน้อย (2.49 ± 0.58 และ 2.36 ± 0.62 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ผลการทดสอบทางสถิติ Wilcoxon signed-rank test ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างคะแนนของทั้งสองกลุ่ม (p = 0.56) แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นอยู่ในระดับเล็กและไม่ส่งผลต่อข้อสรุปโดยรวม ในด้านความสอดคล้องของการประเมิน พบว่าค่า Weighted Cohen's Kappa เท่ากับ 0.62 และมีอัตราความตรงกันของการให้คะแนนถึง 75% สะท้อนว่าทั้งสองผู้ประเมินมีความสอดคล้องกันในระดับที่ยอมรับได้ทางวิชาการ

ตารางที่ 4 ผลการเปรียบเทียบระดับคะแนนลายนิ้วมือแฝงระหว่างผู้เชี่ยวชาญและ ChatGPT บนกระดาษเทอร์มอล โดยใช้เทคนิคการให้ความร้อนแบบ Hot plate และเตารีด

แหล่งตัวอย่าง	คะแนน		คะแนน	
	Hot plate (ผู้เชี่ยวชาญ) $\bar{x}$ ± SD	Hot plate (ChatGPT) $\bar{x}$ ± SD	เตารีด (ผู้เชี่ยวชาญ) $\bar{x}$ ± SD	เตารีด (ChatGPT) $\bar{x}$ ± SD
SCB ATM	2.6 ± 0.55	2.4 ± 0.55	2.6 ± 0.55	2.2 ± 0.84
Kbank ATM	2.6 ± 0.55	2.4 ± 0.55	2.4 ± 0.55	1.8 ± 0.84
KTB ATM	2.8 ± 0.45	2.8 ± 0.45	2.4 ± 0.55	2.6 ± 0.55
BAAC ATM	2.0 ± 0.71	2.0 ± 0.89	2.8 ± 0.45	2.4 ± 0.89
Lotus POS	2.2 ± 0.84	2.0 ± 0.71	1.2 ± 0.45	1.4 ± 0.55
7-11 POS	2.4 ± 0.55	2.4 ± 0.55	2.2 ± 0.45	2.2 ± 0.45
D.I.Y POS	3.0 ± 0.00	3.0 ± 0.00	3.0 ± 0.00	3.0 ± 0.00
PT POS	2.8 ± 0.45	2.8 ± 0.45	2.8 ± 0.45	2.8 ± 0.45

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนคุณภาพลายนิ้วมือแฝงและการวิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผู้เชี่ยวชาญ และ ChatGPT

ตัวแปร	ค่า
ผู้เชี่ยวชาญ ($\bar{x}$ ± SD)	2.49 ± 0.58
ChatGPT ($\bar{x}$ ± SD)	2.36 ± 0.62
p-value	0.56
95% CI	0.44 – 0.77
ผลการทดสอบทางสถิติ	ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
Weighted Cohen’s Kappa	0.62
ระดับความสอดคล้อง	ระดับที่ยอมรับได้ทางวิชาการ
อัตราความตรงกัน (Agreement)	75%

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า เทคนิคการให้ความร้อนมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคดั้งเดิม เช่น การใช้ผงฝุ่น, Ninhydrin หรือ DFO เนื่องจากไม่ต้องใช้สารเคมีเพิ่มเติม ลดความซับซ้อนของขั้นตอน และสามารถดำเนินการได้รวดเร็ว โดยการศึกษานี้พบว่าวิธี Hot plate ให้ค่าเฉลี่ยคะแนนคุณภาพสูงกว่าวิธีเตารีดเล็กน้อย สม่ำเสมอของผลลัพธ์มากกว่า ซึ่งสามารถอธิบายได้จากความสามารถของ Hot plate ในการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่และสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนพื้นผิวที่ไวต่อความร้อน เช่น กระดาษเทอร์มอล (Cantu & Johnson, 2021; Champod et al., 2016; Bleay et al., 2021)

ในเชิงกลไก กระดาษเทอร์มอลประกอบด้วยชั้นเคลือบที่ไวต่อความร้อน ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเมื่อได้รับความร้อน ส่งผลให้บริเวณที่มีสารคัดหลั่งจากลายนิ้วมือ เช่น ไขมันและเหงื่อ เกิดความแตกต่างของสีและปรากฏเป็นลายนิ้วมือแฝงได้ชัดเจน (Cantu & Johnson, 2021; Ramotowski, 2012) อย่างไรก็ตาม หากอุณหภูมิไม่สม่ำเสมอหรือสูงเกินไป อาจทำให้เกิด overdevelopment หรือพื้นผิวเกิดการดำคล้ำ ส่งผลให้รายละเอียดของสันลาย (ridge detail) ลดลงหรือบิดเบือน (Holder et al., 2011; Becue et al., 2020) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่พบว่าวิธีเตารีดมีความแปรผันของข้อมูลสูงกว่า เนื่องจากไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างสม่ำเสมอ

แม้ว่าวิธี Hot plate จะให้ผลลัพธ์ดีกว่าในภาพรวม แต่เมื่อพิจารณาค่าขนาดอิทธิพล (Cohen's d = 0.26) พบว่าอยู่ในระดับเล็ก แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างดังกล่าวมีแนวโน้มเชิงปฏิบัติแต่ยังไม่เด่นชัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้าที่ระบุว่าการพัฒนาลายนิ้วมือแฝงบนกระดาษเทอร์มอลสามารถทำได้หลายวิธี และผลลัพธ์ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขเฉพาะ เช่น อุณหภูมิ เวลา และลักษณะของคราบลายนิ้วมือ (Cantu & Johnson, 2021; Bleay et al., 2021)

ในด้านของ ชนิดกระดาษเทอร์มอล (ATM vs POS) ผลการศึกษาพบว่า กระดาษสลิป ATM ให้ค่าเฉลี่ยคะแนนสูงกว่าใบเสร็จรับเงิน POS เล็กน้อย และมีความสม่ำเสมอมากกว่า อย่างไรก็ตาม ขนาดอิทธิพลอยู่ในระดับต่ำมาก (Cohen's d = 0.08) แสดงว่าชนิดกระดาษมีผลต่อคุณภาพลายนิ้วมือเพียงเล็กน้อย ผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้จากความแตกต่างขององค์ประกอบสารเคลือบ (coating composition) และความไวต่อความร้อน (thermal sensitivity) ของกระดาษแต่ละประเภท ซึ่งมีผลต่อการแสดงผลของลายนิ้วมือ (Ramotowski, 2012; Cantu & Johnson, 2021)

การเปรียบเทียบการประเมินระหว่างผู้เชี่ยวชาญและปัญญาประดิษฐ์ โดยพบว่า ChatGPT มีแนวโน้มให้คะแนนต่ำกว่าผู้เชี่ยวชาญเล็กน้อย โดยเฉพาะในลายนิ้วมือที่มีคุณภาพระดับปานกลาง ในกรณีที่ลายนิ้วมือมีคุณภาพสูง พบว่าผู้ประเมินทั้งสองให้ผลลัพธ์สอดคล้องกันอย่างชัดเจน ผลการวิเคราะห์ทางสถิติสนับสนุนข้อค้นพบดังกล่าว โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p= 0.56) และมีค่า Weighted Cohen's Kappa = 0.62 ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ทางวิชาการ ตามเกณฑ์ของ Landis and Koch (1977) แสดงให้เห็นว่า ChatGPT มีความสอดคล้องกับผู้เชี่ยวชาญในระดับที่

ยอมรับได้ ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ระบุว่าการประเมินลายนิ้วมือมีความแปรผันได้แม้ในกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเอง (Ulery et al., 2011; Dror et al., 2021)

ในบริบทของปัญญาประดิษฐ์ งานวิจัยในช่วงหลังแสดงให้เห็นว่า AI โดยเฉพาะ deep learning มีศักยภาพสูงในการวิเคราะห์ภาพและรู้จำรูปแบบ (pattern recognition) รวมถึงงานด้าน biometrics เช่น ลายนิ้วมือ (He et al., 2016; Deng et al., 2019; Zhang et al., 2023a) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ที่ชี้ให้เห็นว่า ChatGPT สามารถทำหน้าที่เป็น เครื่องมือสนับสนุน (decision support tool) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในขั้นตอนการคัดกรองเบื้องต้น (National Institute of Justice, 2018)

อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างที่ยังพบในลายนิ้วมือคุณภาพปานกลางถึงต่ำ สะท้อนถึงข้อจำกัดของ AI ในการตีความรายละเอียดเชิงลึก เช่น minutiae และ ridge characteristics ซึ่งยังคงต้องอาศัยประสบการณ์และวิจารณญาณของผู้เชี่ยวชาญ (Dror et al., 2021; Champod et al., 2016) รวมถึงการนำ AI มาใช้ในกระบวนการยุติธรรมจำเป็นต้องคำนึงถึงความโปร่งใส ความสามารถในการอธิบายผลการตัดสินใจ และการกำกับดูแลโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนที่อาจส่งผลต่อกระบวนการยุติธรรม

สุดท้ายการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัด ได้แก่ จำนวนผู้ให้ลายนิ้วมือ และผู้ประเมินที่จำกัด ซึ่งอาจส่งผลต่อความสามารถในการสรุปผลในภาพรวม ดังนั้น การวิจัยในอนาคตควรเพิ่มขนาดตัวอย่างความหลากหลายของพื้นผิว และใช้ผู้ประเมินหลายคน เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์ (Becue et al., 2020)

ข้อเสนอแนะ

1. ควรพัฒนาแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ให้มีความเฉพาะทางด้านนิติวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น เนื่องจาก ChatGPT เป็นโมเดลทั่วไป (general-purpose AI) การฝึกด้วยข้อมูลลายนิ้วมือแฝงโดยเฉพาะจะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการประเมิน

2. ควรศึกษาอิทธิพลของปัจจัยทางกายภาพและเคมีของกระดาษเทอร์มอลเพิ่มเติม เช่น ชั้นเคลือบ (coating) ความไวต่อความร้อน และองค์ประกอบทางเคมี เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้อาจมีบทบาทสำคัญต่อการปรากฏของลายนิ้วมือแฝง

เอกสารอ้างอิง

ประมวลกฎหมายวิธีพิจารณาความอาญา. (2569). [มาตรา 226-227]. ราชกิจจานุเบกษา.

Becue, A., Eldridge, H., Champod, C., & Margot, P. (2020). Interpol review of fingermark detection and visualization. *Forensic Science International, 315*, 110420. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110420

Bleay, S. M., Sears, V. G., Bandey, H. L., & Gibson, A. P. (2021). Fingermark visualisation: A review of processes and techniques. *Science & Justice, 61*(1), 46–64. https://doi.org/10.1016/j.scijus.2020.09.003

Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., Neelakantan, A., Shyam, P., Sastry, G., Askell, A., Agarwal, S., Herbert-Voss, A., Krueger, G., Henighan, T., Child, R., Ramesh, A., Ziegler, D. M., Wu, J., Winter, C., ... Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems, 33*, 1877–1901.

Cantu, A. A., & Johnson, J. L. (2021). Thermal paper: Chemistry, imaging, and forensic challenges. *Forensic Chemistry, 23*, 100327. https://doi.org/10.1016/j.forc.2021.100327

Champod, C., Lennard, C., Margot, P., & Stoilovic, M. (2016). *Fingerprints and other ridge skin impressions* (2nd ed.). CRC Press.

Chen, H., Zhang, Y., & Wang, S. (2022). Advances in latent fingerprint detection technologies. *Forensic Science International, 337*, 111339. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2022.111339

Cohen, J. (1968). Weighted kappa: Nominal scale agreement with provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychological Bulletin, 70*(4), 213–220. https://doi.org/10.1037/h0026256

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

Deng, J., Guo, J., Xue, N., & Zafeiriou, S. (2019). ArcFace: Additive angular margin loss for deep face recognition. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 4690–4699). https://doi.org/10.1109/CVPR.2019.00482

Dror, I. E., Kukucka, J., Kassin, S. M., & Zapf, P. A. (2021). Cognitive bias in forensic decision making. *Forensic Science International: Synergy, 3*, 100161. https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2021.100161

Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (4th ed.). Sage.

Girod, A., Ramotowski, R., & Weyermann, C. (2012). Composition of fingermark residue and its evolution. *Forensic Science International, 223*(1–3), 10–24. https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2012.08.018

He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 770–778). https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90

Holder, E. H., Robinson, L. O., & Laub, J. H. (2011). *The fingerprint sourcebook*. National Institute of Justice.

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics, 33*(1), 159–174.

Liao, R., Chen, X., & Wang, Y. (2020). Thermal paper chemistry and imaging characteristics. *Journal of Imaging Science and Technology, 64*(5), 1–8.

National Institute of Justice. (2018). *Forensic science research and development reports*. U.S. Department of Justice.

OpenAI. (2023). *GPT-4 technical report*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774

Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). *Language models are unsupervised multitask learners*. OpenAI.

Ramotowski, R. S. (Ed.). (2012). *Lee and Gaensslen's advances in fingerprint technology* (3rd ed.). CRC Press.

Rudin, C. (2019). Stop explaining black box machine learning models for high stakes decisions and use interpretable models instead. *Nature Machine Intelligence, 1*(5), 206–215. https://doi.org/10.1038/s42256-019-0048-x

Siegel, S., & Castellan, N. J. (1988). *Nonparametric statistics for the behavioral sciences* (2nd ed.). McGraw-Hill.

Ulery, B. T., Hicklin, R. A., Buscaglia, J., & Roberts, M. A. (2011). Accuracy of fingerprint examiners. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 108*(19), 7733–7738. https://doi.org/10.1073/pnas.1018707108

Zhang, Q., Li, X., & Liu, Y. (2023a). AI-based fingerprint recognition: A review. *Applied Sciences, 13*(5), 2871. https://doi.org/10.3390/app13052871

Zhang, Y., Song, X., & Liu, H. (2023b). Applications of artificial intelligence in forensic science: A review. *Forensic Science International, 337*, 111302.