



ระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อการวิเคราะห์และคัดกรองอาการโรคผิวหนังเบื้องต้น

จากภาพถ่ายและอาการผู้ป่วย

AI System for Preliminary Skin Condition Analysis and Screening Using Images and Patient Symptoms

ภูมิพิรภัทร โนราช¹, ปณณวิชญ์ ปัญญาบุญ¹, ปรมิ เอี่ยมสำอางค์¹

สงกรานต์ บุคตะวงศ์², สิทธิวิศร์ เปล่งแสงศรี²

¹โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬารามราชวิทยาลัย เลย์, ถนนชนบทสายห้วยพอด – ภูบ่อปิด ตำบลธาตุ อำเภอลำลูกกา จังหวัดลพบุรี 42110

*E-mail: phumpeerapat05624@pcshsloei.ac.th

บทคัดย่อ

โรคผิวหนังเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญของโลก โดยหลายโรคมีลักษณะอาการในระยะเริ่มต้นคล้ายคลึงกัน ส่งผลให้การประเมินอาการด้วยตนเองทำได้ยากและอาจทำให้การรักษาล่าช้า โครงการนี้จึงพัฒนา DermaVision AI ระบบปัญญาประดิษฐ์บนแพลตฟอร์มเว็บสำหรับการคัดกรองโรคผิวหนังเบื้องต้น เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจด้านสุขภาพ และเพิ่มโอกาสในการตรวจพบโรคตั้งแต่ระยะเริ่มต้น ระบบได้รับการออกแบบภายใต้แนวคิด AI-Powered Clinical Decision Support System และประยุกต์ใช้แนวทาง Hybrid Analysis โดยผสมผสานการวิเคราะห์ภาพรอยโรคด้วยเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) ร่วมกับข้อมูลอาการและปัจจัยเสี่ยงของผู้ใช้งานผ่านกลไก Rule-based Symptom Fusion แบบจำลองได้รับการพัฒนาจากชุดข้อมูลภาพโรคผิวหนังสาธารณะ 4,450 ภาพ ครอบคลุม 9 ประเภท และผ่านกระบวนการ Image Preprocessing และ Data Augmentation จนมีข้อมูลสำหรับฝึกสอนมากกว่า 10,000 ภาพ ก่อนเชื่อมต่อเข้ากับเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการคัดกรองและประเมินความเสี่ยงเบื้องต้น ผลการประเมินพบว่าระบบมีค่า Accuracy 92.6%, Macro Precision 92.5%, Macro Recall 92.5% และ Macro F1-score 92.4% แสดงให้เห็นว่าแนวทาง Hybrid Analysis สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของการคัดกรองโรคผิวหนังได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิกเพื่อประยุกต์ใช้ในระบบสุขภาพดิจิทัลในอนาคต

คำสำคัญ: ปัญญาประดิษฐ์, การคัดกรองโรคผิวหนัง, การเรียนรู้เชิงลึก, Hybrid Analysis, ระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิก, สุขภาพดิจิทัล

1. บทนำ

โรคผิวหนังเป็นปัญหาสาธารณสุขที่พบได้บ่อย และส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตของประชากรทั่วโลก ตั้งแต่โรคผิวหนังอักเสบ โรคติดเชื้อ ไปจนถึงมะเร็งผิวหนัง ซึ่งจำเป็นต้องได้รับการตรวจพบตั้งแต่ระยะเริ่มต้นเพื่อเพิ่มโอกาสในการรักษา อย่างไรก็ตาม โรคผิวหนังหลายชนิดมีลักษณะทางคลินิกคล้ายคลึงกัน และการเข้าถึงแพทย์

เฉพาะทางด้านผิวหนังยังมีข้อจำกัด โดยเฉพาะในพื้นที่ห่างไกล ส่งผลให้การวินิจฉัยและการรักษาเกิดความล่าช้า (WHO, 2021)

ปัจจุบัน เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ โดยเฉพาะ Deep Learning และ Computer Vision ได้รับการประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ และมีศักยภาพในการจำแนกโรคผิวหนังได้อย่างแม่นยำ (Esteva

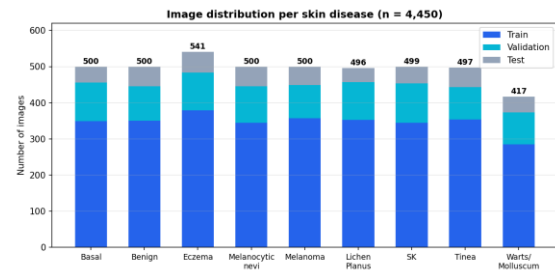
et al., 2017) อย่างไรก็ตาม ระบบส่วนใหญ่ยังอาศัยข้อมูลภาพเพียงอย่างเดียว และยังขาดการบูรณาการข้อมูลทางคลินิกที่มีความสำคัญต่อการประเมินโรค

ด้วยเหตุนี้ คณะผู้จัดทำจึงพัฒนา DermaVision AI ระบบปัญญาประดิษฐ์สำหรับการคัดกรองโรคผิวหนังเบื้องต้นบนแพลตฟอร์มเว็บ โดยประยุกต์ใช้ Deep Learning ร่วมกับแนวคิด Hybrid Analysis เพื่อผสานข้อมูลภาพ ข้อมูลอาการ และปัจจัยเสี่ยงของผู้ใช้งาน ภายใต้แนวคิด AI-Powered Clinical Decision Support System เพื่อเพิ่มความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของการคัดกรอง สนับสนุนการตรวจพบโรคตั้งแต่ระยะเริ่มต้น ลดความเหลื่อมล้ำในการเข้าถึงบริการสาธารณสุข และส่งเสริมการพัฒนาาระบบสุขภาพดิจิทัลที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

2. วิธีดำเนินการ

2.1 แหล่งข้อมูลและชุดข้อมูล

โครงการนี้ใช้ชุดข้อมูลภาพโรคผิวหนังสาธารณะจากแพลตฟอร์ม Kaggle จำนวน 4,450 ภาพ ครอบคลุมโรคผิวหนัง 9 ประเภท และจัดการข้อมูลบนแพลตฟอร์ม Roboflow โดยแบ่งเป็นชุดฝึกสอน (Training Set) ชุดตรวจสอบความถูกต้อง (Validation Set) และชุดทดสอบ (Test Set) ในสัดส่วน 70:20:10 ชุดข้อมูลมีการกระจายตัวของแต่ละคลาสอย่างสมดุล ช่วยลดปัญหา Class Imbalance นอกจากนี้ ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค Data Augmentation เพื่อเพิ่มความหลากหลายของข้อมูล ส่งผลให้ชุดข้อมูลสำหรับฝึกสอนมีมากกว่า 10,000 ภาพ ซึ่งช่วยลดปัญหา Overfitting และเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลองในการจำแนกโรคผิวหนังจากภาพถ่ายในสภาพแวดล้อมจริง



ภาพที่ 1 การกระจายตัวของข้อมูลภาพต้นฉบับแต่ละโรค

(n = 4,450 ก่อน augmentation)

2.2 การเตรียมและปรับปรุงข้อมูล

(Preprocessing & Augmentation)

ก่อนการฝึกแบบจำลอง ภาพทั้งหมดถูกปรับขนาดเป็น 512×512 พิกเซล และผ่านกระบวนการ Data Augmentation ได้แก่ Horizontal Flip, Rotation และ Brightness/Contrast Adjustment เพื่อเพิ่มความหลากหลายของข้อมูล ลดปัญหา Overfitting และเพิ่มความสามารถในการจำแนกภาพภายใต้สภาพแวดล้อมที่หลากหลาย สำหรับการพัฒนาแบบจำลอง ใช้แนวทาง Image Classification เพื่อจำแนกชนิดของโรคจากภาพรอยโรคผิวหนังทั้งภาพ โดยไม่ใช้เทคนิค Image Segmentation หรือ Object Detection

2.3 สถาปัตยกรรมของแบบจำลอง (Model Architecture)

2.3.1 ภาพรวมของสถาปัตยกรรมแบบจำลอง (Overview of the Model Architecture)

ระบบ DermaVision AI ได้รับการออกแบบบนพื้นฐานของเทคโนโลยีการเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) สำหรับงานวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน (CNN) ร่วมกับเทคนิค Transfer Learning เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้จากชุดข้อมูลเฉพาะทางและลดข้อจำกัดด้านปริมาณข้อมูลฝึกสอน แบบจำลองได้รับการพัฒนาบนแพลตฟอร์ม Roboflow และเชื่อมต่อเข้ากับระบบเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการคัดกรองโรคผิวหนังเบื้องต้น

2.3.2 แบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ (AI Model Architecture)

DermaVision AI พัฒนาระบบพื้นฐานของเทคโนโลยี Deep Learning โดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (CNN) ร่วมกับเทคนิค Transfer Learning เพื่อจำแนกโรคผิวหนัง 9 กลุ่ม พร้อมแสดงความเชื่อมั่นของผลการวิเคราะห์ จากนั้นผลลัพธ์จะถูกบูรณาการร่วมกับข้อมูลอาการและปัจจัยเสี่ยงของผู้ใช้งานภายใต้แนวคิด Hybrid Analysis และกลไก Rule-based Symptom Fusion ก่อนส่งเข้าสู่ระบบ AI-Powered Clinical Decision Support System (AI-CDSS) เพื่อประเมินระดับความเสี่ยง สร้างรายงานทางการแพทย์อัตโนมัติ และสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิกเบื้องต้น ทั้งนี้ ระบบได้รับการออกแบบเพื่อเป็นเครื่องมือช่วยคัดกรอง มิได้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดแทนการวินิจฉัยของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

2.4 การบูรณาการข้อมูลอาการด้วยกลไก Rule-based Symptom Fusion (Rule-based Symptom Fusion)

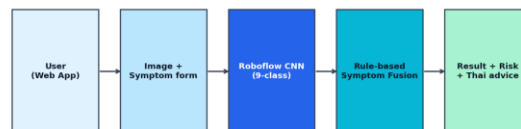
DermaVision AI ประยุกต์ใช้แนวคิด Hybrid Analysis หรือ Multimodal Data Fusion โดยบูรณาการผลการวิเคราะห์ภาพรอยโรคร่วมกับข้อมูลอาการและปัจจัยเสี่ยงของผู้ใช้งาน เพื่อเพิ่มความแม่นยำและคำแนะนำเชื่อถือของการคัดกรองโรคผิวหนัง ข้อมูลทางคลินิกถูกประมวลผลผ่านกลไก Rule-based Symptom Fusion ซึ่งอ้างอิงหลักการคัดกรองทางการแพทย์ ก่อนนำมาประเมินร่วมกับผลลัพธ์จากแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ เพื่อปรับระดับความเสี่ยงและให้คำแนะนำเบื้องต้นแก่ผู้ใช้งาน การบูรณาการข้อมูลหลายมิติช่วยลดข้อจำกัดของการวิเคราะห์จากภาพเพียงอย่างเดียว และยกระดับระบบสู่ AI-Powered Clinical Decision Support System (AI-CDSS) สำหรับสนับสนุนการคัดกรองและการตัดสินใจทางคลินิกเบื้องต้น โดยมีได้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดแทนการวินิจฉัยของแพทย์ผู้เชี่ยวชาญ

2.5 การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน DermaVision AI

AI

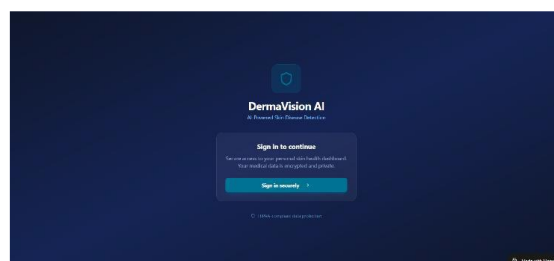
พัฒนาในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการคัดกรองโรคผิวหนัง โดยผู้ใช้งานสามารถอัปโหลดภาพรอยโรคและกรอกข้อมูลอาการ ก่อนที่ระบบจะประมวลผลด้วยปัญญาประดิษฐ์ร่วมกับแนวคิด Hybrid Analysis เพื่อแสดงชนิดของโรค ค่าความเชื่อมั่น ระดับความเสี่ยง และคำแนะนำเบื้องต้น พร้อมรองรับการบันทึกและติดตามผลการประเมิน นอกจากนี้ ระบบยังประยุกต์ใช้ Large Language Model (LLM) เพื่อสร้างรายงานทางการแพทย์อัตโนมัติ รองรับทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมแสดง Confidence Breakdown เพื่อเพิ่มความโปร่งใสของผลลัพธ์ และยกระดับระบบสู่ AI-Powered Clinical Decision Support System (AI-CDSS) สำหรับการประยุกต์ใช้ในระบบสุขภาพดิจิทัล

DermaVision AI – System Architecture (Hybrid Analysis)

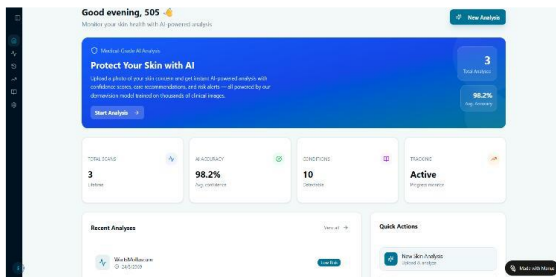


ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมการทำงานของระบบ (DermaVision AI)

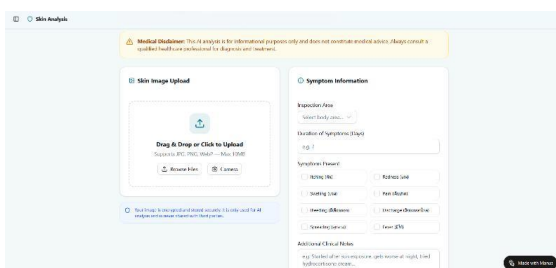
2.6 ข้อมูลรูปภาพในเว็บไซต์



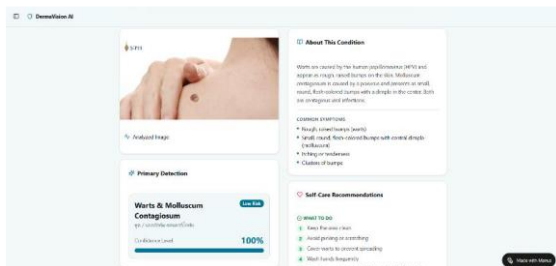
ภาพที่ 3 หน้าเข้าสู่ระบบ (Login Interface) ของ DermaVision AI สำหรับยืนยันตัวตนผู้ใช้งานก่อนเข้าสู่ระบบคัดกรองโรคผิวหนังด้วยปัญญาประดิษฐ์



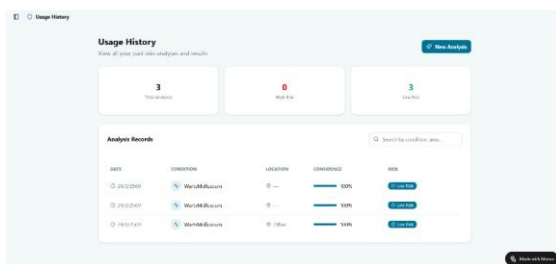
ภาพที่ 4 แสดงหน้า Dashboard หลักของระบบ แสดงภาพรวมการทำงานของ AI ข้อมูลผลการวิเคราะห์ ความแม่นยำ และประวัติการใช้งาน พร้อมให้ผู้เริ่มวิเคราะห์ได้ทันที



ภาพที่ 5 หน้าแสดงเป็นหน้า Skin Analysis สำหรับอัปโหลดภาพผิวหนังและกรอกข้อมูลอาการ เพื่อให้ระบบ AI นำไปวิเคราะห์และประเมินอาการเบื้องต้นอย่างแม่นยำ



ภาพที่ 6 หน้าแสดงเป็นหน้า ผลการวิเคราะห์ (Analysis Result) ที่แสดงภาพที่ตรวจ วิเคราะห์โดย AI พร้อมระบุชนิดของอาการ ระดับความเสี่ยง และความมั่นใจของผลลัพธ์ รวมถึงข้อมูลโรคและคำแนะนำในการดูแลตนเองอย่างเหมาะสม



ภาพที่ 7 หน้าแสดงเป็นหน้า Usage History สำหรับแสดงประวัติการวิเคราะห์ทั้งหมดของผู้ใช้งาน พร้อมข้อมูลผลลัพธ์ ระดับความเสี่ยง และความแม่นยำ เพื่อให้สามารถติดตามและทบทวนผลการประเมินย้อนหลังได้อย่างสะดวก



ภาพที่ 8 แสดงหน้าจอการตั้งค่าและความเป็นส่วนตัว (Settings & Privacy) สำหรับจัดการข้อมูลผู้ใช้งานและกำหนดค่าความปลอดภัยของข้อมูลส่วนบุคคลภายในระบบ

2.6 การประเมินผล

ประสิทธิภาพของแบบจำลองได้รับการประเมินบนชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set) จำนวน 445 ภาพ ซึ่งไม่เคยใช้ในกระบวนการฝึกสอน เพื่อประเมินความสามารถในการจำแนกโรคผิวหนังจากข้อมูลใหม่ โดยเปรียบเทียบผลการทำนายกับค่าความจริงอ้างอิง (Ground Truth) และประเมินด้วยตัวชี้วัดมาตรฐาน ได้แก่ Accuracy, Precision, Recall และ F1-score นอกจากนี้ ยังวิเคราะห์ผลด้วย Confusion Matrix เพื่อประเมินความถูกต้องของการจำแนกและรูปแบบความสับสนระหว่างกลุ่มโรค รวมถึงประเมินประสิทธิภาพของแนวทาง Hybrid Analysis ในการเพิ่มความแม่นยำและความน่าเชื่อถือของการคัดกรองโรคผิวหนังเบื้องต้น

3. ผลการทดลอง

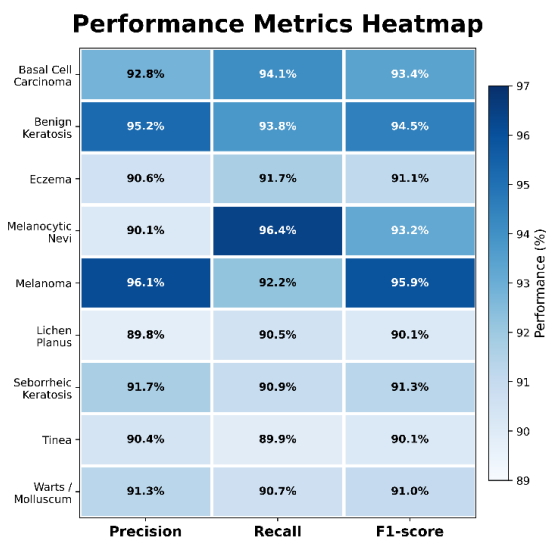
3.1 ตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินผล

ประสิทธิภาพของแบบจำลอง DermaVision AI ได้รับการประเมินด้วยตัวชี้วัดมาตรฐานสำหรับงานจำแนกข้อมูลหลายประเภท (Multi-class Classification) ได้แก่ Accuracy, Precision, Recall และ F1-score โดย Accuracy ใช้ประเมินความถูกต้องโดยรวมของแบบจำลอง ส่วน Precision และ Recall ใช้วัดความ

แม่นยำของการทำนายและความสามารถในการตรวจจับโรคตามลำดับ ขณะที่ F1-score ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยแบบฮาร์มอนิกของ Precision และ Recall ใช้ประเมินสมดุลของประสิทธิภาพในการจำแนกโรค โดยเฉพาะในกรณีที่ข้อมูลแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน

3.2 ผลข้อมูลเชิงปริมาณ

จากการประเมินแบบจำลองด้วยชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set) ที่ไม่เคยใช้ในกระบวนการฝึกสอนพบว่า DermaVision AI มีประสิทธิภาพในการจำแนกโรคผิวหนังอยู่ในระดับสูง โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวม (Accuracy) เท่ากับ 92.6% และมีค่าเฉลี่ย Macro Precision, Macro Recall และ Macro F1-score เท่ากับ 92.5%, 92.5% และ 92.4% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความสามารถในการทำนายและตรวจจับโรคได้อย่างสมดุลในทุกกลุ่มข้อมูล



ภาพที่ 7 แสดงประสิทธิภาพของแบบจำลอง

DermaVision AI ในการจำแนกโรคผิวหนัง 9 ประเภท

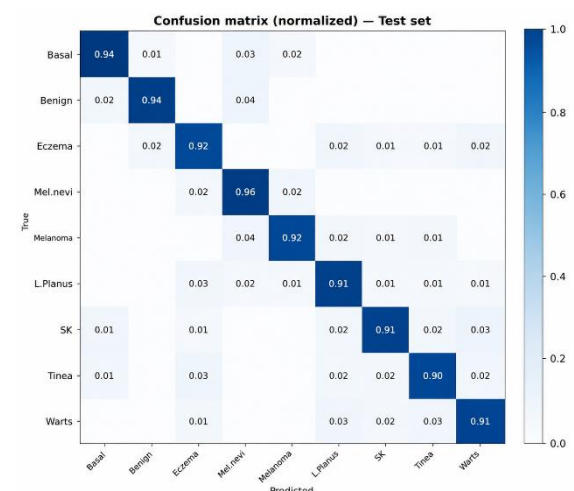
3.3 ผลการทดลองการจำแนกประเภทรอยโรคผิวหนัง (Skin Lesion Classification Results)

3.3.1 ตัวชี้วัดที่ใช้ในการประเมินผล (Performance Evaluation Metrics)

การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองดำเนินการบนชุดข้อมูลทดสอบ (Test Set) จำนวน 445 ภาพ ซึ่งไม่เคยใช้ในการฝึกสอน โดยประเมินผลด้วย

ตัวชี้วัดมาตรฐานสำหรับงานจำแนกภาพทางการแพทย์ ได้แก่ Accuracy, Precision, Recall และ F1-score ร่วมกับการวิเคราะห์ Normalized Confusion Matrix เพื่อประเมินความสามารถในการจำแนกและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละกลุ่มโรค นอกจากนี้ ยังนำเสนอผลในรูปแบบ Performance Heatmap เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองในแต่ละกลุ่มโรคอย่างเป็นระบบ

3.4 ผลลัพธ์การจำแนกรอยโรคผิวหนัง (Classification Performance)



ภาพที่ 8 Normalized Confusion Matrix ของแบบจำลอง

ผลการวิเคราะห์พบว่าค่าบนแนวทแยงหลัก (Diagonal Elements) มีค่าสูงในเกือบทุกกลุ่มโรค สะท้อนถึงความสามารถของแบบจำลองในการจำแนกโรคได้อย่างถูกต้อง และมีความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มโรคในระดับต่ำ ดังภาพ Normalized Confusion Matrix

4. สรุปและอภิปรายผล

4.1 อภิปรายผลการทดลอง

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการบูรณาการข้อมูลภาพร่วมกับข้อมูลอาการตามแนวคิด Hybrid Analysis สามารถยกระดับประสิทธิภาพของการคัดกรองโรคผิวหนังได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยแบบจำลองให้ผลการจำแนกที่โดดเด่นในกลุ่มโรคที่มีความสำคัญทางคลินิกสูง



เช่น Melanoma และ Basal Cell Carcinoma ซึ่งการตรวจพบตั้งแต่ระยะเริ่มต้นมีความสำคัญต่อการรักษาและการลดอัตราการเสียชีวิต นอกจากนี้ การผสมผสานข้อมูลอาการและปัจจัยเสี่ยงยังช่วยลดความสับสนระหว่างโรคที่มีลักษณะทางคลินิกใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ระบบมีความน่าเชื่อถือมากกว่าการใช้การวิเคราะห์ภาพเพียงรูปแบบเดียว และแสดงศักยภาพในการพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจทางคลินิกในอนาคต

4.2 สรุปผลการทดลอง

โครงการนี้ได้พัฒนา DermaVision AI ระบบปัญญาประดิษฐ์บนแพลตฟอร์มเว็บสำหรับการคัดกรองโรคผิวหนังเบื้องต้น โดยประยุกต์ใช้แนวคิด AI-Powered Clinical Decision Support System ร่วมกับ Hybrid Analysis ซึ่งบูรณาการการวิเคราะห์ภาพรอยโรคด้วยเทคโนโลยี Deep Learning และข้อมูลอาการของผู้ใช้งานแบบจำลองได้รับการพัฒนาจากชุดข้อมูลภาพโรคผิวหนัง 4,450 ภาพ ครอบคลุม 9 ประเภท และผ่านกระบวนการ Data Augmentation จนมีข้อมูลฝึกสอนมากกว่า 10,000 ภาพ ระบบรองรับการคัดกรอง ประเมินความเสี่ยง ติดตามอาการ และสร้างรายงานทางการแพทย์อัตโนมัติ ผลการประเมินพบว่าแบบจำลองมีค่า Accuracy 92.6%, Macro Precision 92.5%, Macro Recall 92.5% และ Macro F1-score 92.4% สะท้อนถึงประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือในการสนับสนุนการคัดกรองโรคผิวหนังเบื้องต้น

ข้อเสนอแนะ

เพื่อเพิ่มศักยภาพของระบบในอนาคต ควรขยายชุดข้อมูลให้ครอบคลุมความหลากหลายของรอยโรค สีผิว และประชากรจากแหล่งข้อมูลทางคลินิก รวมทั้งพัฒนาแบบจำลองสู่ Multimodal AI แบบ End-to-End ที่สามารถเรียนรู้ข้อมูลภาพและข้อมูลทางคลินิกร่วมกันได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนี้ การประยุกต์ใช้ Explainable AI (XAI) จะช่วยเพิ่มความโปร่งใสและความสามารถในการอธิบายผลลัพธ์ของแบบจำลอง ขณะที่การประเมินระบบ

ร่วมกับแพทย์ผู้เชี่ยวชาญและการทดสอบในสถานการณ์จริงจะเป็นขั้นตอนสำคัญในการยืนยันประสิทธิภาพและสนับสนุนการนำ DermaVision AI ไปประยุกต์ใช้ในระบบสุขภาพดิจิทัล และการแพทย์แม่นยำในอนาคต

คณะกรรมการพิจารณาขอขอบพระคุณ นายสงกรานต์ บุตตะวงศ์ และ นายสิทธิวิทย์ร์ เปล่งแสงศรี ครูที่ปรึกษาโครงการ สำหรับคำแนะนำและการสนับสนุนทางวิชาการ อันเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานวิจัย รวมถึงขอขอบคุณโรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ อุปกรณ์ และทรัพยากร ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาและความสำเร็จของโครงการ

เอกสารอ้างอิง

- Abbas, Q., Celebi, M. E., & García, I. F. (2013). Skin tumor area extraction using an improved dynamic programming approach. *Skin Research and Technology*, 19(1), e490–e496.
- Brinker, T. J., Hekler, A., Enk, A. H., Klode, J., Hauschild, A., Berking, C., et al. (2019). Deep learning outperformed 136 dermatologists in a head-to-head dermoscopic melanoma image classification task. *European Journal of Cancer*, 113, 47–54.
- Codella, N. C. F., Rotemberg, V., Tschandl, P., Celebi, M. E., Dusza, S. W., Gutman, D., et al. (2019). Skin lesion analysis toward melanoma detection: A challenge at the International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI). *Scientific Data*, 6, 233.
- Daneshjou, R., Vodrahalli, K., Liang, W., Novoa, R. A., Jenkins, M., Rotemberg, V., et al. (2022). Disparities in dermatology AI: Assessments using diverse clinical images. *NPJ Digital Medicine*.
- Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017).