

การทบทวนวรรณกรรมเรื่องความถูกต้องของอุปกรณ์ตรวจจับ ความเครียดผ่านกิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง*

THE ACCURACY OF ELECTRODERMAL ACTIVITY SENSORS IN STRESS DETECTION: A NARRATIVE REVIEW

ชนัฐ ปิยพงศ์โกวิท¹ และ ธรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ²

Chanut Piyapongkowitz¹ and Thunnawat Wattanaseth²

¹⁻²คณะเวชศาสตร์บูรณาการ มหาวิทยาลัยบูรพา

¹⁻²Faculty of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University, Thailand

Corresponding Author's Email: newwy.cpt@gmail.com

วันที่รับบทความ : 20 มีนาคม 2569; วันที่แก้ไขบทความ 31 มีนาคม 2569; วันที่ตอบรับบทความ : 2 เมษายน 2569

Received 20 March 2026; Revised 31 March 2026; Accepted 2 April 2026

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อประเมินความถูกต้องของอุปกรณ์ตรวจจับความเครียดผ่านสัญญาณกิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (Electrodermal Activity: EDA) โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ตัวชี้วัดด้านความแม่นยำ และ 2) เพื่อสังเคราะห์ปัจจัยเชิงพหุองค์ประกอบที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการจำแนกสภาวะความเครียด การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทบทวนวรรณกรรมแบบพรรณนา (Narrative review) โดยดำเนินการสืบค้นข้อมูลจากฐานข้อมูลวิชาการ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยกระบวนการสกัดและสังเคราะห์องค์ความรู้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอย่างเป็นระบบ

ผลการวิจัย พบว่า 1) อุปกรณ์ EDA แสดงศักยภาพในการตรวจจับและจำแนกสภาวะความเครียดในระดับดีถึงดีมาก โดยมีค่าความถูกต้อง (accuracy) อยู่ในช่วงร้อยละ 82.4–98.8

Citation:



* ชนัฐ ปิยพงศ์โกวิท และ ธรณวัฐ วัฒนาเศรษฐ. (2569). การทบทวนวรรณกรรมเรื่องความถูกต้องของอุปกรณ์ตรวจจับความเครียดผ่านกิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง. วารสารส่งเสริมและพัฒนาวิชาการสมัยใหม่, 4(3), 1681-1696.

Chanut Piyapongkowitz and Thunnawat Wattanaseth. The Accuracy Of Electrodermal Activity Sensors In Stress Detection: A Narrative Review. Modern Academic Development and Promotion Journal,

4(3), 1681-1696;

DOI: <https://doi.org/10.>

<https://so12.tci-thaijo.org/index.php/MADPIADP/>

และมีค่าสูงสุดที่ร้อยละ 94.8 ในเพศชาย และร้อยละ 98.8 ในเพศหญิง โดยเฉพาะในบริบทของการกระตุ้นความเครียดผ่านกิจกรรมเชิงปัญญา เช่น การปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Human–Computer Interaction: HCI) ซึ่งสะท้อนถึงความไวของสัญญาณต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทอัตโนมัติ 2) ความแม่นยำของการวัดมีลักษณะเป็นพลวัต และขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายมิติ ได้แก่ ปัจจัยทางชีวภาพ (เช่น เพศและอายุ) ปัจจัยทางสรีรวิทยา (อุณหภูมิและความชื้นของผิวหนัง) ปัจจัยเชิงเทคนิค (ตำแหน่งการวัดและวิธีการประมวลผลสัญญาณ) ตลอดจนลักษณะของสิ่งเร้าความเครียด ทั้งนี้ EDA มีข้อจำกัดเชิงโครงสร้างจากการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่ไม่จำเพาะเจาะจง (non-specific stimuli) เช่น การออกกำลังกายหรือภาวะตื่นตัวทางอารมณ์ ซึ่งอาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการตีความผลลัพธ์

คำสำคัญ: กิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง, ความถูกต้อง, ความเครียด, อุปกรณ์สวมใส่

Abstract

This study aimed to: 1) evaluate the accuracy of stress detection devices based on electrodermal activity (EDA), with emphasis on accuracy metrics and classification performance, and 2) synthesize multidimensional factors influencing the effectiveness of stress state classification. This research employed a narrative review approach, systematically retrieving data from academic databases and analyzing the findings through structured extraction and synthesis of relevant studies.

The findings revealed that: 1) EDA demonstrates strong potential for detecting and classifying stress states, with overall accuracy ranging from 82.4% to 98.8%, and reaching a maximum of 94.8% in males and 98.8% in females, particularly in cognitively demanding contexts such as Human–Computer Interaction (HCI), reflecting the sensitivity of EDA signals to autonomic nervous system activity; 2) the accuracy of measurement is dynamic and influenced by multiple dimensions, including biological factors (e.g., sex and age), physiological factors (e.g., skin temperature and humidity), technical factors (e.g., sensor placement and signal processing methods), as well as the nature of stress-

inducing stimuli. However, EDA has inherent limitations due to its responsiveness to non-specific stimuli (e.g., physical activity or emotional arousal), which may introduce variability and affect result interpretation..

Keywords: Electrodermal Activity, Galvanic skin response, Accuracy, Stress, Wearable devices

บทนำ

ความเครียดเป็นปัญหาสำคัญด้านสาธารณสุขที่ส่งผลกระทบต่อทั้งในระดับร่างกายและจิตใจ โดยมีความสัมพันธ์กับโรคไม่ติดต่อเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด ภาวะเมแทบอลิกซินโดรม โรคซึมเศร้า และภาวะสมองเสื่อม อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตและประสิทธิภาพในการทำงานของบุคคลอย่างมีนัยสำคัญ การประเมินความเครียดในทางคลินิกและงานวิจัยแบบดั้งเดิมมักอาศัยแบบสอบถามหรือการรายงานตนเอง ซึ่งมีข้อจำกัดด้านความเป็นอัตวิสัยและความแปรปรวนของการรับรู้ระหว่างบุคคล ส่งผลให้ความแม่นยำของข้อมูลลดลง นอกจากนี้ วิธีการทางชีวภาพ เช่น การตรวจระดับฮอร์โมนความเครียดหรือการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง แม้จะให้ข้อมูลเชิงสรีรวิทยาที่สำคัญ แต่ยังมีข้อจำกัดด้านต้นทุน เวลา และไม่สามารถสะท้อนความเครียดแบบต่อเนื่องในชีวิตจริงได้ (Hayley et al., 2021)

จากข้อจำกัดดังกล่าว จึงเกิดความสนใจในการใช้สัญญาณชีวภาพ (biosignals) เพื่อประเมินความเครียดอย่างเป็นรูปธรรมและต่อเนื่อง โดยเฉพาะในบริบทของสารสนเทศศาสตร์ทางการแพทย์ (medical informatics) ซึ่งมุ่งเน้นการบูรณาการข้อมูลสุขภาพ การประมวลผลสัญญาณ และการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์ สัญญาณชีวภาพมีข้อได้เปรียบในการติดตามการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาได้อย่างต่อเนื่อง (continuous monitoring) และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับอุปกรณ์สวมใส่ (wearable devices) เพื่อสนับสนุนการเฝ้าระวังสุขภาพในชีวิตประจำวัน แนวทางดังกล่าวจึงมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาระบบสุขภาพดิจิทัลและการแพทย์เฉพาะบุคคลในอนาคต

ในเชิงสรีรวิทยา ความเครียดเกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ (autonomic nervous system; ANS) โดยเฉพาะระบบซิมพาเทติก ซึ่งควบคุมการตอบสนองต่อสิ่งเร้าและระดับความตื่นตัวของร่างกาย กิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (Electrodermal Activity: EDA) เป็นหนึ่งในตัวชี้วัดที่สะท้อนการทำงานของระบบดังกล่าว โดยอาศัยการ

เปลี่ยนแปลงของการนำไฟฟ้าบนผิวหนังซึ่งสัมพันธ์กับการหลั่งเหงื่อจากต่อมเหงื่อชนิดเอคคริน สัญญาณ EDA สามารถแบ่งออกเป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ tonic component หรือ Skin Conductance Level (SCL) ซึ่งสะท้อนระดับพื้นฐานของสัญญาณ และ phasic component หรือ Skin Conductance Response (SCR) ซึ่งสะท้อนการตอบสนองต่อสิ่งเร้าเฉพาะหน้า อย่างไรก็ตาม การวัด EDA ยังมีความไวต่อปัจจัยรบกวน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การเคลื่อนไหว และความแตกต่างระหว่างบุคคล ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพข้อมูล (data quality) และความถูกต้องของสัญญาณ (signal validity) (Cox et al., 2023)

ดังนั้น การประเมินความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ตรวจวัด EDA จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในบริบทของสารสนเทศศาสตร์ทางการแพทย์ โดยเฉพาะเมื่อมีการนำไปใช้ร่วมกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น อุปกรณ์สวมใส่และปัญญาประดิษฐ์ในการจำแนกภาวะความเครียด บทความบทความทบทวนวรรณกรรมเชิงพรรณานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับความถูกต้องของ EDA ในการตรวจวัดความเครียด โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบทั้งในแง่กลไกทางสรีรวิทยา วิธีการประมวลผลสัญญาณ และตัวชี้วัดความแม่นยำ รวมถึงการอภิปรายข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมาและแนวโน้มการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง เพื่อสนับสนุนการพัฒนาแบบติดตามสุขภาพจิตแบบต่อเนื่องในอนาคต

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประเมินความถูกต้องของอุปกรณ์ตรวจวัดความเครียดผ่านสัญญาณกิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (Electrodermal Activity: EDA) โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ตัวชี้วัดด้านความแม่นยำ ได้แก่ accuracy รวมถึงประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ใช้ในการจำแนกสถานะความเครียด
2. เพื่อสังเคราะห์และเปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้องของการประเมิน ได้แก่ ประเภทอุปกรณ์ ตำแหน่งการวัด วิธีการประมวลผลสัญญาณ และรูปแบบการกระตุ้นความเครียด ตลอดจนบริบทการใช้งาน เพื่อเสนอแนวทางในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ EDA ในการตรวจวัดความเครียดอย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

การทบทวนวรรณกรรม

ความเครียด (Stress)

องค์การอนามัยโลก (WHO) ให้นิยามความเครียดว่าเป็น “ภาวะของความกังวลหรือความตึงเครียดทางจิตใจที่เกิดจากสถานการณ์ที่ยากลำบาก” ความเครียดเป็นกลไกการตอบสนองตามธรรมชาติของมนุษย์ ซึ่งช่วยให้เรารับมือกับความท้าทายและภัยคุกคามในชีวิต ทุกคนสามารถเผชิญกับความเครียดได้ไม่มากนักน้อย แต่สิ่งสำคัญคือ วิธีการตอบสนองต่อความเครียดนั้นมีผลอย่างมากต่อสุขภาพโดยรวมของเรา

สถานการณ์ตึงเครียดกระตุ้น “กลไกการต่อสู้หรือหนี (fight or flight response)” ซึ่งเป็นกลไกการตอบสนองต่อภัยคุกคามในภาวะอันตราย โดยร่างกายจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งด้านฮอร์โมนและสรีรวิทยาเพื่อเอาตัวรอดในสถานการณ์อันตราย ในภาวะเครียดระบบ Sympathetic จะถูกกระตุ้นเพื่อเพิ่มพลังงานให้เตรียมพร้อมในการเผชิญอันตราย ต่อมหมวกไต (Adrenal gland) หลั่งฮอร์โมน Cortisol และ Epinephrine เข้าสู่กระแสเลือดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา เช่น เพิ่มอัตราการเต้นของหัวใจ เพิ่มความดันโลหิต และกระตุ้นต่อมเหงื่อให้หลั่งเหงื่อออกมามากขึ้น ความเครียดส่งผลต่อทั้งร่างกาย ทำให้เพิ่มการเผาผลาญพลังงาน กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกัน และยับยั้งการทำงานของระบบสืบพันธุ์และทางเดินอาหาร^[1]

ความเครียดเรื้อรังส่งผลต่อสุขภาพหลายด้าน ส่งผลทำให้ความสามารถในการเรียนรู้และความจำลดลง, ภูมิคุ้มกันลดลง, เกิดโรคเกี่ยวกับการอักเสบเช่นโรคเมะเร็งและภูมิคุ้มกันทำร้ายตัวเองมากขึ้น, เพิ่มความเสี่ยงของโรคไขมันสูง โรคความดันโลหิตสูง, ทำให้เชื่อจุลินทรีย์ในลำไส้ไม่สมดุลและรบกวนฮอร์โมนต่างๆ^[2,3]

วิธีการทำงานของกิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (Electrodermal activity) ในการวัดความเครียด ^[3,4]

กิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (Electrodermal activity) หรืออีกชื่อหนึ่งคือ Galvanic skin response (GSR) คือการวัดความเปลี่ยนแปลงการนำไฟฟ้าของผิวหนัง เนื่องจากการหลั่งเหงื่อออกมาเล็กน้อยบริเวณผิวหนัง เนื่องจากความเครียด ซึ่งวัดโดยการนำแผ่นขั้วไฟฟ้า (Electrode) สัมผัสบริเวณผิวหนัง แล้วนำสัญญาณที่ได้มาไปประมวลผลต่อเป็น Skin Conductance Level (SCL) และ Skin Conductance Response (SCR) ได้ค่าวัดเป็น microsiemens (uS) หรือ kilohms (kOhm) (1,000 kOhm = 1 microsiemens)

เมื่อร่างกายรับรู้ความเครียดจากทั้งที่รู้ตัว (Conscious) และไม่รู้ตัว (Unconscious) จะกระตุ้นระบบประสาทอัตโนมัติ (Autonomic nervous system) กระตุ้นต่อมหมวกไตให้หลั่ง Noradrenaline และ Epinephrine ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาของร่างกาย มีการหลั่งเหงื่อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้ค่าความต่างศักย์ของร่างกายเปลี่ยนแปลงไป เมื่อนำ electrode ไปวัดค่าความต่างศักย์ของร่างกายจึงได้ค่าที่มีการเปลี่ยนแปลงและนำมาใช้ในการคำนวณค่า EDA

การกระตุ้นความเครียดเพื่อใช้ในการวัดความเครียด

ในการศึกษาความถูกต้องของอุปกรณ์ตรวจจับความเครียดผ่านกิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง การกระตุ้นความเครียดในสภาพแวดล้อมที่ถูกควบคุมหรือในห้องทดลอง เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อเปรียบเทียบกับสภาวะปกติ ซึ่งแบบทดสอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีดังนี้^[4]

(1) Montreal Imaging Stress Task (MIST) เป็นการทำให้แบบทดสอบบนคอมพิวเตอร์ให้ถูกต้อง แล้วหลังจากนั้นจะเพิ่มความยากและลดระยะเวลาในการตอบลงตามความสามารถของผู้เข้าร่วมให้ตอบถูกเพียง 45-50% เพื่อเพิ่มความเครียดให้กับผู้เข้าร่วม หลังจากนั้นจะแสดงผลการทดสอบให้ต่ำโดยเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของผู้เข้าร่วมคนอื่นๆที่ได้คะแนนสูง ร่วมกับพูดแสดงความผิดหวังที่ได้ผลคะแนนน้อย และคำถามที่กระตุ้นให้รู้สึกว่าคุณเข้าร่วมมีความสามารถน้อยกว่าคนอื่น เพื่อเพิ่มความเครียดอีกครั้ง

(2) Stroop Color-Word interference Test (SCWT) เป็นการทดสอบความขัดแย้งทางความคิด โดยให้ผู้เข้าทดสอบระบุสีของตัวอักษรที่สะกดกับสีที่ไม่ตรงกัน โดยให้อ่านสีของตัวอักษรที่สีของตัวอักษรที่สะกดกับสีที่ไม่ตรงกัน และเลือกคำตอบสีที่ถูกต้อง โดยที่ตัวเลือกเป็นตัวอักษรที่สีของตัวอักษรที่สะกดกับสีที่ไม่ตรงกันด้วยโดยให้เลือกคำตอบให้ถูกต้องตามสีตัวอักษรด้านบนที่เห็น

(3) Cold pressor test เป็นการกระตุ้นความเครียดโดยให้จุ่มมือลงไปใต้น้ำเย็นจัดให้นานที่สุด โดยให้ผู้เข้าร่วมบอกเมื่อเริ่มรู้สึกเจ็บ และจับเวลาจนกว่าจะทนไม่ไหวและนำมือออก

(4) International Affective Picture System test (IAPS) เป็นการใชรูปภาพที่มีงานวิจัยว่ากระตุ้นอารมณ์ แล้วเปิดให้ผู้เข้าร่วมดู เพื่อดูการตอบสนองต่อความเครียด

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการทบทวนวรรณกรรมเชิงบรรยาย (Narrative Review) ซึ่งเหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลที่มีความหลากหลายทั้งในด้านการออกแบบการทดลอง วิธีการวัด และเทคนิคการวิเคราะห์ ทำให้ไม่สามารถสังเคราะห์เชิงปริมาณ (meta-analysis) ได้อย่างเหมาะสม โดยการศึกษานี้กำหนดกรอบการประเมินความถูกต้อง (accuracy framework) ครอบคลุมตัวชี้วัด ได้แก่ accuracy, sensitivity, specificity และประสิทธิภาพของแบบจำลองการจำแนก (classification performance) พร้อมทั้งกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของ “ความเครียด” และ “ความถูกต้อง” เพื่อให้การวิเคราะห์มีความชัดเจน

การสืบค้นข้อมูลดำเนินการจากฐานข้อมูลวิชาการ ได้แก่ PubMed, Scopus, ScienceDirect และ IEEE Xplore โดยใช้ คำค้น (search string) เช่น (“stress” AND “electrodermal activity” OR “EDA” OR “GSR”) AND (“accuracy” OR “validity” OR “reliability” OR “classification”) โดยครอบคลุมงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในช่วงปี ค.ศ. 2000–2025 และมีการระบุวันที่สืบค้นอย่างชัดเจน ทั้งนี้ได้กำหนดเกณฑ์คัดเข้า (inclusion criteria) สำหรับงานวิจัยในมนุษย์ที่มีการรายงานค่าความถูกต้องของ EDA และเกณฑ์คัดออก (exclusion criteria) สำหรับงานที่ไม่มีการประเมินเชิงปริมาณหรือไม่ผ่านการ peer review พร้อมทั้งแสดงขั้นตอนการคัดเลือกในรูปแบบ PRISMA-like flow

การวิเคราะห์ข้อมูลมุ่งเน้นการสกัดตัวแปรสำคัญ ได้แก่ ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง วิธีการกระตุ้นความเครียด ตำแหน่งการวัดสัญญาณ ประเภทของอุปกรณ์ วิธีการประมวลผลสัญญาณ และค่าความถูกต้องที่รายงาน รวมถึงการประเมินคุณภาพงานวิจัย (quality assessment) และความเสี่ยงของอคติ (risk of bias) เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของผลการสังเคราะห์

ในด้านจริยธรรมการวิจัย การศึกษานี้ยึดหลักความโปร่งใสและความครบถ้วนของข้อมูล โดยลดความเอนเอียงในการคัดเลือกรงานวิจัย (selection bias) และให้ความสำคัญกับการอ้างอิงแหล่งข้อมูลอย่างถูกต้อง การนำเสนอผลการศึกษาเป็นไปอย่างเป็นกลาง เพื่อสะท้อนภาพรวมขององค์ความรู้ในปัจจุบันเกี่ยวกับการใช้ EDA ในการประเมินความเครียดอย่างถูกต้องและเชื่อถือได้

ผลการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความถูกต้อง (Accuracy) ของอุปกรณ์ตรวจจับความเครียดผ่านกิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (Electrodermal activity)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า งานวิจัยที่นำมาศึกษามีขนาดกลุ่มตัวอย่างตั้งแต่ 24–51 คน ครอบคลุมช่วงอายุตั้งแต่วัยรุ่นผู้ใหญ่ตอนต้นจนถึงผู้สูงอายุ โดยส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในมนุษย์ที่มีการออกแบบการทดลองเพื่อแยกระหว่างสภาวะพัก (rest phase) และสภาวะเครียด (stress phase)

อุปกรณ์และตำแหน่งการวัดสัญญาณกิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (Electrodermal Activity: EDA) มีความแตกต่างกันระหว่างงานวิจัย โดยตำแหน่งที่ใช้ในการวัดสัญญาณมากที่สุดคือบริเวณนิ้วมือ รองลงมาคือบริเวณข้อมือและเท้า ทั้งนี้ตำแหน่งการวัดดังกล่าวถูกเลือกใช้ตามความเหมาะสมของการออกแบบการทดลองในแต่ละการศึกษา

หลังจากการประมวลผลสัญญาณและการคำนวณโดยใช้ตัวจำแนก งานวิจัยทั้งหมดรายงานค่าความถูกต้องในการจำแนกระหว่างสภาวะพักและสภาวะเครียดอยู่ในช่วงร้อยละ 82.8–98.8 โดยงานวิจัยของ Alexandros Liapis รายงานค่าความถูกต้องสูงที่สุดในการจำแนกสภาวะพักและสภาวะเครียดที่ถูกกระตุ้นจากสถานการณ์ที่ไม่พึงพอใจขณะใช้งานคอมพิวเตอร์ ด้วยวิธี Linear Discriminant Analysis ขณะที่งานวิจัยของ Cornelia Setz รายงานค่าความถูกต้องต่ำที่สุดที่ร้อยละ 82.8 จากการใช้ Linear Discriminant Analysis ในการจำแนกสภาวะความเครียดที่ถูกกระตุ้นด้วยแบบทดสอบ Montreal Imaging Stress Task

รายละเอียดของรูปแบบการทดลอง อุปกรณ์ที่ใช้ วิธีการประมวลผลสัญญาณ การคำนวณโดยใช้ตัวจำแนกและค่าความถูกต้องที่รายงานในแต่ละการศึกษา แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สรุปลักษณะสำคัญของงานวิจัยเกี่ยวกับความถูกต้องของการตรวจจับความเครียดด้วย EDA

ผู้วิจัย	ขนาด กลุ่ม ตัวอย่าง	วิธีการกระตุ้น ความเครียด	อุปกรณ์ / ตำแหน่งวัด	วิธี ประมวลผล สัญญาณ	ตัวจำแนก (Classifier)	Accuracy (%)
Liapis et al. (2015)	40	Human-Computer Interaction (HCI)	นิ้วมือ	Feature extraction + filtering	LDA	98.8
Setz et al. (2010)	24	MIST	นิ้วมือ	Time-domain features	LDA	82.8
Martínez-Rodrigo et al. (2016)	30	Arousal task	มือ	Signal processing	SVM	~90
De Vries et al. (2022)	30	Real-time stress task	ข้อมือ	ML-based features	Multi-task learning	~90–95
Kong et al. (2023)	35	Clinical (dental stress)	มือ	Feature extraction	SVM	~85–90
S. AA et al. (2020)	30	Pre-surgery stress	ข้อมือ (wearable)	Signal processing	ML models	~90
Zangróniz et al. (2017)	28	Calm vs distress task	นิ้วมือ	Time + frequency domain	SVM	~90–95
Pakarinen et al. (2019)	50	Daily life stress	ข้อมือ (wearable)	ML-based features	Random Forest	~85–92

ตารางที่ 1 สรุปลักษณะสำคัญของงานวิจัยที่นำมาทบทวน โดยแสดงความแตกต่างของการออกแบบการทดลอง วิธีการกระตุ้นความเครียด อุปกรณ์และตำแหน่งการติดตั้ง เซนเซอร์ EDA รวมถึงเทคนิคการวิเคราะห์และค่าความถูกต้องที่รายงาน ผู้อ่านควรตีความผลลัพธ์ในตารางนี้ควบคู่กับบริบทของการทดลองและปัจจัยที่อาจมีผลต่อสัญญาณ EDA มากกว่าการพิจารณาค่าความถูกต้องเพียงอย่างเดียว

คำย่อ:

EDA = electrodermal activity;

LDA = linear discriminant analysis;

SVM = support vector machine;

NCC = nearest class center;

QDA = quadratic discriminant analysis;

k-NN = k-nearest neighbors;

MLP = multilayer perceptron.

2. สังเคราะห์และสรุป (Synthesis and Summary) ถึงกลไกวัด, ความถูกต้อง, และการกระตุ้นความเครียดในการประเมินความถูกต้อง ในการวัดความเครียดเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างถูกต้อง

จากการสังเคราะห์ผลการทบทวน (ตารางที่ 1) พบว่า การใช้กิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (EDA) มีประสิทธิภาพในการจำแนกภาวะความเครียดในระดับดีถึงดีมาก โดยเฉพาะในบริบทที่ความเครียดเกิดจากการทำงานภายใต้แรงกดดัน งานวิจัยส่วนใหญ่รายงานค่าความถูกต้องสูงเมื่อใช้การกระตุ้นความเครียดผ่านกิจกรรมทางสติปัญญาหรือสถานการณ์การทำงานที่ใกล้เคียงสภาพจริง ซึ่งสอดคล้องกับบทบาทของ EDA ในการสะท้อนการตื่นตัวของระบบประสาทอัตโนมัติส่วนซิมพาเทติก

อย่างไรก็ตาม ค่าความถูกต้องที่รายงานมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามการออกแบบการทดลอง เนื่องจากแต่ละการศึกษามีความแตกต่างในลักษณะของสถานะที่นำมาเปรียบเทียบ วิธีการกระตุ้นความเครียด และเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งล้วนส่งผลต่อค่าความถูกต้องที่ได้ โดยการวัดที่บริเวณนิ้วมีแนวโน้มให้ค่าความถูกต้องสูงกว่า แต่มีข้อจำกัดด้านความสะดวกในการใช้งานในชีวิตประจำวัน ขณะที่การวัดที่บริเวณข้อมือหรือเท้า แม้ให้ค่าความถูกต้องต่ำกว่าเล็กน้อย แต่มีโอกาสในการนำไปปรับใช้ในชีวิตจริงมากกว่า

ประเด็นสำคัญที่ควรพิจารณาในการแปลความผลลัพธ์คือ ความจำเพาะของสัญญาณ EDA ต่อความเครียดโดยตรง เนื่องจาก EDA สามารถตอบสนองต่อภาวะที่มีการหลั่งเหงื่ออื่นๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับความเครียด เช่น การเคลื่อนไหว การเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ดังนั้น การรายงานและเปรียบเทียบค่าความถูกต้องควรพิจารณาควบคู่กับบริบทการทดลองและปัจจัยรบกวนที่เกี่ยวข้อง มากกว่าการพิจารณาค่าตัวเลขเพียงอย่างเดียว

โดยสรุป การใช้ EDA เป็นเครื่องมือในการประเมินความเครียดที่มีศักยภาพสูง โดยเฉพาะในบริบทการทำงานและการเฝ้าระวังความเครียดอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม การนำไปประยุกต์ใช้จำเป็นต้องอาศัยการออกแบบการทดลองที่เหมาะสม การเลือกตำแหน่งการวัดที่เหมาะสมระหว่างความแม่นยำและความสะดวก และการตีความผลลัพธ์อย่างรอบด้าน เพื่อหลีกเลี่ยงการสรุปผลที่คลาดเคลื่อน

อภิปรายผล

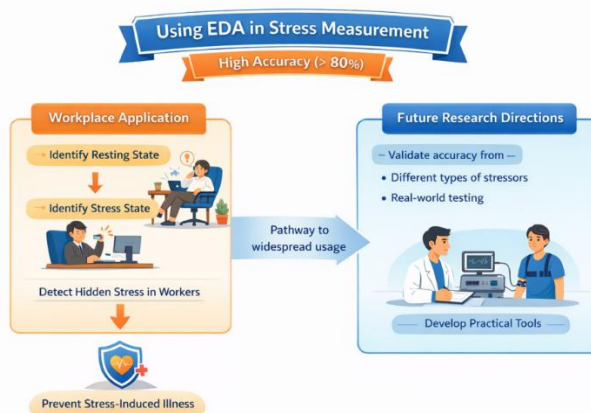
ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 1 ที่มุ่งประเมินความถูกต้องของอุปกรณ์ตรวจจับความเครียดผ่านสัญญาณกิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (Electrodermal Activity: EDA) พบว่า EDA มีศักยภาพในการจำแนกภาวะความเครียดได้ในระดับดีถึงดีมาก โดยค่าความถูกต้อง (accuracy) ในงานวิจัยส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 82 ซึ่งสะท้อนถึงความไวของสัญญาณต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทอัตโนมัติ ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับแนวคิดด้านสรีรวิทยาความเครียดของ Godoy et al. (2018) และ Yaribeygi et al. (2017) ที่อธิบายบทบาทของระบบซิมพาเทติกในกลไก “fight-or-flight” รวมถึงสอดคล้องกับ Chu et al. (2024) ที่ระบุว่าสัญญาณชีวภาพ เช่น EDA สามารถสะท้อนการตอบสนองต่อความเครียดได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม แม้จะมีความแม่นยำในระดับสูง แต่ความแตกต่างของการออกแบบการทดลอง วิธีการประมวลผลสัญญาณ และตัวจำแนก ส่งผลให้ค่าความถูกต้องมีความแปรผันระหว่างการศึกษา

ผลการวิจัยวัตถุประสงค์ข้อที่ 2 ที่มุ่งสังเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความถูกต้อง พบว่ารูปแบบการกระตุ้นความเครียด ตำแหน่งการวัด และบริบทการใช้งานมีบทบาทสำคัญ โดย EDA มีประสิทธิภาพสูงในสถานการณ์ที่มีแรงกดดันทางสติปัญญา ซึ่งสอดคล้องกับ Kong et al. (2023) ขณะที่ตำแหน่งการวัดบริเวณนิ้วมือให้ค่าความแม่นยำสูงกว่า แต่ข้อมูลมีความเหมาะสมต่อการใช้งานจริงมากกว่า (S. AA et al., 2020) นอกจากนี้ แม้การใช้ EDA เพียง

สัญญาณเดียวจะให้ผลลัพธ์ที่ดี แต่การผสมผสานกับสัญญาณชีวภาพอื่นสามารถเพิ่มความแม่นยำได้ (Alberdi et al., 2016) อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดจากสัญญาณรบกวน (noise) และสิ่งแทรกซ้อน (artifact) ในการใช้งานจริง ซึ่งสอดคล้องกับ Can et al. (2019) และ Markiewicz et al. (2022) ดังนั้น การพัฒนาในอนาคตควรมุ่งเน้นการเพิ่มคุณภาพสัญญาณ ลดปัจจัยรบกวน และออกแบบอุปกรณ์สวมใส่ที่เหมาะสมเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้จริงอย่างมีประสิทธิภาพ

องค์ความรู้ใหม่

ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่า การใช้กิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (Electrodermal Activity: EDA) เป็นตัวชี้วัดทางสรีรวิทยาที่มีศักยภาพในการตรวจจับและจำแนกภาวะความเครียดได้ในระดับค่อนข้างสูง โดยมีค่าความถูกต้องมากกว่าร้อยละ 80 ซึ่งตอกย้ำความเหมาะสมของการนำ EDA มาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือประเมินความเครียดในบริบทของการทำงานและชีวิตประจำวัน องค์ความรู้ที่ได้จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า EDA สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสภาวะพักและสภาวะเครียดระหว่างการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งมีศักยภาพในการตรวจจับภาวะความเครียดแฝงในระยะเริ่มต้นก่อนการแสดงอาการทางกายหรือจิตใจ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเฝ้าระวังและป้องกันปัญหาสุขภาพในระยะยาว อีกทั้งยังชี้ให้เห็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาและประยุกต์ใช้ EDA ในสภาพแวดล้อมจริง โดยเฉพาะการออกแบบอุปกรณ์และระบบติดตามความเครียดที่สอดคล้องกับการใช้งานในชีวิตประจำวัน อันจะนำไปสู่การพัฒนาเครื่องมือที่มีความเหมาะสม น่าเชื่อถือ และสามารถใช้งานได้อย่างแพร่หลายมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 1 องค์ความรู้ใหม่ การใช้ EDA ในการวัดความเครียด

จากภาพที่ 1 แสดงกระบวนการเชิงแนวคิดของการประยุกต์ใช้กิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (Electrodermal Activity: EDA) ในการตรวจจับความเครียด โดยเริ่มจากบริบทการใช้งานในชีวิตจริง เช่น สถานการณ์การทำงานที่มีแรงกดดัน ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของสิ่งเร้าความเครียดในแต่ละบุคคล จากนั้นความเครียดที่เกิดขึ้นส่งผลให้ระบบประสาทอัตโนมัติ โดยเฉพาะระบบซิมพาเทติกเกิดการตื่นตัว และสะท้อนออกมาในรูปของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณกิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง

ขั้นต่อมา สัญญาณ EDA ที่ตรวจวัดได้จะถูกนำมาประมวลผลเพื่อใช้ในการจำแนกสภาวะพักและสภาวะเครียด รวมถึงการตรวจจับความเครียดแฝงที่อาจยังไม่แสดงอาการทางกายหรือจิตใจอย่างชัดเจน ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนในการเฝ้าระวังความเครียด การดูแลสุขภาพ และการตัดสินใจเชิงป้องกันในระยะยาว นอกจากนี้ ภาพยังสะท้อนแนวทางการพัฒนาอุปกรณ์สวมใส่และการศึกษาวิจัยในอนาคตเพื่อเพิ่มความเหมาะสมในการใช้งานจริง ทั้งนี้ ภาพเป็นการสื่อเชิงแนวคิดจากการทบทวนวรรณกรรม มิได้แสดงผลการทดลองหรืออุปกรณ์ที่ใช้จริงในการศึกษานี้

สรุป/ข้อเสนอแนะ

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การใช้กิจกรรมทางไฟฟ้าของผิวหนัง (Electrodermal Activity: EDA) เป็นวิธีการที่มีศักยภาพในการตรวจจับและจำแนกสภาวะความเครียด โดยงานวิจัยส่วนใหญ่รายงานค่าความถูกต้องอยู่ในระดับดีถึงดีมาก สะท้อนให้เห็นว่า EDA สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทอัตโนมัติที่เกี่ยวข้องกับความเครียดได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่มีแรงกดดันทางสติปัญญาหรือการทำงาน อย่างไรก็ตาม ค่าความถูกต้องดังกล่าวยังมีความแปรผันตามปัจจัยหลายประการ เช่น รูปแบบการทดลอง วิธีการกระตุ้นความเครียด ตำแหน่งการติดตั้งเซนเซอร์ และเทคนิคการประมวลผลสัญญาณ ทำให้การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการศึกษาเป็นไปได้อย่างจำกัด อีกทั้งสัญญาณ EDA ยังมีความไวต่อปัจจัยรบกวนอื่น เช่น การเคลื่อนไหว อุณหภูมิ และสภาพแวดล้อม ซึ่งอาจส่งผลต่อความถูกต้องในการตีความผลลัพธ์ ดังนั้น ข้อเสนอแนะจากการศึกษานี้คือ งานวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นการพัฒนาและทดสอบการใช้งาน EDA ในสภาพแวดล้อมจริงนอกห้องปฏิบัติการ ควบคู่กับการออกแบบอุปกรณ์สวมใส่ที่ใช้งานได้สะดวกและเหมาะสมต่อการติดตามระยะยาว รวมถึงการปรับปรุงวิธีการประมวลผลสัญญาณและ

แบบจำลองการจำแนกเพื่อเพิ่มความสามารถในการแยกแยะสัญญาณความเครียดออกจากสัญญาณรบกวนอย่างแม่นยำ ซึ่งจะช่วยยกระดับความน่าเชื่อถือของ EDA และสนับสนุนการนำไปประยุกต์ใช้ในการเฝ้าระวังและส่งเสริมสุขภาพจิตในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Alberdi, A., Aztiria, A., & Basarab, A. (2016). Towards an automatic early stress recognition system for office environments based on multimodal measurements: A review. *Journal of Biomedical Informatics*, 59, 49–75.
- Can, Y. S., Arnrich, B., & Ersoy, C. (2019). Stress detection in daily life scenarios using smart phones and wearable sensors: A survey. *Journal of Biomedical Informatics*, 92, 103139.
- Chu, B., Marwaha, K., Ayers, D., & Sanvictores, T. (2024). *Physiology, stress reaction*. StatPearls Publishing
- Cox, O. D., Munjal, A., McCall, W. V., Miller, B. J., Baeken, C., & Rosenquist, P. B. (2023). A review of clinical studies of electrodermal activity and transcranial magnetic stimulation. *Psychiatry Research*, 329, 115535.
- De Vries, S., Smits, R., Tataj, M., Ronckers, M., Van Oost, F., et al. (2022). *Accurate stress detection from novel real-time electrodermal activity signals and multi-task learning models*. In Proceedings of the AHFE International Conference.
- Godoy, L. D., Rossignoli, M. T., Delfino-Pereira, P., Garcia-Cairasco, N., & de Lima Umeoka, E. H. (2018). A comprehensive overview on stress neurobiology: Basic concepts and clinical implications. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12, 127.
- Hayley, S., Hakim, A. M., & Albert, P. R. (2021). Depression, dementia and immune dysregulation. *Brain*, 144(3), 746–760

- Kong, Y., Posada-Quintero, H. F., Tran, H., Talati, A., Acquista, T. J., Chen, I.-P., et al. (2023). Differentiating between stress- and EPT-induced electrodermal activity during dental examination. *Computers in Biology and Medicine*, 155, 106695.
- Liapis, A., Katsanos, C., Sotiropoulos, D., Xenos, M., & Karousos, N. (2015). Stress recognition in human-computer interaction using physiological and self-reported data: A study of gender differences. In *Proceedings of the 19th Panhellenic Conference on Informatics*. 323–328). ACM.
- Markiewicz, R., Markiewicz-Gospodarek, A., & Dobrowolska, B. (2022). Galvanic skin response features in psychiatry and mental disorders: A narrative review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13428.
- Martínez-Rodrigo, A., Zangróniz, R., Pastor, J. M., & Sokolova, M. V. (2016). Arousal level classification of the aging adult from electrodermal activity: From hardware development to software architecture. *Pervasive and Mobile Computing*, 34, 46–59.
- Pakarinen, T., Pietilä, J., & Nieminen, H. (2019). Prediction of self-perceived stress and arousal based on electrodermal activity. In *Proceedings of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 2191–2195.
- Setz, C., Arnrich, B., Schumm, J., La Marca, R., Tröster, G., & Ehlert, U. (2010). Discriminating stress from cognitive load using a wearable EDA device. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 14(2), 410–417.
- Singh, A. A., Sharma, P., Verma, S., Kumar, S. K., Singh, A., & Akl, T. J. (2020). Electrodermal activity-based pre-surgery stress detection using a wrist wearable. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 24(1), 92–100.

Sugimine, S., Saito, S., & Takazawa, T. (2020). Normalized skin conductance level could differentiate physical pain stimuli from other sympathetic stimuli. *Scientific Reports*, 10,

Yaribeygi, H., Panahi, Y., Sahraei, H., Johnston, T. P., & Sahebkar, A. (2017). The impact of stress on body function: A review. *EXCLI Journal*, 16, 1057–1072.

Zangróniz, R., Martínez-Rodrigo, A., Pastor, J. M., López, M. T., & Fernández-Caballero, A. (2017). Electrodermal activity sensor for classification of calm/distress condition. *Sensors*, 17(10), 2324.