

ระบบการปรับปรุงลายนิ้วมือแฝงโดยอัตโนมัติ

Automated Latent Fingerprint Enhancement

นายกันตินันท์ บุญยingsathit

Kantinan Boonyingsathit

คณะเทคโนโลยีดิจิทัล สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีจิตรลดา

Faculty of Digital Technology, Department of Computer Engineering, Chitralada Technology Institute

Email: kantinan.byst@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่ช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้ปฏิบัติงานในสายงานด้านการวิเคราะห์ลายนิ้วมือ โดยระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถลงทะเบียนและเปรียบเทียบลายนิ้วมือได้ทั้งแบบ 1:1 และ 1:N รวมถึงการปรับปรุงคุณภาพลายนิ้วมือแฝงโดยอัตโนมัติด้วยเทคนิค FingerGAN [1] เพื่อเพิ่มความคมชัดและลดสัญญาณรบกวนในภาพลายนิ้วมือแฝง ระบบนี้ยังใช้ SourceAFIS [2] ในการจับคู่ลายนิ้วมือเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการระบุตัวตน นอกจากนี้ มีการประเมินประสิทธิภาพของระบบโดยใช้ Cumulative Match Characteristic (CMC) เพื่อวิเคราะห์ความแม่นยำในการระบุตัวตน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบสามารถเพิ่มอัตราการจับคู่ลายนิ้วมือได้ดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พร้อมทั้งลดข้อผิดพลาดในการระบุตัวตน ซึ่งแสดงถึงศักยภาพของระบบในการนำไปใช้งานจริงในหน่วยงานต่าง ๆ เช่น นิติวิทยาศาสตร์และการพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล

ABSTRACT

This project presents the development of a web application designed to assist professionals in fingerprint analysis. The implemented system enables fingerprint registration and comparison in both 1:1 (one-to-one) and 1:N (one-to-many) modes, alongside automated latent fingerprint enhancement using the FingerGAN technique [1] to improve image clarity and reduce noise in latent fingerprint images. The system integrates SourceAFIS [2] for fingerprint verification and identification. Performance evaluation was conducted using the Cumulative Match Characteristic (CMC) to analyze identification precision. Experimental results demonstrate that the system effectively increases fingerprint matching rates while reducing identification errors, highlighting its potential for real-world applications in forensic science and identity verification.

บทนำ

ในยุคที่เทคโนโลยีชีวมิติ (Biometrics) มีบทบาทสำคัญในด้านการรักษาความปลอดภัย การพิสูจน์เอกลักษณ์บุคคล และการสืบสวนสอบสวน ลายนิ้วมือแฝง (Latent Fingerprints) เป็นหนึ่งในข้อมูลชีวมิติที่มีความสำคัญ แต่ด้วยคุณภาพของภาพที่ต่ำ เช่น ความไม่ชัดเจนหรือสัญญาณรบกวน ทำให้การวิเคราะห์และจับคู่ลายนิ้วมือแฝงเป็นงานที่ท้าทายและต้องอาศัยเทคนิคเฉพาะทาง โครงการนี้มุ่งเน้นการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถลงทะเบียน เปรียบเทียบ และปรับปรุงคุณภาพลายนิ้วมือแฝงได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยนำเทคนิค FingerGAN [1] มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพภาพ และ SourceAFIS [2] มาใช้ในการจับคู่ลายนิ้วมือ นอกจากนี้ มีการประเมินผลด้วย Cumulative Match Characteristic (CMC) เพื่อวัดประสิทธิภาพการจัดอันดับความถูกต้องของการจับคู่ลายนิ้วมือ ระบบนี้ถูกออกแบบมาเพื่อลดภาระงาน เพิ่มประสิทธิภาพ และรองรับการใช้งานจริงในหน่วยงานต่าง ๆ เช่น เจ้าหน้าที่ตำรวจ นักนิติวิทยาศาสตร์ และภาครัฐ

บททวนวรรณกรรม

2.1 ลายนิ้วมือแฝง (Latent Fingerprint)

รอยลายนิ้วมือที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เกิดจากน้ำมันหรือเหงื่อบนผิวหนังที่สัมผัสกับวัตถุต่าง ๆ โดยไม่ได้ตั้งใจ (เช่น การจับแก้วน้ำ ประตูด) ซึ่งลายนิ้วมือต้องผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพทางนิติวิทยาศาสตร์ (เช่น ใช้ผงฝุ่นเคมี) เพื่อให้มองเห็นและวิเคราะห์รายละเอียดได้ชัดเจน

2.2 Automated Fingerprint Identification System (AFIS)

ระบบการระบุตัวตนอัตโนมัติด้วยลายนิ้วมือ (AFIS) คือเทคโนโลยีชีวมิติที่ใช้ดิจิทัลในการสแกน จัดเก็บ และเปรียบเทียบลายนิ้วมือเพื่อวัตถุประสงค์ในการระบุตัวบุคคล ระบบนี้ทำงานโดยใช้อัลกอริธึมคอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของลายนิ้วมือ เช่น เส้นสันและจุดสำคัญ (minutiae points) ซึ่งช่วยให้สามารถจับคู่ลายนิ้วมือจากฐานข้อมูลได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ โดย AFIS ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานด้านกฎหมายและการสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ เช่น การเชื่อมโยงหลักฐานจากที่เกิดเหตุกับผู้ต้องสงสัยในฐานข้อมูล รวมถึงการใช้งานในด้านความปลอดภัยอื่นๆ

2.3 SourceAFIS [2]

SourceAFIS [2] คืออัลกอริธึมที่ใช้ในการเปรียบเทียบความเหมือนของลายนิ้วมือสองลายนิ้วมือแบบ 1:1 หรือค้นหาลายนิ้วมือที่ตรงกันในฐานข้อมูลขนาดใหญ่แบบ 1:N ได้ โดยรับภาพลายนิ้วมือเป็นข้อมูลนำเข้าและส่งออกเป็นคะแนนความคล้ายคลึง (similarity score) จากนั้นจะนำคะแนนความคล้ายคลึงมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้เพื่อพิจารณาว่าลายนิ้วมือนั้นตรงกันหรือไม่ [2]

2.4 Generative Adversarial Networks (GANs) [3]

เป็นสถาปัตยกรรมการเรียนรู้ของเครื่องที่ไม่มีผู้ฝึกสอนด้วยโครงข่ายประสาทเทียมสองเครือข่ายที่แข่งขันกันประกอบไปด้วย

- ตัวสร้าง (Generator): สร้างข้อมูลสังเคราะห์ที่มีลักษณะคล้ายกับข้อมูลจริง
- ตัวแยกแยะ (Discriminator): พยายามแยกความแตกต่างระหว่างข้อมูลจริงและข้อมูลสังเคราะห์

กระบวนการฝึกของ GAN [3] เกี่ยวข้องกับการแข่งขันระหว่างตัวสร้างและตัวแยกแยะ โดยที่ตัวสร้างพยายามปรับปรุงความสามารถในการสร้างข้อมูลที่เหมือนจริงมากขึ้นเรื่อย ๆ ในขณะที่ตัวแยกแยะพยายามปรับปรุงความสามารถในการแยกแยะข้อมูลจริงจากข้อมูลสังเคราะห์ กระบวนการนี้ดำเนินไปจนกว่าตัวสร้างจะสามารถสร้างข้อมูลที่แทบจะแยกไม่ออกจากข้อมูลจริง [3]

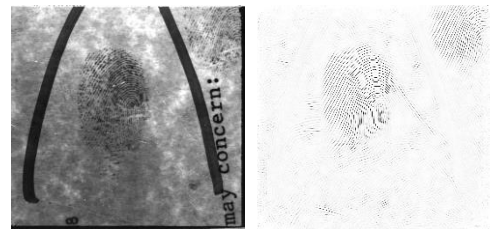
2.5 FingerGAN [1]

FingerGAN [1] คือสถาปัตยกรรมแบบ Generative Adversarial Network (GAN) [3] รูปแบบหนึ่งที่ถูกออกแบบมาเพื่อสร้างภาพลายนิ้วมือสังเคราะห์ที่มีความสมจริง โดยมีจุดประสงค์หลักเพื่อนำไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพลายนิ้วมือแฝง เช่นเดียวกับ GAN [3], FingerGAN [1] ประกอบด้วยสองส่วนหลักคือ ตัวสร้าง (Generator) ซึ่งมีหน้าที่ปรับปรุงภาพลายนิ้วมือแฝงจากข้อมูลนำเข้า และตัวแยกแยะ (Discriminator) ซึ่งมีหน้าที่แยกแยะระหว่างภาพลายนิ้วมือจริงและภาพลายนิ้วมือสังเคราะห์ที่สร้างโดยตัวสร้าง

สิ่งที่ FingerGAN [1] แตกต่างจาก GAN [3] ทั้งหมดคือการปรับโครงสร้างและฟังก์ชันของเครือข่ายให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของข้อมูลลายนิ้วมือ เพื่อดึงคุณลักษณะเด่นจากภาพลายนิ้วมือ และการ

ใช้ Loss Function ที่ออกแบบมาเพื่อเน้นความสมจริงของลายนิ้วมือสังเคราะห์

การใช้ FingerGAN [1] ช่วยให้สามารถปรับปรุงคุณภาพของลายนิ้วมือให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 1 รูปลายนิ้วแฝงก่อนการทำการปรับปรุง (ซ้าย) และรูปลายนิ้วแฝงหลังทำการปรับปรุงแล้ว (ขวา)

ทั้งนี้ในปัจจุบัน เครื่องมือสำหรับการระบุตัวตนและการปรับปรุงลายนิ้วมือมีความสำคัญอย่างยิ่งในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์และความปลอดภัย อย่างไรก็ตาม เครื่องมือเหล่านี้ยังประสบปัญหาในด้านความสะดวกในการใช้งาน ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่

หนึ่งในปัญหาหลักคือ ความซับซ้อนในการใช้งานเครื่องมือที่มีอยู่ ทำให้เจ้าหน้าที่ต้องใช้เวลาและความพยายามมากในการดำเนินการ นอกจากนี้ การขาดการบูรณาการระหว่างเทคโนโลยีต่าง ๆ ทำให้กระบวนการทำงานไม่เป็นไปอย่างราบรื่น

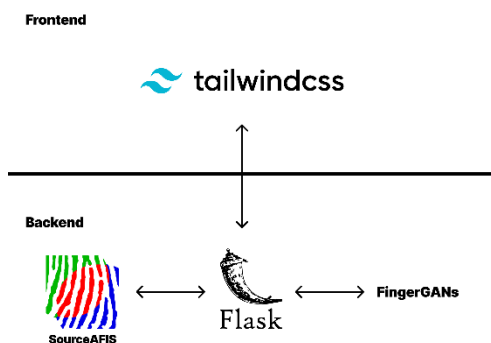
เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว เราได้มีการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่รวมเทคโนโลยี FingerGAN [1] และ SourceAFIS [2] เข้าด้วยกัน จึงเป็นแนวทางที่น่าสนใจ โดยใช้เครื่องมืออย่าง Python และ Flask ในการพัฒนา ซึ่งจะช่วยให้ความสะดวกในการใช้งาน ลดเวลาในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ และ

เพิ่มประสิทธิภาพในการระบุตัวตนและปรับปรุง
ลายนิ้วมือได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เป้าหมายและวิธีการดำเนินงาน

เป้าหมายในการทำโครงการนี้นั้นเพื่อเพิ่มความ
สะดวกและลดระยะเวลาการทำงานของเจ้าหน้าที่
ที่เกี่ยวข้องในการจัดการลายนิ้วมือ โดยการนำ
เทคโนโลยี FingerGAN [1] และ SourceAFIS [2]
มาผสมรวมกันในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน

เราดำเนินงานโดยเริ่มจากการทำเว็บแอปพลิเคชัน
โดยเว็บแอปพลิเคชันที่เราได้พัฒนานั้นได้มีการ
ผสมรวมเทคโนโลยี FingerGAN [1] และ
SourceAFIS [2] เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้
งานและลดระยะเวลาการทำงานของเจ้าหน้าที่
โดยเราได้ใช้เครื่องมือ Python และ Flask ร่วมกับ
FingerGAN [1] และ SourceAFIS [2]



รูปที่ 2 โครงสร้างเว็บแอปพลิเคชัน

- ใช้ FingerGAN [1] ในการปรับปรุง
คุณภาพภาพ
- ใช้ SourceAFIS [2] ในการจับคู่และระบุ
ตัวตนจากลายนิ้วมือ

- ใช้ Python เป็นภาษาการเขียนโปรแกรม
ที่มีความยืดหยุ่นและมีไลบรารีที่
หลากหลาย ทำให้ง่ายต่อการพัฒนาและ
ประยุกต์ใช้โมเดลการเรียนรู้ของเครื่อง
- ใช้ Flask เป็นเว็บเฟรมเวิร์กที่ง่ายต่อการ
ใช้งานใน Python ช่วยในการพัฒนาเว็บ
แอปพลิเคชันที่สามารถรับและ
ประมวลผลภาพลายนิ้วมือจากผู้ใช้ และ
แสดงผลลัพธ์การปรับปรุงภาพด้วย
FingerGAN [1] รวมถึงผลการจับคู่และ
ระบุตัวตนด้วย SourceAFIS [2]

The screenshot shows a web form titled 'Enrollment Form'. It contains two columns of input fields. The left column includes 'First Name (Full)', 'Gender (use Male)', 'Blood type (Full)', and 'A'. The right column includes 'Last Name (Full)', 'Contact Info (Email)', 'Hingedprint Capture Date', and 'Fullname (Full)'. Below the input fields, there are two images of hands with dashed boxes indicating the fingerprint area, labeled 'Left Hand' and 'Right Hand'. At the bottom, there is a blue button labeled 'Submit Enrollment' and a link labeled '<- Back to Main Page'.

รูปที่ 3 หน้าการลงทะเบียนข้อมูล

The screenshot shows a web page titled 'Approved Enrollments'. It features a table with columns for 'User Name', 'Gender', 'Blood Type', and 'Fingerprint Number'. Below the table, there are three sections: 'New User', 'New User', and 'New User', each with a 'View Details' button. The table contains the following data:

User Name	Gender	Blood Type	Fingerprint Number
John Doe	Male	A	1234567890
Jane Smith	Female	B	9876543210
Bob Johnson	Male	O	5678901234
Alice Brown	Female	A	4321098765

รูปที่ 4 หน้าข้อมูลในฐานข้อมูล

หลังจากที่เราได้ทำระบบเว็บแอปพลิเคชัน
เราได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

การปรับปรุงลายนิ้วมือแฝงด้วย Cumulative Match Characteristic (CMC) เพื่อประเมินประสิทธิภาพการจับคู่ลายนิ้วมือแฝงหลังปรับปรุงคุณภาพ โดยวัดความน่าจะเป็นที่ระบบค้นหาผลลัพธ์ที่ถูกต้องภายในลำดับที่ p -N (Top-N)

ผลการทดลอง

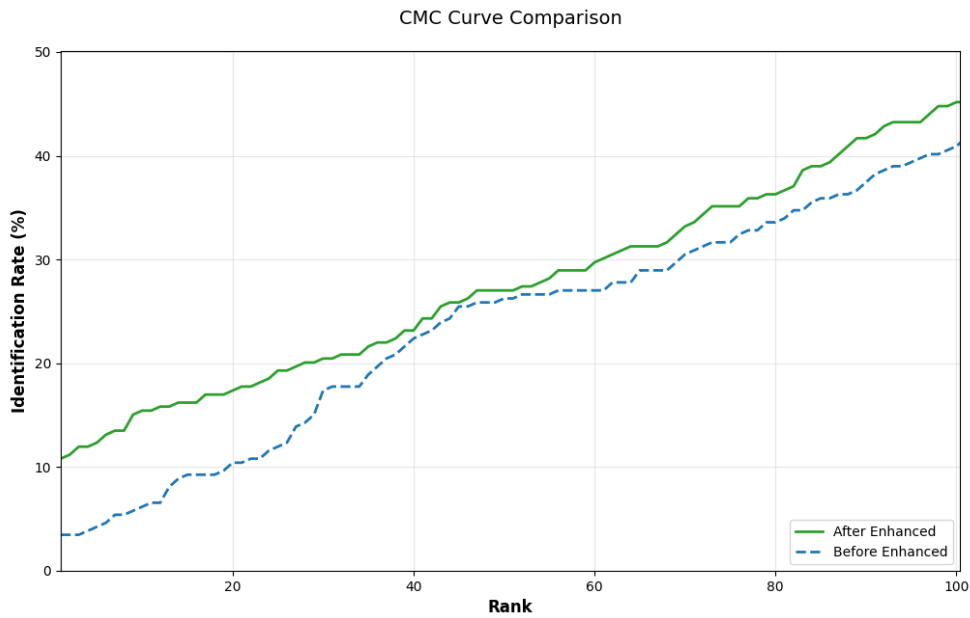
จากการทดสอบระบบปรับปรุงลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคโนโลยี FingerGAN [1] ร่วมกันกับ SourceAFIS [2] พบว่าการปรับปรุงดังกล่าวส่งผลให้ประสิทธิภาพการจับคู่ลายนิ้วมือดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพิจารณาจาก CMC Curve ที่แสดงอัตราการจับคู่ถูกต้องสะสมในระดับ Rank ต่าง ๆ ดังนั้นระบบสามารถเพิ่มอัตราการจับคู่ลายนิ้วมือได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยผลที่ได้มาจากการวิเคราะห์ด้วย Cumulative Match Characteristic (CMC) นั้นแสดงให้เห็นว่าระบบมี

ความแม่นยำในการระบุตัวตนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในช่วงอันดับแรกของการจับคู่

Rank	ก่อนปรับปรุง (%)	หลังปรับปรุง (%)	การเปลี่ยนแปลง (%)
1	3.47	10.81	+7.34
5	4.25	12.36	+8.11
10	6.17	15.44	+9.27
15	9.27	19.22	+6.95
20	10.42	17.37	+6.95
50	26.25	27.03	+0.77
100	40.93	45.17	+4.25

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบอัตราการระบุตัวตนก่อนและหลังปรับปรุง

ถึงแม้ระบบการปรับปรุงลายนิ้วมือแฝงด้วยเทคโนโลยี FingerGAN [1] และ SourceAFIS [2] แม้จะแสดงศักยภาพในการปรับปรุงคุณภาพลายนิ้วมือแฝงได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ยังมีข้อจำกัดสำคัญที่ต้องพิจารณา เช่น ความท้าทายจากสัญญาณรบกวนระดับสูงในลายนิ้วมือแฝง เมื่อต้องประมวลผลลายนิ้วมือแฝงที่มีสัญญาณรบกวนสูง (High Noise) จากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เช่น พื้นผิววัตถุที่ซับซ้อน สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อลายนิ้วมือแฝง และคุณภาพลายนิ้วมือแฝงที่ต่ำ



บทสรุป

โครงการวิจัยนี้ได้ดำเนินการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันที่มุ่งแก้ไขปัญหาด้านประสิทธิภาพและความสะดวกในการทำงานของผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการวิเคราะห์ลายนิ้วมือแฝง โดยระบบที่พัฒนาขึ้นอาศัยการผสมผสานรวมเทคโนโลยีขั้นสูงสองส่วนหลัก ได้แก่ FingerGAN [1] ซึ่งเป็นโมเดลปัญญาประดิษฐ์ประเภท Generative Adversarial Network (GAN) [3] ที่ได้รับการออกแบบมาเฉพาะสำหรับการปรับปรุงคุณภาพภาพลายนิ้วมือแฝง และ SourceAFIS [2] ซึ่งเป็นระบบการจับคู่ลายนิ้วมือ

จากการทดลอง พบว่าระบบนี้สามารถเพิ่มอัตราการจับคู่ลายนิ้วมือได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในกรณีของลายนิ้วมือแฝงที่มีระดับสัญญาณรบกวนปานกลางถึงสูง ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินผ่านเกณฑ์ Cumulative Match Characteristic (CMC) ที่แสดงให้เห็นถึงการปรับปรุงอัตราการจับคู่ถูกต้องในลำดับที่ 1-5 (Top-5) ได้มากกว่า 7% เมื่อเทียบกับวิธีการเดิม

ในแง่การใช้งานจริง ระบบนี้ได้รับการออกแบบให้รองรับการทำงานแบบ end-to-end ตั้งแต่ขั้นตอนการลงทะเบียนลายนิ้วมือผ่านเว็บอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่าย การปรับปรุงภาพด้วยเทคนิค GANs [3] และการจับคู่ลายนิ้วมือแบบเรียลไทม์ ซึ่งเหมาะสม

สำหรับการนำไปใช้ในหน่วยงานนิติวิทยาศาสตร์ที่มีปริมาณข้อมูลสูง

การอ้างอิง

- [1] Y. Zhu, X. Yin, and J. Hu, "FingerGAN: A constrained fingerprint generation scheme for latent fingerprint enhancement," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, p. 8358–8371, 2023.
- [2] R. Važan, "SourceAFIS," [Online]. Available: <https://sourceafis.machinezoo.com/>. [Accessed 22 March 2025].
- [3] I. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza, B. Xu, D. Warde-Farley, S. Ozair, A. Courville, and Y. Bengio, "Generative adversarial networks," *Communications of the ACM*, p. 139–144, 2020.