รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบการวิเคราะห์บุคคลโดยใช้แรงกดของเท้า

Footprint pressure-based personal recognition

รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบการวิเคราะห์บุคคลโดยใช้แรงกดของเท้า

Footprint pressure-based personal recognition

รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ระบบการวิเคราะห์บุคคลโดยใช้แรงกดของเท้า
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 100,000 บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2561 ถึง 30กันยายน 2562
ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด
หัวหน้าโครงการวิจัย : รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ ภาควิชา วิศกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
ผู้ร่วมโครงการวิจัย : นายธนภณ เกียรติสมาน ภาควิชา วิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

ในมนุษย์นั้น แรงกดของเท้าเป็นหนึ่งในระบบของข้อมูลทางชีวภาพ ทุกคนย่อมมีแรงกดของเท้าที่แตกต่างกัน สามารถช่วยสนับสนุนแพทย์ในการวินิจฉัยโรคที่เกี่ยวกับเท้าได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ซึ่งมีปัญหาด้านการรับรู้ความรู้สึกที่เท้า ผู้ป่วยจะไม่รู้สึกถึงความเจ็บปวดต่อแผลกดทับ ณ ตำแหน่งที่มีแรงกดสูง นอกจากนี้แรงกดของเท้าที่เฉพาะเจาะจงในแต่ละคนนั้นสามารถนำไปใช้ในระบบการยืนยันตัวตนเนื่องจากเป็นระบบข้อมูลทางชีวภาพซึ่งมีความปลอดภัยมากกว่าการยืนยันด้วยรหัสผ่าน การยันยันด้วยรหัสผ่านนั้นไม่สามารถยืนยันได้แน่ชัดว่าผู้ที่เข้าใช้นั้นเป็นผู้ใช้จริงหรือไม่ ระบบข้อมูลทางชีวภาพนั้นจึงมีบทบาทในการยืนยันตัวตนนี้ แรงกดของเท้าจึงสามารถเป็นอีกทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ได้ ด้วยเหตุนี้จึงมีความสนใจในการนำรูปแบบของแรงกดเท้านี้มาใช้ในการวิเคราะห์บุคคลเพื่อการวินิจฉัยทางการแพทย์และการแยกแยะบุคคล ในงานวิจัยนี้ ได้บันทึกผลแรงกดของเท้าจากคนจำนวน 65 คน ซึ่งได้อัตราการแยกแยะอยู่ที่ 90.56 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการเรียนรู้เชิงลึกแบบโครงข่ายประสาทเทียม

คำสำคัญ : รอยเท้า, แรงกดของเท้า, ข้อมูลทางชีวภาพ, การประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Footprint pressure-based personal recognition

Researcher: Chuchart Pintavirooj, Tanapon Keatsamarn

Faculty: Engineering **Department:** Biomedical Engineering

ABSTRACT

In human, footprint pressure is the biometric system. Everyone has specific pressure patterns. It can help doctors diagnose foot-related diseases. Especially in diabetic patients, who have a problem caused by lack of sensation in the foot, they don't feel any pain when they have ulcers at the high-pressure point. In addition, The specific pressure patterns can be used instead of user authentication because the biometric system is more secure than the password-based system. The password-based system cannot verify that the person who entered the password is valid or not. Therefore the specific pressure patterns are the alternative to user authentication or patient classification. For these reasons, it's interesting to use footprint pressure patterns in personal recognition for diagnosing and classification. In this paper, we used the footprint pressure patterns to identify n = 65 subjects with classification rates of 90.56% using convolutional neural network training for deep learning classification.

Keywords : Footprint, Foot pressure, Biometric, Image processing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้จากความช่วยเหลือของหลายฝ่ายทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งสำเร็จลงไม่ได้หากไม่ได้รับความร่วมมือของคณะอาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้งในด้านการแนะนำให้คำปรึกษา รวมไปถึงสถานที่ในการทำวิจัย การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนงบประมาณเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์
นายธนภณ เกียรติสมาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญภาพ ..... จ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 หลักการและเหตุผลของโครงงานวิจัย 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 1

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 1

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย 1

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 3

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 16

3.1 กลุ่มตัวอย่างในการเก็บบันทึกผลการวิจัย 16

3.2 ระบบฮาร์ดแวร์เพื่อบันทึกผลแรงกดของเท้า 16

3.3 ระบบซอฟต์แวร์ 18

บทที่ 4 ผลการวิจัย 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 22

5.1 สรุปผลการวิจัย 22

5.2 ข้อเสนอแนะ 22

บทที่ 6 **สรุปผลผลิตงานวิจัย** 23

บรรณานุกรม 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ลักษณะของเท้า 4
2.2 การแบ่งพื้นที่ในการหาค่าดัชนีความโค้ง 5
2.3 แรงกด หรือ ความดัน 6
2.4 การเปรียบเทียบภาพ (ก.) ภาพแบบเวกเตอร์ และ (ข.) ภาพแบบบิตแมป 9
2.5 ภาพแบบไบนารี (Binary image) 9
2.6 ภาพระดับเทา (Grayscale image) 10
2.7 ภาพสี (Color image) 10
2.8 ภาพแบบอินเด็กซ์ (Index Image) 11
2.9 ตัวอย่างการเปรียบเทียบกับตารางสีให้กลายเป็นภาพ 11
2.10 ภาพแสดงการทำฮิสโตแกรมของภาพโดยแยกตามแม่สีแสง 12
2.11 ตัวอย่างของการพิมพ์หมึกอย่างง่าย 13
2.12 ตัวอย่างภาพที่ได้จาก Harris Mat 13
2.13 ตัวอย่างการเรียงตัวของ pressure sensor 14
3.1 ระบบฮาร์ดแวร์เพื่อบันทึกผลแรงกดของเท้า 17
3.2 แสงที่ถูกหักเหและกระจายลงสู่กล้องดิจิตอลด้านล่าง 17
3.3 jet colormap 19
3.4 รูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียม 20
4.1 ภาพผลลัพธ์ตัวอย่างแบบสุ่ม 21
4.2 การทดสอบระบบที่ผ่านการเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลภาพชุดใหม่จากผู้ทดสอบกลุ่มเดิม 21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผลของโครงการวิจัย

อวัยวะหนึ่งที่เป็นโครงสร้างสำคัญในมนุษย์นั้น คือ เท้า ซึ่งเป็นส่วนที่จำเป็นในการรับน้ำหนักของร่างกายและช่วยในการเคลื่อนที่ของร่างกาย และรอยเท้าของมนุษย์นั้นเป็นระบบข้อมูลทางชีวภาพซึ่งมีความจำเพาะเจาะจงในแต่ละบุคคล มีลักษณะที่แตกต่างกันไป โดยทั่วไปนั้นแต่ละคนนั้นไม่ทราบถึงลักษณะและสภาวะของเท้าเป็นอย่างไร มีความผิดปกติหรือไม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยโรคเบาหวาน มักจะประสบปัญหาในด้านการรับรู้ความรู้สึกโดยเฉพาะในบริเวณเท้า อาจจะไม่สามารถรับรู้ความเจ็บปวดจากบาดแผลกดทับหรือตำแหน่งที่เกิดแรงกดสูง ส่งผลให้เกิดเป็นแผลเรื้อรังและปัญหาอื่นๆตามมาภายหลัง การตรวจสอบและการวินิจฉัยจากแพทย์จึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งแพทย์สามารถตรวจวินิจฉัยได้ด้วยตาเปล่าและรักษาได้ทันที แต่อย่างไรก็ตามแพทย์ไม่สามารถตรวจวินิจฉัยในเรื่องที่ละเอียดมากขึ้น เช่น ความสมดุลของร่างกาย การถ่ายโอนน้ำหนักในสภาวะต่างๆ จึงจำเป็นต้องใช้แรงกดของเท้าที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละคน ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่สร้างระบบการบันทึกผลแรงกดของเท้าเพื่อสนับสนุนแพทย์ในการวินิจฉัย นอกจากนี้ เนื่องจากรอยเท้าของแต่ละคนนั้นมีลักษณะเพาะแตกต่างกัน ทำให้สามารถสร้างระบบแสดงผลปรงกดของเท้าและระบบการยืนยันตัวตนโดยใช้รอยเท้าในการระบุผ่านการเรียนรู้ของระบบด้วยการเรียนรู้เชิงลึก (deep learning) เพื่อใช้ในการระบุตัวตนและง่ายต่อการเปรียบกับกับข้อมูลที่มีอยู่เดิมในระบบ ใช้เพื่อดูผลการรักษาหรือความก้าวหน้าของการกายภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อสนับสนุนการวินิจฉัยและการรักษาของแพทย์

1.2.2 เพื่อพัฒนาระบบการแสดงผลและการยืนยันตัวตนโดยใช้แรงกดเท้า

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

สร้างระบบแสดงผลและยืนยันตัวตนโดยใช้แรงกดเท้าผ่านระบบการเรียนรู้เชิงลึก

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

โครงการวิจัยนี้ประกอบด้วยกระบวนการดำเนินงาน ดังนี้

1.4.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ออกแบบระบบฮาร์ดแวร์เพื่อบันทึกผลแรงกดของเท้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.3 จัดหาวัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในงานวิจัย และ สร้างระบบฮาร์ดแวร์ขึ้นตามการออกแบบ

1.4.4 ขั้นตอนที่ 4 ออกแบบและสร้างโปรแกรมเพื่อการแสดงผลและการยืนยันตัวตน

1.4.5 ทดสอบผลการทำงานของการแสดงผลและพัฒนาให้มีความเสถียร

1.4.6 ทดสอบผลการทำงานของการยืนยันตัวตนและพัฒนาให้มีความเสถียร

1.4.7 ทดสอบผลการทำงานของระบบการแสดงผลและการยืนยันตัวตน และพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำงานวิจัยไปใช้ในการสนับสนุนการวินิจฉัยและการรักษาของแพทย์

1.4.2 เกิดการพัฒนาระบบการแสดงผลและการยืนยันตัวตนโดยใช้แรงกดเท้า

1.4.3 เรียนรู้เทคโนโลยีที่สามารถใช้ในทางการแพทย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของฝ่าเท้า

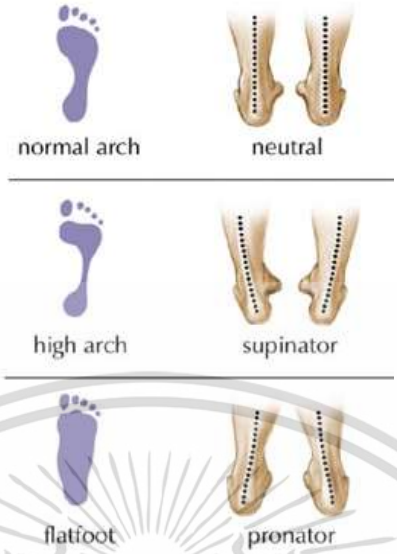
โดยทั่วไปแล้วจะสามารถแบ่งลักษณะของฝ่าเท้าได้ 3 แบบ ดังนี้

2.1.1.1 เท้าปกติ (Normal Arch) ลักษณะเท้าแบบนี้เราสามารถพบได้ทั่วไป โดยเท้าลักษณะแบบนี้จะมีอุ้งเท้าที่ช่วยในการลดแรงกระแทกที่เกิดขึ้น และช่วยให้การเคลื่อนไหวของร่างกายเป็นไปอย่างธรรมชาติ ซึ่งช่วยทำให้โอกาสที่จะเกิดอาการบาดเจ็บลดน้อยลง

2.1.1.2 เท้าโก่ง (High Arch) ลักษณะเท้าแบบนี้เราจะมีโอกาสพบน้อย โดยเท้าลักษณะนี้จะมีความโค้งของอุ้งเท้ามากกว่าปกติ และมีโอกาสเกิดอาการเท้าเอียงออกด้านนอกมากกว่าปกติ (Supination) ในขณะเดินหรือวิ่งได้ ซึ่งอาการดังกล่าวเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดอาการข้อเท้าพลิกได้ง่ายขณะวิ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าวิ่งในพื้นที่ผิวไม่เรียบ เนื่องจากเท้าลักษณะนี้จะมีความยืดหยุ่นค่อนข้างต่ำทำให้การเคลื่อนไหวของเท้าไม่สามารถทำได้อย่างที่ควรจะเป็น

2.1.1.3 เท้าแบน (Flat Foot) ลักษณะเท้าแบบนี้มักจะมีโอกาสพบรองลงมาเทียบกับเท้าปกติ โดยเท้าลักษณะนี้จะมีความโค้งของอุ้งเท้าน้อยมาก ทำให้ข้อเท้าและหัวเข่าต้องรับแรงกระแทกที่เกิดขึ้นในขณะเดินหรือวิ่งมากกว่าที่ควรจะเป็น นอกจากนี้ยังมีโอกาสเกิดเท้าเอียงเข้าด้านใน (Overpronation) ในขณะเดินหรือวิ่งได้ ซึ่งอาการดังกล่าวสามารถก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บตามมาได้อย่างมากมาย เช่น เอ็นร้อยหวายอักเสบ, ปวดบริเวณอุ้งฝ่าเท้า, ปวดบริเวณกระดูกฝ่าเท้าหรือเอ็นฝ่าเท้า, ปวดบริเวณส้นเท้า, ปวดข้อเข่า, ปวดบริเวณสันหน้าแข้ง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก.) (ข.)

ภาพที่ 2.1 ลักษณะของเท้า (ก.) การลงน้ำหนัก (ข.) อาการเท้าเอียง

ที่มา : https://www.footsiam.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=2147548919&Ntype=1

2.1.2 ค่าดัชนีความโค้ง (Arch Index)

ในการวินิจฉัยความผิดปกติของฝ่าเท้านั้น ได้ใช้ค่าดัชนีความโค้ง (Arch Index) โดยอ้างอิงจากงานวิจัย Standardizing Foot-Type Classification Using Arch Index Values [3] ซึ่งเป็นการหาอัตราส่วนของพื้นที่ตรงกลางเทียบกับพื้นที่ของแรงกดทั้งหมด เป็นการคำนวนหาพื้นที่ของเท้าว่าบริเวณตรงกลางของฝ่าเท้านั้นมีอัตราส่วนเป็นเท่าใดเมื่อเทียบกับพื้นที่ทั้งหมด จึงสามารถนำมาใช้วินิจฉัยความผิดปกติของฝ่าเท้าได้ เนื่องจากความแตกต่างของลักษณะของฝ่าเท้านั้น จะแตกต่างกันที่บริเวณส่วนกลางจนเห็นได้ชัด จึงสามารถใช้อัตราส่วนนี้ในการวิเคราะห์ความแตกต่างได้ โดยการแบ่งพื้นที่ของแรงกดฝ่าเท้านั้นจะเป็นไปตามรูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.2 การแบ่งพื้นที่ในการหาค่าดัชนีความโค้ง

ที่มา : https://academiaromana.ro/sectii2002/proceedingsChemistry/doc2011-2/art02Colda.pdf

โดยสามารถหาค่า ดัชนีความโค้ง ได้จากสมการที่ 2.1

$$Arch\ Index(I) = \frac{B}{A+B+C} \tag{2.1}$$

เมื่อคำนวณค่าดัชนีความโค้งแล้ว การวินิจฉัยจะถูกแบ่งแยกออกเป็น 3 แบบ คือ เท้าโก่ง (High Arch) จะมีค่าดัชนีความโค้งน้อยกว่า 0.21 เท้าปกติ (Normal Arch) จะมีค่าดัชนีความโค้งอยู่ระหว่าง 0.21 ถึง 0.26 และ เท้าแบน (Flat Foot) จะมีค่าดัชนีความโค้งมากกว่า 0.26 ซึ่งสามารถนำผลการวินิจฉัยที่ได้ไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้

2.1.3 แรงกด (Pressure)

แรงกด หรือ ความดัน (pressure) เป็นปริมาณชนิดหนึ่งในทางฟิสิกส์ หมายถึง อัตราส่วนระหว่างแรงที่กระทำตั้งฉากซึ่งทำโดยของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ต่อพื้นที่ของสารใด ๆ (ของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส) ความดันเป็นปริมาณสเกลาร์ ซึ่งเป็นปริมาณที่มีแต่ขนาดไม่มีทิศทาง จากความหมายของความดันข้างต้นสามารถเขียนเป็นสูตรคณิตศาสตร์ (โดยทั่วไป) ได้ตามสมการที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$p = \frac{F}{A} \tag{2.2}$$

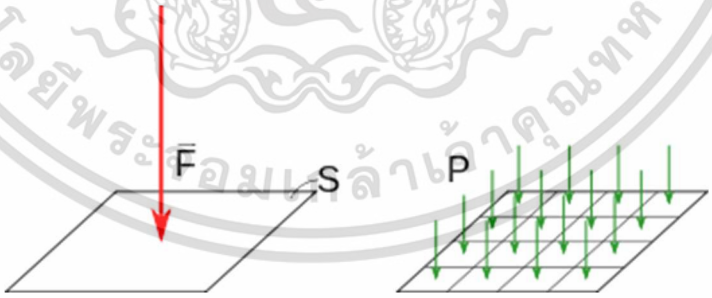
กำหนดให้

p คือ แรงกด หรือ ความดัน (Pressure)

F คือ แรงที่กระทำตั้งฉากกับพื้นผิวนั้น ๆ (Normal Force)

A คือ พื้นที่ (Area) หรืออาจใช้ S (Surface; พื้นผิว)

เนื่องจาก F มีหน่วยเป็น "นิวตัน" (N) และ A มีหน่วยเป็น "ตารางเมตร" (m^2) ความดันจึงมีหน่วยเป็น "นิวตันต่อตารางเมตร" (N/m^2; เขียนในรูปหน่วยฐานว่า $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}$) ในปี ค.ศ. 1971 (พ.ศ. 2514) มีการคิดค้นหน่วยของความดันขึ้นใหม่ เรียกว่า ปาสกาล (pascal, Pa) และกำหนดให้หน่วยชนิดนี้เป็นหน่วยเอสไอสำหรับความดัน โดยให้ 1 ปาสกาลมีค่าเท่ากับ 1 นิวตันต่อตารางเมตร (หรือ แรง 1 นิวตัน กระทำตั้งฉากกับพื้นที่ขนาด 1 ตารางเมตร) โดยความดัน 1 ปาสกาลจะมีค่าประมาณ แรงกดของธนบัตรหนึ่งดอลลาร์ที่วางอยู่เฉย ๆ บนโต๊ะราบ ซึ่งนับว่าเป็นขนาดที่เล็กมาก ดังนั้นในชีวิตประจำวันความดันทั้งหลายมักมีค่าตั้งแต่ "กิโลปาสกาล" (kPa) ขึ้นไป



ภาพที่ 2.3 แรงกด หรือ ความดัน

ที่มา : https://th.wikipedia.org/wiki/ความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 พื้นฐานภาพดิจิตอล

2.1.4.1 ภาพดิจิตอล

ภาพดิจิตอล เป็นการแสดงผลภาพในลักษณะสองมิติในหน่วยที่เรียกว่าพิกเซล

ภาพดิจิตอลสามารถนิยามเป็นฟังก์ชันสองมิติ $f(x,y)$ โดยที่ xและ y เป็นพิกัดของภาพ และ แอมพลิจูดของ fที่พิกัด (x,y) ใดๆภายในภาพคือค่าความเข้มแสงของภาพ (Intensity) ที่ตำแหน่งนั้นๆ และเมื่อ x,y และแอมพลิจูดของ f เป็นค่าจำกัด (Finite value) จึงเรียกรูปภาพนี้ว่าเป็นภาพดิจตอล (Digital Image) และถ้ากำหนดให้ภาพ $f(x,y)$ มีขนาด M แถวและ N คอลัมน์ และพิกัดของจุดกำเนิด (Origin) ของภาพคือที่ตำแหน่ง (x,y) = (0,0) แล้ว จะสามารถเขียนสมการให้อยู่ในรูปเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$f(x,y)=\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}$$

ค่าแต่ละค่าที่อยู่ในเมทริกซ์จะ เรียกว่า พิกเซล (Pixel) โดยตำแหน่ง (0,0) จะอยู่ทางด้านซ้ายมือสุดด้านบนของภาพ การจัดลำดับตำแหน่งของจุดภาพจะเรียงจากซ้ายไปขวาในแต่ละเส้นจุดและจัดลำดับของเส้นจุดจะเรียงจากบนลงล่างการเก็บค่าของความเข้มแสงของภาพดิจิตอลลงหน่วยความจำในลักษณะเส้นจุด (raster) นี้จะเรียกภาพบิตแมป (Bitmap image) หรือภาพ แรสเตอร์ (raster image) แต่ภาพที่จัดเก็บในลักษณะนี้จะมีขนาดใหญ่จึงมีการบีบอัดภาพ (image compression) เพื่อให้ข้อมูลภาพมีขนาดเล็กลง

การสร้างภาพดิจิตอลสามารถสร้างได้จากอุปกรณ์รับภาพ เช่น กล้องดิจิตอล (digital cameras) เครื่องกราดภาพ (scanners) เป็นต้น ภาพดิจิตอลยังสามารถสร้างโดยการสังเคราะห์จากสิ่งที่ไม่ใช่ข้อมูลภาพเช่น ฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ หรือ แบบจำลองเรขาคณิตแบบสามมิติซึ่งการสร้างภาพลักษณะนี้เป็นส่วนหนึ่งในงานด้านคอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์ (computer graphics)

คอมพิวเตอร์กราฟฟิกส์ (computer graphics) คือหนึ่งในศาสตร์ องค์ความรู้ ของระเบียบวิธีการแก้ปัญหาเชิงคอมพิวเตอร์ (computing methodology) ที่แก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องของภาพหรือการแสดงภาพ โดยเน้นการประมวลผลข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ ให้ข้อมูลนำเข้าเป็นข้อมูลตัวเลข ตัวอักษร หรือสัญญานต่างๆ แทน ตำแหน่งพิกัด สี รูปทรง ความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนแรกเริ่มต้นด้วยการสร้างแบบจำลอง (modeling) เพื่อแทนความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ เหล่านั้นให้สามารถประมวลผลได้ด้วยคอมพิวเตอร์ ตามด้วย การแปรเป็นภาพสุดท้าย หรือ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเร็นเดอร์ (render) เป็นการแปรหรือแสดงผลลัพธ์ทางอุปกรณ์แสดงผลลัพธ์ เช่น จอภาพ หรือ อุปกรณ์อื่น ๆ ออกมาเป็นภาพเชิงเรขาคณิต โดยมองเห็น รูปทรง สีสัน ลวดลาย ลายผิว หรือ ลักษณะแสงเงา รวมถึงข้อมูลอื่นๆ ของภาพ เช่น ข้อมูลการเคลื่อนไหว การเปลี่ยนแปลงลักษณะการเชื่อมต่อ และความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุหรือสิ่งของในภาพ

โดยทั่วไปแล้วเราสามารถที่จะแบ่งรูปภาพดิจิตอลออกเป็น 2 ประเภท คือ

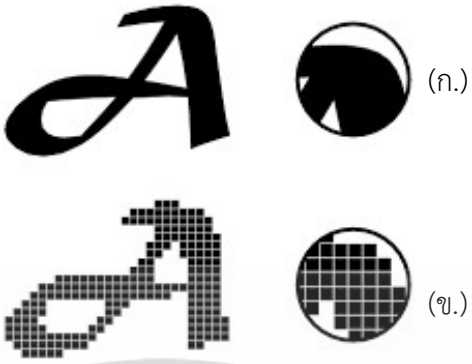
1.) ภาพแบบบิตแมป (Bitmap Image)

ภาพบิตแมป เป็นภาพที่ประกอบขึ้นจากจุดขนาดเล็ก ๆ หรือที่เรียกว่าพิกเซล จำนวนมากที่เรียงต่อกันจนเป็นภาพภาพหนึ่ง เพื่อให้เห็นภาพลักษณะนี้ชัดเจนยิ่งขึ้น ให้นึกถึงการสร้างภาพบนตารางสีเหลี่ยมเล็กๆ เราจะใช้สีแต้มลงในช่องสี่เหลี่ยมแต่ละช่องจนกลายเป็นภาพสมบูรณ์ที่มีขนาดใหญ่ ภาพแบบบิตแมปนี้จะมีจำนวนจุดขนาดเล็กๆจำนวนมาก ดังนั้นดวงตาของมนุษย์ไม่สามารถที่จะมองเห็นและแยกแยะรายละเอียดส่วนย่อยเล็กๆนั้นได้ แต่เมื่อลองขยายภาพดูจะเห็นเป็นรูปตาราง ยิ่งขยายใหญ่มากเท่าใด ตารางสี่เหลี่ยมก็ยิ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นจนทำให้มองเห็นจุดของภาพหรือพิกเซล จึงมีผลทำให้รายละเอียดของภาพมีความไม่ชัดเจนมากขึ้น โดยทั่วไปนิยมใช้กันมาในภาพถ่าย

2.) ภาพแบบเวกเตอร์ (Vector Image)

ภาพประเภทนี้ไม่ว่าจะขยายใหญ่เท่าใด ก็ยังมีรายละเอียดและความคมชัดเหมือนเดิม เนื่องจากภาพแบบเวกเตอร์นั้นประกอบด้วยเส้นตรงเส้นโค้ง และรูปทรงต่าง ๆ ภาพที่ได้จะสร้างขึ้นจากคำสั่งที่บอกถึงลักษณะของภาพในรูปแบบทางเรขาคณิตด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ ดังนั้นโปรแกรมที่ต้องการเปิดรูปภาพจะต้องนำสมการต่างๆ ที่บันทึกเอาไว้มาคำนวณและสร้างรูปทรงของภาพขึ้นมาใหม่ ทำให้ภาพที่เกิดขึ้นมามีความคมชัด จึงเหมาะกับงานที่มีความแม่นยำและต้องการความละเอียดสูง เช่น การสร้างภาพโลโก้ การสร้างภาพสามมิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.4 การเปรียบเทียบภาพ (ก.) ภาพแบบเวกเตอร์ และ (ข.) ภาพแบบบิตแมป

ที่มา : https://sites.google.com/site/chai31a/bitmap-khux-xari

2.1.4.2 ประเภทของภาพแบบบิตแมป (Bitmap)

1.) ภาพแบบไบนารี (Binary Image) : ในแต่ละพิกเซลนั้นจะแสดงด้วยค่าเพียง 1 บิต ซึ่งประกอบไปด้วยค่าเพียง 2 อย่าง คือ 0 และ 1 โดยถ้าจุดของภาพมีค่าเป็น 0 จุดของภาพนั้นจะเป็นสีดำ และถ้าจุดของภาพนั้นมีค่าเป็น 1 จุดของภาพนั้นจะเป็นสีขาว

ภาพที่ 2.5 ภาพแบบไบนารี (Binary image)

2.) ภาพระดับเทา (Grayscale Image) : ในแต่ละพิกเซลของภาพนั้น จะมีค่าความเข้มแสงในแต่ละระดับที่แตกต่างกันไป โดยค่าความเข้มสีจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ค่าความเข้มแสงน้อยที่สุด คือ 0 จะเป็นสีดำ และ ค่าความเข้มแสงมากที่สุด คือ 255 จะเป็นสีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.6 ภาพระดับเทา (Grayscale image)

3.) ภาพสี (Color Image) : ในแต่ละพิกเซลของภาพจะเก็บค่าระดับความเข้มแสงของแต่ละแถบแสงทั้ง 3 แม่สีหลัก คือ R = Red, B = Blue และ G = Green ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้นจะแสดงผลค่าของสีตามระดับความเข้มของแสงในแต่ละแถบสีนั้น

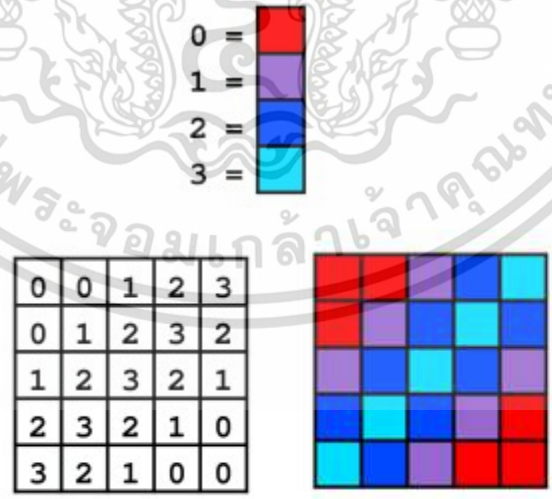
ภาพที่ 2.7 ภาพสี (Color image)

4.) ภาพแบบอินเด็กซ์ (Index Image) : ภาพประเภทนี้ ในแต่ละพิกเซลจะเก็บค่าดัชนี (Index Number) ซึ่งเป็นตัวเลขจำนวนเต็ม ซึ่งจะถูกนำไปเทียบกับตารางสี (Color Table) ซึ่งเป็นตารางแสดงค่าสีแม่สีแสง 3 สีในอัตราส่วนต่างๆ ดังนั้น ค่าดัชนีจะเป็นตัวชี้วัดว่าที่ตำแหน่งพิกเซลนั้นจะมีค่าอัตราส่วนของแม่สีแสงเป็นเท่าใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.8 ภาพแบบอินเด็กซ์ (Index Image)

ที่มา : https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_16-bit_computer_color_palettes



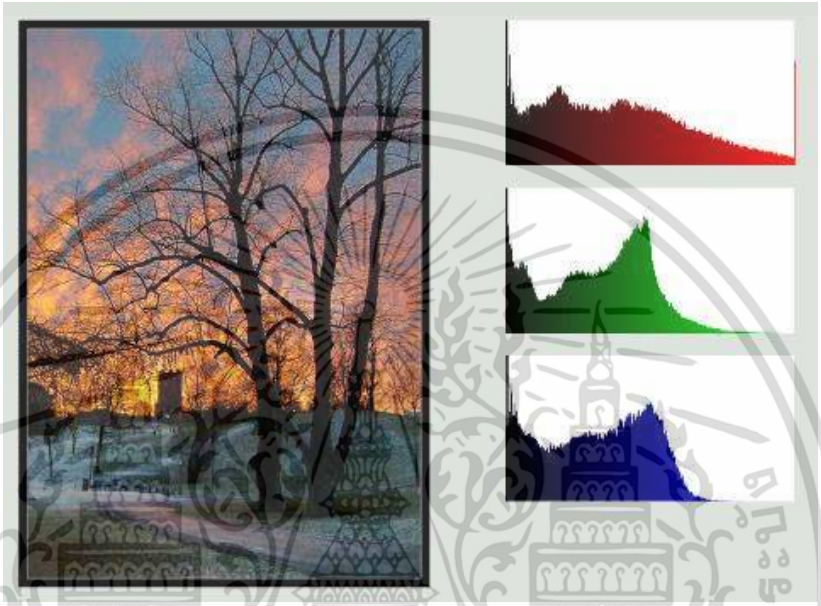
ภาพที่ 2.9 ตัวอย่างการเปรียบเทียบกับตารางสีให้กลายเป็นภาพ

ที่มา : https://www.wikiwand.com/es/Profundidad_de_color

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4.3 ฮิสโตแกรม (Histogram)

ฮิสโตแกรมของภาพ คือ กราฟที่แสดงจำนวนพิกเซลของข้อมูลภาพตามค่าระดับความเข้มแสงของภาพดิจิตอล ตัวอย่างการทำฮิสโตแกรมแสดงตามภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 ภาพแสดงการทำฮิสโตแกรมของภาพโดยแยกตามแม่สีแสง
ที่มา : https://www.bloggang.com/viewdiary.php?id=offway&group=17

2.1.5 เทคโนโลยีการวัดแรงกดที่ผ่านมา

2.1.5.1 การพิมพ์หมึกอย่างง่าย (Simple Ink Impression)

Simple ink impression หรือ การพิมพ์หมึกลงบนกระดาษ เป็นวิธีที่ง่ายและใช้กันเป็นเวลานานแล้ว โดยอาศัยหลักการพิมพ์หมึกลงบนกระดาษ โดยใช้การพิมพ์เท้าโดยตรงจากเท้า สามารถดูจุดที่แรงกดสูงได้จากพื้นที่มีสีดำมากกว่าบริเวณอื่น แต่ไม่สามารถระบุค่าออกมาเป็นตัวเลขได้ ระบุได้เพียงว่าพื้นที่ใดมีแรงกดมากกว่าบริเวณอื่นเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 2.11 ตัวอย่างของการพิมพ์หมึกอย่างง่าย

ที่มา : https://www.etsy.com/market/baby_footprint

2.1.5.2 การวัดด้วยวิธี Harris Mat

วิธีการนี้คล้ายกับ Simple ink impression โดยใช้แผ่นรองพื้นที่มีหมึกทาอยู่ด้านล่าง เพื่อพิมพ์ภาพแรงกดของเท้าขณะเดินเหยียบบนแผ่นรองลงบนกระดาษที่อยู่ด้านล่าง ผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละบริเวณตามแรงกดที่เกิดขึ้น ซึ่งแสดงในภาพที่ 2.12

ภาพที่ 2.12 ตัวอย่างภาพที่ได้จาก Harris Mat

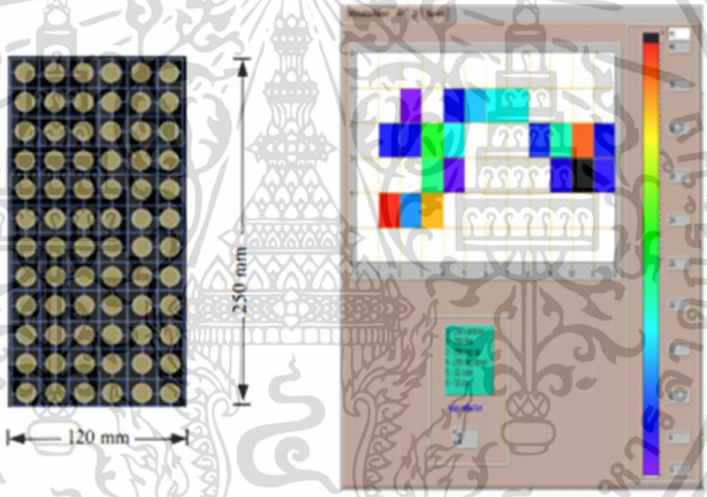
ที่มา : https://www.alimed.com/harris-mat.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลที่ได้นั้น เมื่อเปรียบเทียบกับวิธี Simple ink impression แล้ว จะพบว่า มีความละเอียดมากกว่า มีตารางเล็กๆ แบ่งพื้นที่เท้าออกเป็นส่วนๆ เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบในแต่ละจุด แต่ก็แยกแยะได้ยาก เนื่องจากยังต้องใช้การสังเกตความแตกด้วยตาเปล่าเท่านั้น

2.1.5.3 เครื่องวัดแรงกดของเท้า (Pedograph)

เครื่องวัดแรงกดของเท้านั้นจะใช้ pressure sensor ขนาดเล็กวางเรียงตัวเป็นเมทริกซ์ เพื่อใช้เป็นพื้นที่ในการรับแรงที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีผู้ป่วยยืนอยู่บนเครื่อง ตามที่แสดงในภาพที่ 2.13 จะเห็นว่าเมื่อวางเซนเซอร์ทั้ง 72 ตัว เรียงตัวเป็นเมทริกซ์ 6x12 เพื่อใช้ในการรับแรงกดจากผู้ป่วย ผลลัพธ์ที่ได้นั้นจะความละเอียดอยู่ 72 พิกเซลนั่นเอง



ภาพที่ 2.13 ตัวอย่างการเรียงตัวของ pressure sensor

ที่มา : Foot plantar pressure measurement system using optical sensor

วิธีนี้สามารถหาแรงกดที่แตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งบนพื้นเท้าได้อย่างชัดเจน เนื่องจากมีเซนเซอร์วัดแรงกดโดยตรง โดยความละเอียดของผลลัพธ์นั้นจะขึ้นอยู่กับปริมาณของเซนเซอร์ที่ใช้และขนาดของเซนเซอร์ด้วยเช่นกัน เมื่อใช้เซนเซอร์ขนาดที่ใหญ่จะทำให้มีความละเอียดที่ได้นั้นจะน้อย เกิดการประมาณค่าที่ผิดไปซึ่งเป็นผลมาจากการหาค่าเฉลี่ยแรงกดของบริเวณนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางตรงกันข้าม หากใช้เซนเซอร์ที่ขนาดเล็กลง ย่อมได้ผลลัพธ์ที่มีความละเอียดสูงขึ้น ความแม่นยำเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากต้องทำให้เซนเซอร์ที่ขนาดที่เล็กลง ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการรผลิตเซนเซอร์นั้นสูงขึ้นไปด้วย

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเรื่อง Improvisation of an optical pressure sensor based dynamic foot pressure measurement system ซึ่งจัดทำโดย K Siddique-e Rabbani, SM Zahid Ishraque, M Shaheduk Islam และ Rhaad Muasir Rabbani เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการวัดน้ำหนักแรงกดของฝ่าเท้าโดยใช้การสะท้อนและการหักเหของแสงจากกระดาษ glossy ที่มีความมัน ช่วยในการสะท้อนและหักเหของแสง โดยมีแหล่งกำเนิดแสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ และแสงที่ถูกหักเหมานั้นจะถูกบันทึกโดยกล้องดิจิตอลด้านล่าง ซึ่งข้อดีของวิธีดังกล่าวคือ สามารถควบคุมแสงรบกวนจากภายนอกได้ดีเนื่องจากมีกระดาษสำดำปิดทับด้านบนของกระดาษ glossy แต่เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำฐานนั้นทำมาจากไม้ ทำให้เกิดข้อเสีย คืออาจจะมีปัญหาด้านการรับน้ำหนักและความทนทานจากการเสื่อมสภาพในการใช้งานในระยะยาว และในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้กล้องเพียงตัวเดียวในการบันทึกผล ทำให้ระบบดังกล่าวถูกสร้างมาด้วยความสูงที่ค่อนข้างมาก ทำให้มีความลำบากขณะใช้งาน ดังนั้นสามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างบางส่วนเพื่อนำบางส่วนมาใช้ในโครงการวิจัย และจำนวนกล้องที่ใช้บันทึกภาพ เพื่อทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบันทึกภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 กลุ่มตัวอย่างในการเก็บบันทึกผลการวิจัย

ข้อมูลแรงกดของเท้าถูกเก็บบันทึกจากกลุ่มตัวอย่างจากนักศึกษาสาขาวิศวกรรมชีวการแพทย์ จำนวน 65 คน แบ่งเป็น ชาย 25 คน (อายุเฉลี่ย 22.1 ปี) และหญิง 39 คน (อายุเฉลี่ย 21.4 ปี) โดยข้อมูลของแรงกดนั้นถูกเก็บและบันทึกผ่านระบบที่ถูกสร้างขึ้น (อธิบายในหัวข้อถัดไป) โดยบันทึกภาพแรงกดของเท้าเป็นจำนวน 1000 ภาพต่อ 1 คน

3.2 ระบบฮาร์ดแวร์เพื่อบันทึกผลแรงกดของเท้า

ระบบบันทึกแรงกดของเท้านั้นได้ใช้ระบบแบบออปติคอล[1][2]ในการเก็บบันทึก โดยระบบนี้ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 6 ส่วน ได้แก่

3.2.2 แผ่นอะคริลิคใส กว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร และหนา 1 เซนติเมตร

3.2.2 ฐานเหล็กฉาก

3.2.3 กระดาษ glossy สีขาว 120 แกรม

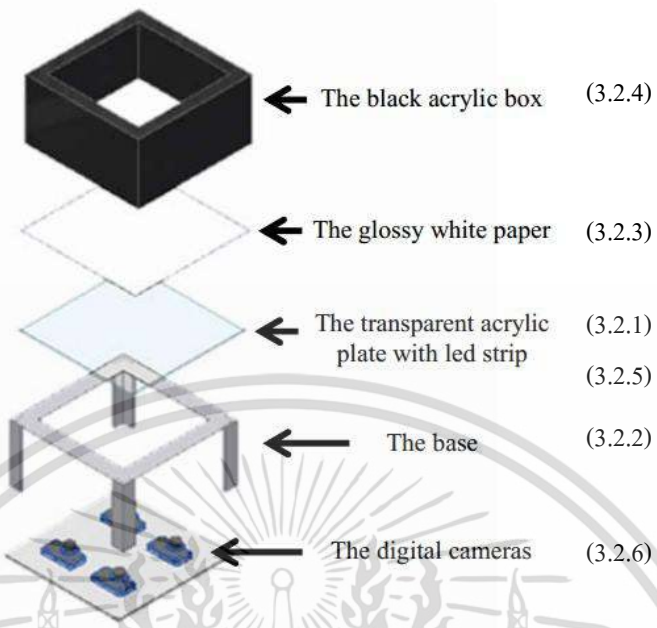
3.2.4 กล่องอะคริลิกดำ

3.2.5 แถบหลอดไฟแอลอีดี ความยาว 160 เซนติเมตร

3.2.6 กล้องดิจิตอล 4 ตัว

แท่นยืนสำหรับบันทึกแรงกดนั้นสร้างมาจากแผ่นอะคริลิคใส โดยมีแถบหลิดไฟแอลอีดีติดอยู่ด้านข้างรอบแผ่นอะคริลิคใส และมีเหลฌกฉากเป็นฐาน ด้านบนของแผ่ยอะคริลิคใสนั้นถูกวางด้วยกระดาษ glossy สีขาวและปิดทับด้วยกล่องอะคริลิคดำ เพื่อป้องกันแสงจากภายนอกและป้องกันการเกิดรอยขีดข่วนบนแผ่นอะคริลิคใส และกล้องดิจิตอลจะถูกวางด้านล่างแผ่นอะคริลิคใส โดยองค์ประกอบทั้งหมดแสดงอยู่ในภาพที่ 3.1

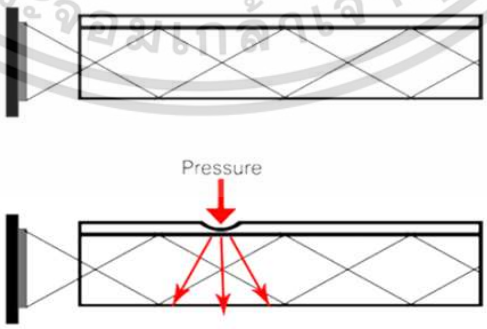
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 ระบบฮาร์ดแวร์เพื่อบันทึกผลแรงกดของเท้า

ที่มา : Footprint Identification using Deep Learning

ขณะไม่เกิดแรงกดบนแท่นยืน หน้าจอแสดงผลจะแสดงเป็นพื้นหลังสีน้ำเงิน จนกระทั่งเกิดแรงกดบนแท่นยืน หน้าจอจะแสดงผลแรงกดที่เกิดขึ้นในรูปแบบของระดับสี โดยแรงกดที่เกิดขึ้นนั้นส่งผลให้อากาศระหว่างกระดาษ glossy และแผ่นอะคริลิคใสนั้นหายไป ทำให้เกิดแสงหักเหและกระจายลงสู่กล้องดิจิตอลด้านล่าง ดังภาพที่ 3.2 ซึ่งความสว่างที่เข้าสู่กล้องดิจิตอลนั้นจะเพิ่มขึ้นตามปริมาณของแรงกดที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 3.2 แสงที่ถูกหักเหและกระจายลงสู่กล้องดิจิตอลด้านล่าง

ที่มา : Footprint Pressure-Based Personal Recognition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ระบบซอฟต์แวร์

ในระบบซอฟต์แวร์นั้นอ้างอิงและพัฒนาจาก [3][4] ประกอบด้วย 4 ส่วน ได้แก่ การเก็บภาพแรงกดของเท้า, การประมวลผลภาพ, การเรียนรู้เชิงลึก และ การแสดงผลลัพธ์ อธิบายตามหัวข้อได้ดังนี้

3.3.1 การเก็บภาพแรงกดของเท้า

เมื่อโปรแกรมทำงานโดยการกรอกชื่อหรือหมายเลขของผู้ทดสอบ โฟลเดอร์จะถูกสร้างขึ้นด้วยชื่อหรือหมายเลขที่กรอกเพื่อบันทึกภาพ จากนั้นกล้องดิจิตอลจะทำงานและเริ่มบันทึกภาพลงสู่โฟลเดอร์เพื่อใช้ในขั้นตอนถัดไป

3.3.2 การประมวลผลภาพดิจิตอล

ในขั้นตอนนี้อธิบายถึงกระบวนการทำงานในการประมวลผลภาพของภาพตั้งต้นที่บันทึกลงโฟลเดอร์ การประมวลผลภาพดิจิตอลนั้นเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาพ การแยกแยะคุณสมบัติ การจำแนกประเภท และอื่นๆ ในงานวิจัยนี้วิธีที่ใช้ในการประมวลผลภาพนั้น ได้แก่ การประมวลผลภาพทางสัณฐานวิทยา (morphological) ตัวกรองค่าเฉลี่ย (mean) ตัวกรองมัธยฐาน (median) ตัวกรองแบบเกาส์ (gaussian) และ การนอมอลไลเซชั่น (normalization)

เริ่มต้นด้วยการแปลงภาพตั้งต้นเป็นภาพระดับสีเทา จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผลภาพทางสัณฐานวิทยา (morphological)[5] เทคนิคนี้จะตรวจภาพในตำแหน่งที่เป็นไปได้ทั้งหมดด้วยเทมเพลตที่เรียกว่า ‘โครงสร้างองค์ประกอบ’ และเปรียบเทียบกับตำแหน่งใกล้เคียงที่สอดคล้องกัน ‘Closing’ เป็นหนึ่งในวิธีการเพิ่มขอบเขตของพื้นที่และลดขนาดช่องว่างของพื้นหลังลง

ตัวกรองค่าเฉลี่ยเป็นขั้นตอนถัดไป เป็นวิธีพื้นฐานในการปรับภาพให้เรียบ สามารถลดความแปรปรวนของความเข้มระหว่างพิกเซลหนึ่งและพิกเซลข้างเคียงด้วยการหาค่าเฉลี่ย นอกจากนี้ตัวกรองมัธยฐานยังเป็นวิธีการลดสัญญาณรบกวนในภาพได้อีกวิธีหนึ่งด้วย สามารถรักษารายละเอียดของภาพใช้การแทนที่ด้วยค่ามัธยฐานลงในพิกเซลแทนค่าเฉลี่ย ขั้นตอนถัดมา คือ ตัวกรองแบบเกาส์ เป็นวิธีการกำจัดสัญญาณรบกวนอีกวิธีหนึ่ง และการนอมอลไลเซชั่นเป็นการปรับเปลี่ยนช่วงของการแสดงผลความเข้มของพิกเซล

ในการประมวลผลภาพ การนอมอลไลเซชั่นเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนแปลงช่วงของค่าความเข้มพิกเซล ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะเปลี่ยนไปใช้ในช่วงที่คุ้นเคยหรือนำไปใช้ได้ง่าย ในงานวิจัยนี้ใช้การปรับสภาพระดับสีเทาในช่วงความเข้ม (Min,Max) เป็นภาพใหม่ด้วยค่าความเข้มในช่วง (newMin,newMax) โดยการทำนอมอลไลเซชั่นของภาพระดับสีเทานั้นดำเนินการตามสมการที่ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$y = (x - \min)\frac{newMax - newMin}{Max - M} + newMin \quad (3.1)$$

เมื่อ

x คือ ค่าความเข้มของพิกเซลในภาพตั้งต้น

y คือ ค่าความเข้มของพิกเซลในภาพใหม่หลังการนอมอลไลเซชั่น

(Min,Max) คือ ช่วงความเข้มของพิกเซลของภาพตั้งต้น

(newMin,newMax) คือ ช่วงความเข้มของพิกเซลของภาพใหม่หลังการนอมอลไลเซชั่น

ในขั้นตอนสุดท้าย ภาพระดับสีเทาที่ผ่านขั้นตอนก่อนหน้าจะถูกแปลงเป็นภาพรหัสสีด้วย 'jet colormap' เพื่อการแสดงที่ง่ายต่อการสังเกต และบันทึกลงสู่โฟลเดอร์ที่มีชื่อหรือหมายเลขของผู้ทดสอบ โดย 'jet colormap' แสดงอยู่ในภาพที่ 3.3 แต่ละแถวของอาร์เรย์มีความเข้มสีเฉพาะเจาะจงตามปริมาณของแรงกดที่เกิดขึ้น ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่สีแดงนั้นจะสอดคล้องกับพื้นที่ที่มีแรงกดสูง และพื้นที่สีน้ำเงินนั้นมีแรงกดต่ำ

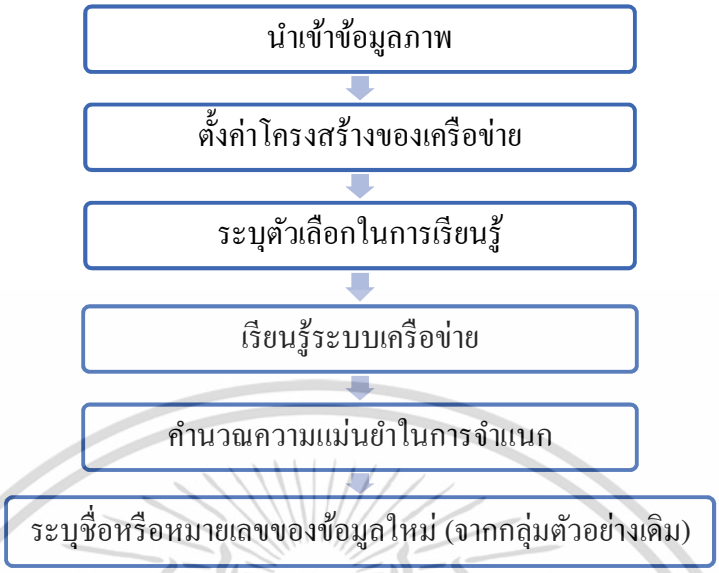
ภาพที่ 3.3 jet colormap

ที่มา : Footprint Pressure-Based Personal Recognition

3.3.3 การเรียนรู้เชิงลึก

การเรียนรู้เชิงลึกเป็นส่วนหนึ่งของวิธีการเรียนรู้โดยอาศัยการเรียนรู้ข้อมูล โครงสร้างของการเรียนรู้เชิงลึกนั้นเกิดขึ้นจากการประมวลผลข้อมูลและรูปแบบการสื่อสารในระบบประสาท ใช้ชุดของหน่วยประมวลผลที่ไม่เป็นเชิงเส้นในการแยกแยะและแปลงคุณสมบัติ ในงานวิจัยนี้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมอย่างง่ายในการเรียนรู้เชิงลึก โครงข่ายประสาทเทียม (CNNs) นั้นเกิดจากกระบวนการทางชีวภาพในการเชื่อมต่อระหว่างเซลล์ประสาท สิ่งเหล่านี้เป็นเครื่องมือที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้เชิงลึก และเหมาะในการวิเคราะห์ภาพ โดยรูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียมนั้นแสดงในภาพที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.4 รูปแบบของโครงข่ายประสาทเทียม

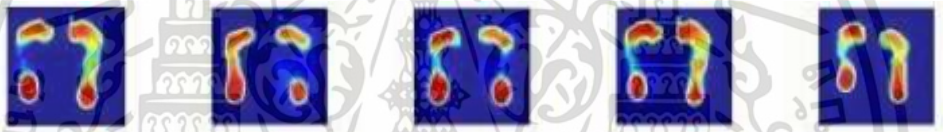
ที่มา : Footprint Pressure-Based Personal Recognition

ขั้นตอนแรกเริ่มจากนำภาพระดับสีเทาที่ผ่านการประมวลภาพแล้ว (ก่อนการเข้าสู่ขั้นตอนการเข้ารหัสสี) นำเข้าสู่ฐานข้อมูลภาพ โครงข่ายประสาทเทียมจะระบุชื่อของรูปภาพโดยอัตโนมัติด้วยชื่อหรือหมายเลขของโฟลเดอร์ โดยภาพที่นำเข้านั้นมาจากกลุ่มผู้ทดสอบ 65 คน โดยระบบเซนเซอร์แบบออปติคอล โดยทั้งหมด 1000 ภาพต่อผู้ทดสอบ 1 คน ต่อมา กำหนดข้อมูลลงสู่ชุดข้อมูลการเรียนรู้และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้อง ในชุดข้อมูลการเรียนรู้นั้นใช้ภาพ 750 ภาพในแต่ละผู้ทดสอบ และชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องนั้นประกอบด้วยภาพที่เหลือแต่ละผู้ทดสอบ ขั้นตอนที่สองนั้นกำหนดโครงสร้างของเครือข่ายประสาทเทียม ได้แก่ เลเยอร์ข้อมูลนำเข้า เลเยอร์เครือข่าย เลเยอร์การแยกแยะ และอื่นๆ ยกตัวอย่างเช่น เลเยอร์ข้อมูลนำเข้านั้นเป็นรายละเอียดของภาพและจำนวนช่องที่ใช้ (channel) เป็นต้น ขั้นตอนที่สามเป็นการระบุตัวเลือกในการเรียนรู้ เช่น อัตราการเรียนรู้เริ่มต้น จำนวนรอบสูงสุดและอื่นๆ ขั้นตอนที่สี่เป็นการเรียนรู้โครงข่ายประสาทเทียมจากการกำหนดโครงสร้างและตัวเลือก ขั้นตอนที่ห้าเป็นการคำนวณความแม่นยำในการตรวจสอบความถูกต้อง โดยการใช้ชุดข้อมูลการตรวจสอบความถูกต้องผ่านระบบที่เรียนรู้เชิงลึกเรียบร้อยแล้ว ซึ่งความแม่นยำนี้เป็นอัตราส่วนของข้อมูลที่ระบบเครือข่ายได้คาดเดาได้ถูกต้อง และขั้นตอนสุดท้าย คือการนำระบบที่ได้ไปทดสอบโดยใช้ภาพข้อมูลชุดใหม่จากกลุ่มผู้ทดสอบเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

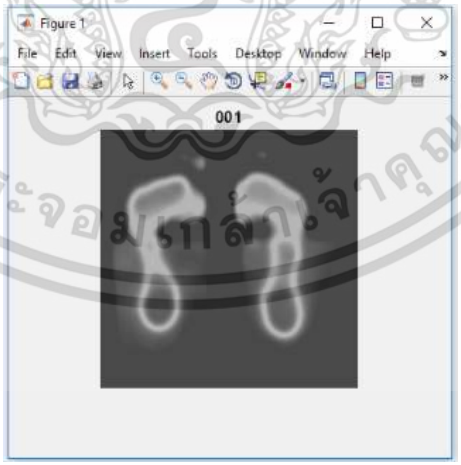
บทที่ 4
ผลการวิจัย

โครงข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการเรียนรู้ขากกลุ่มผู้ทดสอบจำนวน 65 คน แสดงถึงอัตราการวิเคราะห์อยู่ที่ 90.56 เปอร์เซ็นต์ โดยภาพผลลัพธ์ตัวอย่างจากการเรียนรู้นั้นแสดงอยู่ในภาพที่ 4.1 โดยระดับสีที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของแรงกดที่เกิดขึ้น เช่น พื้นที่สีแดงนั้นเป็นพื้นที่ทีมีแรงกดสูง พื้นที่สีน้ำเงินเป็นพื้นที่ที่มีแรงกดต่ำ เป็นต้น และเมื่อมีการทดสอบเครือข่ายที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยข้อมูลชุดใหม่จากกผู้ทดสอบกลุ่มเดิม ผลลัพธ์นั้นแสดงอยู่ในภาพที่ 4.2 หน้าต่างจะแสดงผลภาพแรงกดของเท้าในระดับสีเทา (ที่ใช้ในการเรียนรู้เชิงลึก) และชื่อหรือหมายเลขของผู้ทดสอบจากการวิเคราะห์ของระบบโครงข่ายประสาทเทียม



ภาพที่ 4.1 ภาพผลลัพธ์ตัวอย่างแบบสุ่ม

ที่มา : Footprint Pressure-Based Personal Recognition



ภาพที่ 4.2 การทดสอบระบบที่ผ่านการเรียนรู้โดยใช้ข้อมูลภาพชุดใหม่จากผู้ทดสอบกลุ่มเดิม

ที่มา : Footprint Pressure-Based Personal Recognition

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ภาพแรงกดของเท้าในระดับสีเทาที่ใช้ในการเรียนรู้เชิงลึกนั้นมาจากกระบวนการประมวลภาพดิจิตอลเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งาน รูปแบบของแรงกดของเท้าสามารถนำมาใช้ในการแยกแยะบุคคลได้เนื่องจากมีลักษณะเฉพาะเจาะจงในแต่ละบุคคล ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้คือระยะเวลาในการประมวลผล เพราะหากต้องการความแม่นยำที่สูงขึ้น จำเป็นต้องใช้รูปภาพเป็นจำนวนมากสำหรับการเรียนรู้เชิงลึก ดังนั้นจึงใช้ภาพในจำนวนที่จำกัดเพื่อปรับระยะเวลาในการประมวลผลภาพและการเรียนรู้เชิงลึกให้มีเหมาะสม ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ผู้ทดสอบทั้งหมด 65 คน ในการเก็บบันทึกแรงกดของเท้าโดยใช้ระบบเซนเซอร์แบบออปติคอล พบว่าเมื่อผ่านการเรียนรู้เชิงลึกแล้ว โครงข่ายประสาทเทียมที่ได้นั้นมีอัตราการแยกแยะอยู่ที่ 90.56 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสร้างระบบยืนยันตัวตนจากการทดสอบข้อมูลใหม่ของผู้ทดสอบกลุ่มเดิม ซึ่งเป็นข้อมูลไม่ได้ผ่านการเรียนรู้เชิงลึก เพื่อเป็นการทดสอบระบบโครงข่ายประสาทเทียมที่ผ่านการเรียนรู้ และนำไปพัฒนาต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการพัฒนาระบบโครงข่ายประสาทเทียมและระบบยืนยันตัวตนนี้ ควรเพิ่มจำนวนภาพแรงกดเท้าเพื่อเข้าสู่การเรียนรู้เชิงลึก เป็นหนึ่งในวิธีการที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ และปรับเปลี่ยนโครงสร้างของเครือข่ายให้ใช้เวลาประมวลผลน้อยลง จึงสามารถนำไปใช้งานได้ดียิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

ผลที่ได้จากโครงการวิจัยนี้ มีดังนี้

1. อุปกรณ์การวัดแรงกดของเท้าโดยแสดงผลออกมาเป็นภาพระดับสี
2. ระบบการวิเคราะห์บุคคลโดยการใช้ภาพของแรงกดของเท้าจากระบบวัดแรงกด
3. งานวิจัยนี้ได้นำเสนอในงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ 2019 11th International Conference on Bioinformatics and Biomedical Technology (ICBBT 2019) จัดขึ้นที่เมือง Stockholm ประเทศสวีเดน ระหว่างวันที่ 29-31 พฤษภาคม 2562 และตีพิมพ์ในวารสาร International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences ซึ่งอยู่ในลำดับ Q2 ของฐานข้อมูล SJR 2018

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

[1] T. Keatsamarn and C. Pintavirooj, “Foot Plantar Pressure Measurement System using Optical Sensor,” The 2016
Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON 2016), on 7-9 Dec. 2016

[2] K Siddique-e Rabbanni, S. M. Zahid Ishraque, M Shahedul Islam, and Rhaad Muasir Rabbanni, “Improvisation of an optical pressure sensor based dynamic foot pressure measurement system,” Department of Biomedical Physics & Technology, University of Dhaka, Dhaka-1000, Bangladesh Institute for Biomedical Engineering & Appropriate Technology (BIBEAT), Vol.4 , No.1, 2011

[3] T. Keatsamarn and C. Pintavirooj, “Footprint Identification using Deep Learning” The 2018 Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON 2018), on 21-24 Nov. 2018

[4] K. Kumar Nagwanshi and S. Dubey, “Biometric Authentication using Human Footprint,” International Journal of Applied Information System (IJAIS), vol. 3, no.7, August 2012.

[5] T. Kuragano, A. Yamaguchi, and S. Furukawa, “A Method to Measure Foot Print Similarity for Gait Analysis,” The 2005 International Conference on CIMCA-IAWTIC , 2005

[6] A. Uhl and P. Wild, “Footprint-based biometric verification,” Journal of Electronic imaging, 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล รศ.ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ ระดับ 9

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วทบ.	รังสีเทคนิค	มหาวิทยาลัยมหิดล	2528
วทม.	อุปกรณ์ชีวการแพทย์	มหาวิทยาลัยมหิดล	2532
ME	Biomedical Engineering	Worcester Polytechnic Institute, USA	2538
Ph.D.	Biomedical Engineering	Drexel University, USA	2543

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ Medical Image Processing, Biomedical Instrument, Digital Signal Processing

รางวัลด้านวิชาการ/ด้านวิจัย/งานสร้างสรรค์ (ด้านศิลปะ หรืออื่นๆ) ที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	สถาบันที่ให้

ทุนการศึกษาและทุนวิจัยที่เคยได้รับ

ปี พ.ศ.	ทุนการศึกษาและทุนวิจัย	สถาบันที่ให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์

ผลงานวิจัย/งานสร้างสรรค์ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ (ระดับชาติและนานาชาติ)

การเสนอผลงานวิชาการ

ผลงานสิทธิบัตร/สิ่งประดิษฐ์/งานสร้างสรรค์ (ศิลปะ หรือ อื่นๆ)

อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบรายงานผลผลิตโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สัญญาเลขที่ .2562-02-01-017

ชื่อโครงการ

(ภาษาไทย) ระบบการวิเคราะห์บุคคลโดยใช้แรงกดของเท้า

(ภาษาอังกฤษ) Footprint pressure-based personal recognition

หัวหน้าโครงการ รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์

หน่วยงานต้นสังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

งบประมาณการวิจัยที่ได้รับ 100,000 บาท

แหล่งทุนที่ได้รับการจัดสรร

☐ เงินงบประมาณแผนดิน/งบบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม

√ เงินรายได้ (คณะ/วิทยาลัย/วิทยาเขต/สำนัก) ☐ กองทุนวิจัย สจล. ☐ อื่นๆ ระบุ

ความสอดคล้องกับกลุ่มวิจัยของ สจล.

√ Biomedical ☐ Agriculture & Food ☐ Renewable Energy

☐ ICT Robotics & Automation ☐ ICT Smart City & IoT ☐ Battery & EV

☐ Creative Economy ☐ Materials ☐ Logistics

ผลสำเร็จที่ได้จากการวิจัย

ประเภทผลสำเร็จ	จำนวนผลสำเร็จ	รายละเอียด
☐ **ต้นแบบผลิตภัณฑ์** ☐ ระดับอุตสาหกรรม ☐ ระดับกึ่งอุตสาหกรรม ☐ ระดับภาคสนาม ☐ ระดับห้องปฏิบัติการ ☐ อื่นๆ		ให้รายละเอียดผลงาน
☐ **ต้นแบบเทคโนโลยี** ☐ ระดับ ☐ ระดับกึ่งอุตสาหกรรม ☐ ระดับภาคสนาม ☐ ระดับห้องปฏิบัติการ ☐ อื่นๆ		ให้รายละเอียดผลงาน
☐ **กระบวนการใหม่**		ให้รายละเอียดผลงาน

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทผลสำเร็จ	จำนวนผลสำเร็จ	รายละเอียด
☐ ระดับอุตสาหกรรม ☐ ระดับกึ่งอุตสาหกรรม ☐ ระดับภาคสนาม ☐ ระดับห้องปฏิบัติการ ☐ อื่นๆ		
☐ **องค์ความรู้**		ให้รายละเอียดผลงาน
☐ **การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์** ☐ งานวิจัยนำไปสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ ☐ งานวิจัยนำไปสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งก่อให้เกิดรายได้ ☐ งานวิจัยนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ☐ การถ่ายทอดเทคโนโลยี ☐ การฝึกอบรม ☐ การสัมมนา ☐ อื่นๆ		ให้รายละเอียดผลงาน (มีหลักฐานการเจรจาทางธุรกิจ)
☐ **การใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะ/สังคม/ชุม** ☐ งานวิจัยสร้างองค์ความรู้แก่สาธารณชนในเรื่องต่างๆ เช่น องค์ความรู้ด้านศิลปวัฒนธรรม สาธารณสุข การบริการจัดการสำหรับวิสาหกิจ (SME) ประชาธิปไตยภาคประชาชน วิถีชีวิตแบบเศรษฐกิจพอเพียง เป็นต้น ☐ การนำองค์ความรู้ไปพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนให้ดีขึ้น ☐ การถ่ายทอดเทคโนโลยี ☐ การฝึกอบรม ☐ การสัมมนา ☐ อื่นๆ		ให้รายละเอียดผลงาน
☐ **การพัฒนากำลังคน** ☐ นักศึกษา ป.โท ☐ นักศึกษา ป.เอก ☐ นักวิจัยหลังปริญญาเอก ☐ นักวิจัยภาคเอกชน/ภาคบริการและภาคสังคม		ให้รายละเอียดผลงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทผลสำเร็จ	จำนวนผลสำเร็จ	รายละเอียด
☐ **ทรัพย์สินทางปัญญา** ☐ สิทธิบัตร ☐ อนุสิทธิบัตร ☐ ลิขสิทธิ์ ☐ เครื่องหมายทางการค้า ☐ ความลับทางการค้า ☐ พันธุ์พืช ☐ อื่นๆ		ให้รายละเอียดผลงาน
√ **บทความทางวิชาการ** √ วารสารระดับนานาชาติ ☐ วารสารระดับชาติ	1 บทความ	Footprint pressure-based personal recognition International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences
☐ **การประชุม/สัมมนาระดับนานาชาติ** ☐ นำเสนอปากเปล่า ☐ นำเสนอแบบโปสเตอร์		ให้รายละเอียดการเผยแพร่ ชื่อบทความ ฐานเผยแพร่ และระดับควอไทล์ (ถ้ามี)
☐ **การประชุม/สัมมนาระดับชาติ** ☐ นำเสนอปากเปล่า ☐ นำเสนอแบบโปสเตอร์		ให้รายละเอียดการเผยแพร่ ชื่อบทความ ฐานเผยแพร่ และระดับควอไทล์ (ถ้ามี)

ลงชื่อ.....หัวหน้าโครงการ

(รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์)

วันที่ 18/09/62

ให้แนบเอกสารอ้างอิง/หลักฐานที่เกี่ยวข้อง ท้ายเอกสารการรายงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้