



การประเมินความสามารถของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการรู้จำกิจกรรมมนุษย์ และการพัฒนาขาเทียมที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์

อัฐพล ขาวนวล* และ นันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร

ศูนย์นวัตกรรมสำหรับวิศวกรรมปัญญาประดิษฐ์และการยศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มนัสชนก จงประสิทธิ์พร

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 8753 5175 อีเมล: uttapon.kn@gmail.com

DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.05.022

รับเมื่อ 25 พฤษภาคม 2563 แก้ไขเมื่อ 9 มิถุนายน 2563 ตอรับเมื่อ 30 มิถุนายน 2563 เผยแพร่ออนไลน์ 25 พฤษภาคม 2564

© 2021 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

ระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์สำหรับขาเทียมที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์สามารถส่งเสริมให้ผู้สวมใส่มีความสะดวกและการเคลื่อนไหวได้เป็นธรรมชาติมากยิ่งขึ้น แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมที่ถูกพัฒนาในการศึกษารุ่นนี้เพื่อจำแนกกิจกรรมการเคลื่อนไหวโดยใช้ข้อมูลเซนเซอร์แอคเซลอโรมิเตอร์และไจโรสโคป ชุดข้อมูลการเดินที่มีการเปิดเผยต่อสาธารณะจากผู้ทดลอง 30 คน มีอายุอยู่ในช่วง 19 ถึง 48 ปี แต่ละคนดำเนิน 6 กิจกรรม ได้แก่ การเดินที่ความเร็วปกติ เดินขึ้นบันได เดินลงบันได ทำนั่งปกติ ยืนตัวตรง และการนอน ข้อมูลชุดนี้ถูกนำมาใช้ฝึกอบรมและทดสอบแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม จำนวนเซลล์ประสาทในชั้นซ่อนถูกตั้งค่าโดยการเพิ่มทีละ 1 เซลล์ โดยเริ่มจากจำนวน 1 เซลล์ จนถึง 200 เซลล์ จนกว่าโครงข่ายให้ความถูกต้อง ความไว และความจำเพาะสูงสุด โครงข่ายแบบป้อนไปข้างหน้าและวิธีการเรียนรู้แบบส่งค่าย้อนกลับถูกใช้ในการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม ผลการทดลองพบว่า จำนวนเซลล์ประสาทที่เหมาะสมในชั้นซ่อนเท่ากับ 73 เซลล์ แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมนี้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาขาเทียมที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์

คำสำคัญ: โครงข่ายประสาทเทียม ระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์ ขาเทียมที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เซนเซอร์แอคเซลอโรมิเตอร์และไจโรสโคป

การอ้างอิงบทความ: อัฐพล ขาวนวล, นันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร และ มนัสชนก จงประสิทธิ์พร, "การประเมินความสามารถของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการรู้จำกิจกรรมมนุษย์และการพัฒนาขาเทียมที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 31, ฉบับที่ 4, หน้า 614-623, ต.ค.-ธ.ค. 2564.



Evaluation of Artificial Neural Networks Structures for Human Activity Recognition and Development of a Computerized Prosthetic Leg

Uttapon Khawnuan* and Nantakrit Yodpijit

Center for Innovation in Human Factors Engineering and Ergonomics, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, Thailand

Manutchanok Jongprasithporn

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 8753 5175, E-mail: uttapon.kn@gmail.com

DOI: 10.14416/j.kmutnb.2021.05.022

Received 25 May 2020; Revised 9 June 2020; Accepted 30 June 2020; Published online: 25 May 2021

© 2021 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Human activity recognition system for computerized prosthetic leg can help the wearers to have a more comfortable and natural movement. In this study, an artificial neural network (ANN) model was constructed to classify movement activities based on accelerometer and gyroscope sensors. The publicly available walking dataset was collected from 30 subjects aged between 19–48 years. Each subject performed 6 activities (normal walking, upstairs walking, downstairs walking, sitting, standing and laying). This dataset was used for training and testing the ANN model. A number of neurons in the hidden layer were set by changing them from 1 to 200 with an interval of 1 until the network with most accuracy sensitivity and specificity was collected. The feedforward neural network (FFNN) trained using backpropagation (BP) was used to build the ANN model. The results showed that the optimal number of neurons in the hidden layer was 73. This ANN model can be applied in the development of computerized prosthetic leg.

Keywords: Artificial Neural Network, Human Activity Recognition System, Computerized Prosthetic Leg, Accelerometer and Gyroscope Sensors

Please cite this article as: U. Khawnuan, N. Yodpijit, and M. Jongprasithporn, "Evaluation of artificial neural networks structures for human activity recognition and development of a computerized prosthetic leg," *The Journal of KMUTNB*, vol. 31, no. 4, pp. 614–623, Oct.–Dec. 2021 (in Thai).



1. บทนำ

ปัจจุบันประชากรจำนวน 40 ล้านคน ทั่วโลกต้องดำรงชีวิตอยู่กับความพิการ แต่มีเพียงร้อยละ 5 ของผู้พิการทั้งหมดที่สามารถเข้าถึงอุปกรณ์ช่วยเหลือ [1] ในประเทศไทยมีรายงานสถิติที่แสดงให้เห็นว่ามีประชากรประมาณ 2 ล้านคน มีปัญหาเกี่ยวกับการเคลื่อนไหว และเป็นผู้พิการที่ถูกต้องอย่างล่งประมาณ 50,000 คน [2] ปัจจุบันส่วนใหญ่เทคโนโลยีขาเทียมที่ทันสมัยมีราคาที่สูงมาก ทำให้ผู้พิการส่วนใหญ่ไม่สามารถเข้าถึงขาเทียมที่ทันสมัย ผู้พิการที่ถูกต้องขาบริเวณเหนือเข่าในประเทศไทยถูกจำกัดและได้ใช้แค่ขาเทียมแบบดั้งเดิมที่มีต้นทุนต่ำ ต่อมาผู้พิการเหล่านี้ได้รับรู้ถึงความสามารถของขาเทียมที่ทันสมัยที่สามารถส่งเสริมความสะดวกและการเคลื่อนไหวได้เป็นธรรมชาติมากขึ้น ในขณะที่ทำกิจกรรมประจำวัน ซึ่งทำให้ผู้พิการที่สวมใส่ขาเทียมนี้มีความสุขในการใช้ชีวิตประจำวันเพิ่มขึ้น [3] ซึ่งทำให้ผู้พิการสามารถดำรงชีวิตด้วยความสามารถสูงสุดในสังคม ต่อจากนี้ผู้พิการจะต้องไม่ถูกจำกัดโดยเทคโนโลยี ด้วยเหตุผลที่ว่าเทคโนโลยีเหล่านี้มีราคาสูง

หนึ่งในความท้าทายที่สำคัญในการพัฒนาขาเทียมที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์คือ ระบบที่ผู้สวมใส่จะสามารถควบคุมขาเทียม เรียกว่า ระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์ (Human Activity Recognition) ซึ่งระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์เป็นความต้องการขั้นพื้นฐานสำหรับการควบคุมขาเทียม ที่ผ่านมามีงานวิจัยที่ได้พิสูจน์ให้เห็นถึงการใช้อะกเซอเรอเมเตอร์ (Accelerometer) และเซนเซอร์ (Sensor) เพื่อรวบรวมข้อมูลรู้จำกิจกรรมมนุษย์ [4] ได้มีงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้มีการเปิดเผยประโยชน์ในการใช้งานวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) สำหรับระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์ [5]-[7] ซึ่งให้ความแม่นยำสูงในการจำแนกกิจกรรม ปัจจุบันโครงข่ายประสาทเทียมนั้นยังมีปัญหาที่สำคัญก็คือการออกแบบโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งโครงสร้างมีผลเกี่ยวข้องโดยตรงกับอัตราความสำเร็จของการจำแนกกิจกรรม ดังนั้นการออกแบบโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมยังคงเป็นความท้าทายที่สำคัญ โดยโครงสร้างประกอบด้วย จำนวนของชั้นซ่อน (Hidden

Layer) จำนวนของเซลล์ประสาท (Nodes/Neurons) ฟังก์ชันกระตุ้น และตัวแปรการเรียนรู้ (Learning Parameters) [8], [9]

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมสำหรับระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์โดยใช้ข้อมูลเซนเซอร์ แอคเซอเรอเมเตอร์ และไจโรสโคป (Gyroscope) สำหรับการพัฒนาขาเทียมที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 ระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์

ระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์เป็นความต้องการหรือข้อกำหนดขั้นพื้นฐานสำหรับการทำงาน และมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างมนุษย์และขาเทียมเหนือเขาที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ถ้าขาเทียมเข้าใจและพยากรณ์กิจกรรมที่ต้องการของมนุษย์ได้ ขาเทียมก็สามารถให้ความช่วยเหลือและส่งเสริมการดำเนินกิจกรรมเหมือนลักษณะขาของมนุษย์ได้ดียิ่งขึ้น ระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์จะสำเร็จได้โดยเปรียบเทียบสถานะกิจกรรมของขาเทียมกับผลกิจกรรมที่ได้จากแบบจำลอง แบบจำลองดังกล่าวได้มี "การฝึกอบรม" ด้วยฐานข้อมูลที่เหมาะสม หลังจากนั้น แบบจำลองถูกนำมาใช้สำหรับการรู้จำกิจกรรมมนุษย์แบบเวลาจริง เพื่อที่จะทำการฝึกและใช้งานแบบจำลองดังกล่าว ขั้นตอนแรกต้องกำหนดข้อมูลป้อนเข้าที่เหมาะสม (Input) โดยเฉพาะการเลือกชุดเซนเซอร์ที่เหมาะสม ความยาวเฟรมที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลนั้น และชุดคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะสกัดจากแต่ละหน้าต่างข้อมูล นอกจากนี้ เพื่อที่จะนำไปประยุกต์ใช้แบบเวลาจริง การลดขนาดข้อมูลที่เหมาะสมเป็นสิ่งจำเป็น เมื่อเลือกข้อมูลป้อนเข้าที่เหมาะสมแล้ว แบบจำลองถูกสร้างขึ้นตามชุดข้อมูลการฝึกอบรม หลังจากแบบจำลองรู้จำโหมดกิจกรรมถูกสร้างขึ้น เช่น การเดิน การยืน และการนั่ง เป็นต้น แบบจำลองนี้ถูกนำไปใช้ในขาเทียมแบบตามเวลาจริงเพื่อกำหนดกิจกรรมที่น่าจะเป็นมากที่สุดในช่วงเวลาที่กำหนด เพื่อเพิ่มโอกาสในการกำหนดโหมดกิจกรรมที่ถูกต้องในการใช้งาน

2.2 ข้อมูลตัวรับรู้

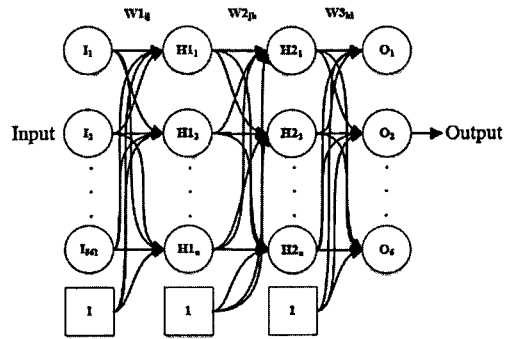
เพื่อระบุความสามารถทางเทคนิคของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม งานวิจัยนี้นำชุดข้อมูลทดลองการเดินที่เปิดเผยต่อสาธารณะมาดำเนินการทดลอง โดยข้อมูลชุดนี้มีข้อมูลทดลองการเดินที่ได้ดำเนินการกิจกรรม 6 กิจกรรม ซึ่งประกอบด้วย การเดินที่ความเร็วปกติ เดินขึ้นบันได เดินลงบันได ทำนั่งปกติ ยืนตัวตรง และการนอน [10] ข้อมูลชุดนี้ได้รับจากผู้เข้าร่วมการทดลอง 30 คน ข้อมูลที่ใช้สำหรับการฝึกอบรมมีจำนวน 7,352 เหตุการณ์ และข้อมูลที่ใช้สำหรับการทดสอบมีจำนวน 2,947 เหตุการณ์ แต่ละเหตุการณ์มีคุณสมบัติ 561 คุณสมบัติ

2.3 การเลือกสถาปัตยกรรม

โครงข่ายประสาทเทียมจะต้องถูกกำหนดโดยจำนวนปัญหาที่ป้อนเข้า และจำนวนของเอาต์พุต (Output) ดังนั้นจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นอินพุต (Input Layer) เท่ากับจำนวนปัญหาที่ป้อนเข้า เช่นเดียวกันจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นเอาต์พุต (Output Layer) เท่ากับจำนวนปัญหาของเอาต์พุต โครงข่ายประสาทเทียมโดยทั่วไปจะมี 2 หรือ 3 ชั้น [11]

2.4 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม

แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในงานวิจัยนี้ดำเนินการด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบป้อนไปข้างหน้า (Feed-Forward Artificial Neural Networks) และวิธีการเรียนรู้แบบส่งค่าย้อนกลับ (Backpropagation Learning Method) แบบจำลองนี้ถูกใช้เพื่อรู้จำรูปแบบกิจกรรม และถูกออกแบบบนพื้นฐานสถาปัตยกรรมของเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น (Multi-layer Perceptron) [11] แบบจำลองนี้ประกอบด้วยชั้นข้อมูลป้อนเข้า มีจำนวนเซลล์ประสาท 561 จำนวน ซึ่งเท่ากับคุณสมบัติของข้อมูลเซนเซอร์ ชั้นซ่อนจำนวน 1 ชั้น และชั้นเอาต์พุตจำนวน 1 ชั้น มีจำนวนเซลล์ประสาท 6 จำนวน เท่ากับจำนวนกิจกรรม จำนวนเซลล์ประสาทในชั้นซ่อนถูกตั้งค่าโดยการเพิ่มทีละ 1 เซลล์ โดยเริ่มจากจำนวน 1 เซลล์



รูปที่ 1 สถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม

จนถึง 200 เซลล์ จนกว่าโครงข่ายให้ความถูกต้อง ความไว และความจำเพาะสูงสุด และเลือกใช้ฟังก์ชันกระตุ้น LOGSIG เพราะให้ค่าความถูกต้อง ค่าความไว และ ค่าความจำเพาะสูง ซึ่งเป็นข้อกำหนดพื้นฐานของระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์ งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลเซนเซอร์แอคเซลอโรมิเตอร์และไจโรสโคป ในวิธีการทดลองแบบลองผิดลองถูก (Trial and Error) เพื่อระบุโครงข่ายที่เหมาะสมสำหรับระบบรู้จำกิจกรรม โดยรูปที่ 1 แสดงสถาปัตยกรรมโครงข่ายประสาทเทียม

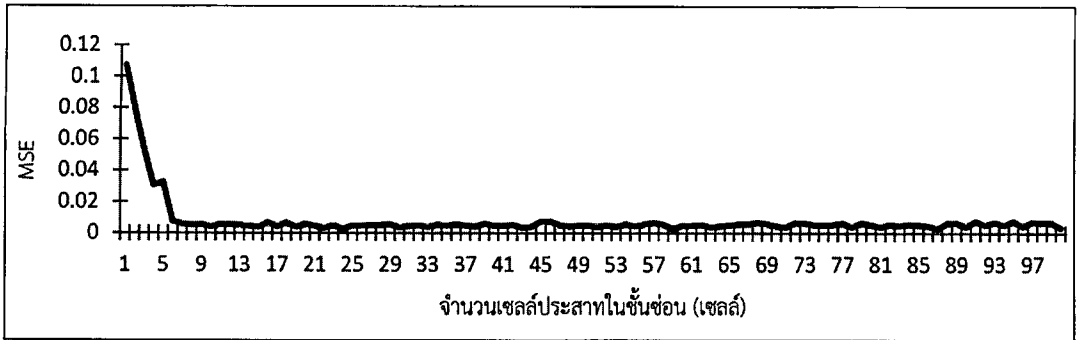
3. ผลการทดลอง

3.1 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง

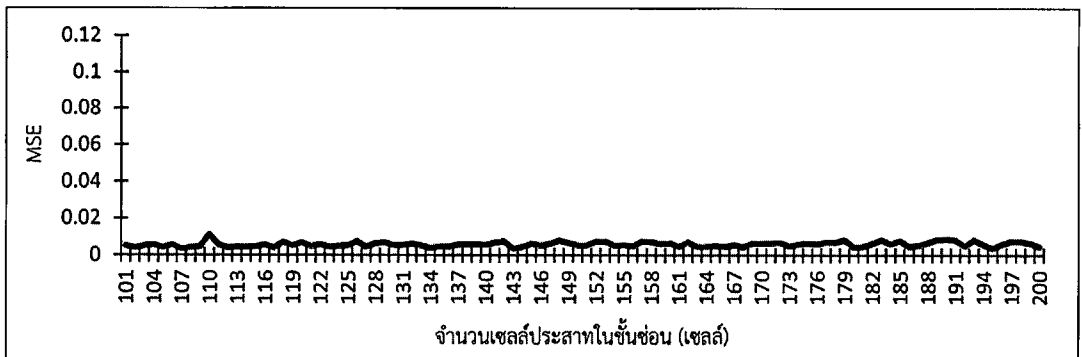
ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (Mean Squared Error; MSE) ถูกนำมาใช้ในการคำนวณความถูกต้องของแบบจำลองและเปรียบเทียบระหว่างจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นซ่อนโดย MSE วัดค่าเฉลี่ยกำลังสองของความผิดพลาดระหว่างค่าจริง โดยค่า MSE คำนวณดังสมการที่ (1)

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - o_i)^2 \quad (1)$$

จำนวนเซลล์ประสาทในชั้นซ่อนที่เหมาะสมสำหรับระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์ถูกกำหนดโดยค่า MSE ที่น้อยที่สุด พบว่า จำนวนเซลล์ประสาทในชั้นซ่อน 24 ตัว มีค่า MSE น้อยที่สุด มีค่า MSE เท่ากับ 0.002671 รูปที่ 2 และ รูปที่ 3 แสดงค่า MSE ของจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นซ่อน



รูปที่ 2 ค่า MSE ของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (1 ถึง 100 เซลล์)



รูปที่ 3 ค่า MSE ของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (101 ถึง 200 เซลล์)

3.2 ค่าความถูกต้อง (Accuracy) ค่าความไว (Sensitivity) ค่าความจำเพาะ (Specificity)

นอกจากค่า MSE แล้ว งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์โครงสร้างที่เหมาะสมโดยการคำนวณค่าความถูกต้อง คำนวณตั้งสมการที่ (2)

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2)$$

เมื่อ TP คือ จำนวนกิจกรรมที่แบบจำลองทำนายว่าจริงและกิจกรรมนั้นได้เกิดขึ้นจริง

TN คือ จำนวนกิจกรรมที่แบบจำลองทำนายว่าไม่จริงและกิจกรรมนั้นไม่ได้เกิดขึ้นจริง

FP คือ จำนวนกิจกรรมที่แบบจำลองทำนายว่าจริง แต่กิจกรรมนั้นไม่ได้เกิดขึ้นจริง

FN คือ จำนวนกิจกรรมที่แบบจำลองทำนายว่าไม่จริง แต่กิจกรรมนั้นได้เกิดขึ้นจริง

ค่าความไว สามารถคำนวณได้ตั้งสมการที่ (3)

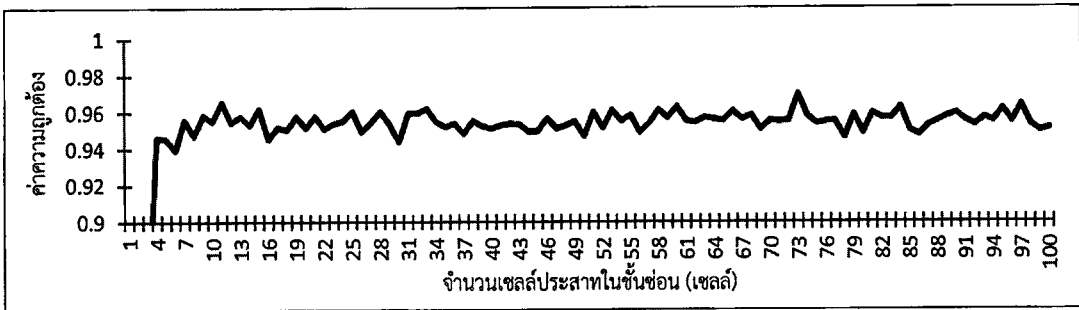
$$sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

และค่าความจำเพาะสามารถคำนวณได้ตั้งสมการที่ (4)

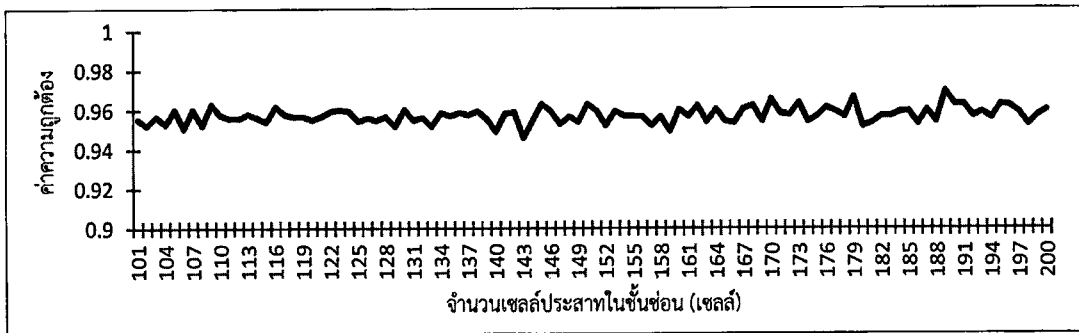
$$specificity = \frac{TN}{TN + FP} \quad (4)$$

3.2.1 ค่าความถูกต้อง

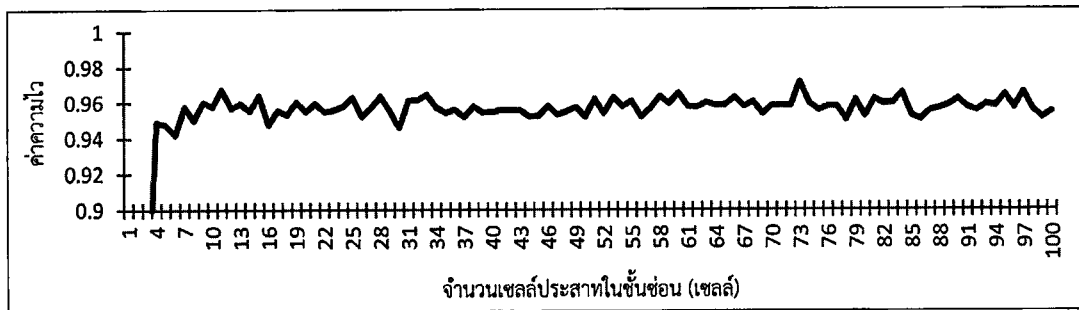
ค่าความถูกต้องของโครงข่ายประสาทเทียมถูกกำหนดโดยความสามารถที่รู้จำกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง ค่าความถูกต้องคำนวณจากความสัมพันธ์ระหว่าง TP และ TN [12] ค่าความถูกต้องของจำนวนเซลล์ประสาทในโครงข่ายของโครงข่ายประสาทเทียมแสดงดังรูปที่ 4 และ รูปที่ 5 ค่าความถูกต้องที่มากที่สุดเท่ากับ 0.9698 โดยมีจำนวนเซลล์ประสาท 73 จำนวน



รูปที่ 4 ค่าความถูกต้องของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (1 ถึง 100 เซลล์)



รูปที่ 5 ค่าความถูกต้องของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (101 ถึง 200 เซลล์)



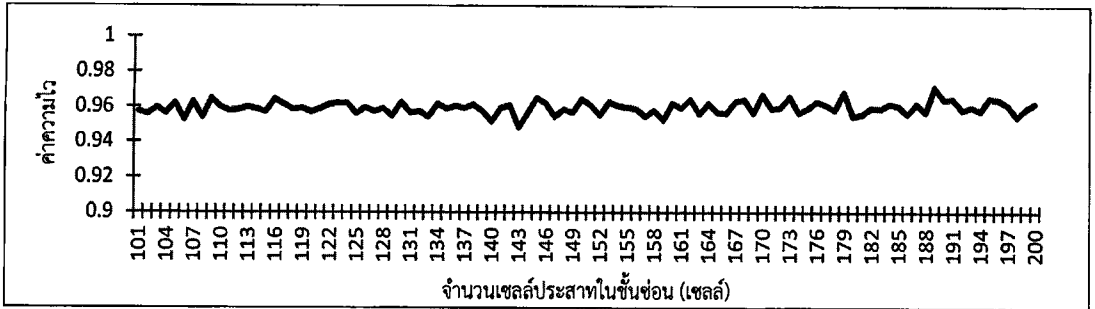
รูปที่ 6 ค่าความไวของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (1 ถึง 100 เซลล์)

3.2.2 ค่าความไว

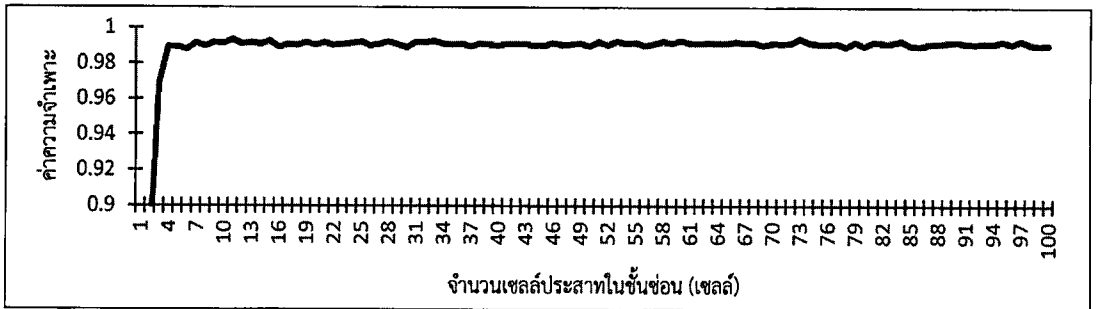
ค่าความไวของการทดสอบนี้กำหนดโดยความสามารถในการรู้จักกิจกรรม ถ้ากิจกรรมนั้นสามารถตรวจจับได้อย่างถูกต้องตามเงื่อนไข เช่น การเดิน [13], [14] โดยค่าความไวคำนวณโดยการพิจารณาอัตราส่วนของกิจกรรมที่ทดสอบว่าเป็น TP เช่น เหตุการณ์การเดิน ค่าความไวของจำนวนเซลล์ประสาทในโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแสดงดังรูปที่ 6 และรูปที่ 7 ค่าความไวที่มากที่สุดเท่ากับ 0.9715 โดยมีจำนวนเซลล์ประสาท 73 จำนวน

3.2.3 ค่าความจำเพาะ

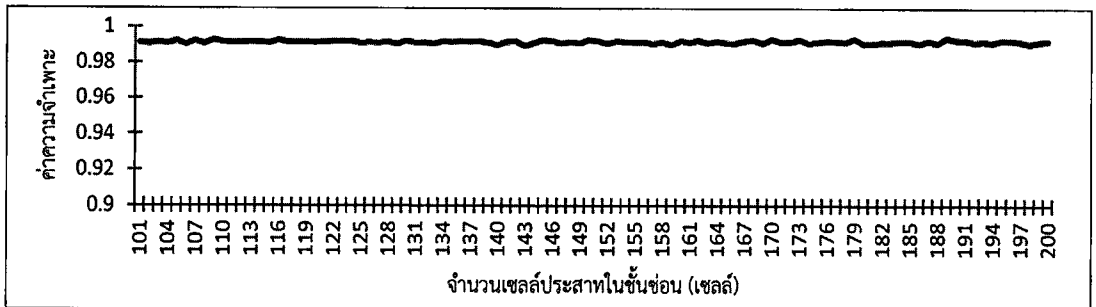
ค่าความจำเพาะของการทดลองนี้จะสามารถเห็นได้ในการความสามารถรู้จักของกิจกรรมที่ตรวจพบอย่างถูกต้องโดยไม่ตรงกิจกรรมที่กำหนด เช่น กิจกรรมที่ไม่ใช่การเดิน ค่าความจำเพาะคำนวณโดยการพิจารณาอัตราส่วนของกิจกรรมที่เป็น TN ในกิจกรรมอื่นๆที่ไม่ใช่กิจกรรมการเดิน ค่าความจำเพาะของจำนวนเซลล์ประสาทในโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมแสดงดังรูปที่ 8 และรูปที่ 9 ค่าความจำเพาะที่มากที่สุดเท่ากับ 0.994 โดยมีจำนวนเซลล์ประสาท 73 จำนวน



รูปที่ 7 ค่าความไวของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (101 ถึง 200 เซลล์)



รูปที่ 8 ค่าความจำเพาะของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (1 ถึง 100 เซลล์)



รูปที่ 9 ค่าความจำเพาะของโครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (101 ถึง 200 เซลล์)

4 อภิปรายผลและสรุป

ประโยชน์ที่สำคัญของระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์คือ เพื่อช่วยเหลือให้ผู้พิการที่ถูกตัดรยางค์ล่างบริเวณเหนือเข่า สามารถดำเนินกิจกรรมประจำวันได้ดียิ่งขึ้น ผ่านการใช้งาน เซนเซอร์แอคเซลอโรมิเตอร์และไจโรสโคป ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา เซนเซอร์แอคเซลอโรมิเตอร์และไจโรสโคป ถูกนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการพัฒนาขาเทียมที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์และเก็บข้อมูลการเคลื่อนไหวของการทำงานของกิจกรรมประจำวัน

โครงข่ายประสาทเทียมได้มีการถูกนำมาใช้ในระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์ [5], [15]–[18] แต่ทว่าการกำหนดโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสมยังคงเป็นปัญหาสำคัญ เนื่องจากมีผลเกี่ยวของโดยตรงกับค่าความถูกต้องในการจำแนกกิจกรรมประจำวัน

จากการทดลองหาเซลล์ประสาทที่เหมาะสมโดยใช้เงื่อนไขในการทดลองเดียวกัน สังเกตเห็นค่า MSE สามารถตีความได้ว่า จำนวนเซลล์ประสาท 24 จำนวน จะทำงานได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม ค่าความถูกต้อง ค่าความไว และค่า



ความจำเพาะของค่าเฉลี่ยจากกิจกรรมทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าจำนวนเซลล์ประสาท 73 จำนวน สามารถทำงานได้ดีที่สุดเพื่อให้มีการจำแนกกิจกรรมที่ผิดพลาดน้อยที่สุด เนื่องจากการจำแนกที่ผิดพลาดอาจจะทำให้ผู้สวมใส่เกิดอันตรายได้ และจำนวนเซลล์ประสาทที่น้อยเกินไปไม่สามารถจำแนกกิจกรรมได้อย่างแม่นยำ สำหรับระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์ที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์แอคเซเลอโรมิเตอร์และไจโรสโคป ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบผลของการรู้จำกิจกรรมของชุดข้อมูลทดลองการเดิน กับงานวิจัยอื่นที่ได้ใช้โครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชันที่มีการใช้ชุดข้อมูลทดสอบชุดเดียวกันที่ดูค่าความถูกต้องของค่าเฉลี่ยจากกิจกรรมทั้งหมด (Convolutional Neural Networks; CNN) [15]

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของวิธีการอื่น

Method	Accuracy
CNN + Stat. features + data centering	0.9763
CNN + Stat. features	0.9606
CNN + Stat. features + data normalization	0.9548
CNN	0.9531
CNN + Data centering	0.9235
CNN + Data normalization	0.9077
FFNN (This paper)	0.9698

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการศึกษาโครงสร้างที่เหมาะสมของโครงข่ายประสาทเทียมในการเปรียบเทียบ 1) MSE 2) ค่าความถูกต้อง 3) ค่าความไว และ 4) ค่าความจำเพาะ โครงสร้างโครงข่ายประสาทเทียมโดยเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้นถูกนำมาใช้สำหรับการทดลองฝึกอบรมและการทดสอบบนชุดข้อมูลทดลองการเดิน ซึ่งจำนวนเซลล์ประสาทจะถูกทดสอบผ่านการทดลอง ซึ่งผลการทดลองของจำนวนเซลล์ประสาทจะถูกประเมินเพื่อหาโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมที่เหมาะสม งานวิจัยนี้สามารถสรุปได้ว่าโครงสร้างที่เหมาะสมคือ ในชั้นป้อนเข้ามีจำนวนเซลล์ประสาท 561 จำนวน ชั้นซ่อนมีจำนวนเซลล์ประสาท 73 จำนวน และชั้นเอาต์พุตมีจำนวนเซลล์ประสาท 6 จำนวน

โดยใช้ฟังก์ชันกระตุ้น LOGSIG เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์ที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์แอคเซเลอโรมิเตอร์และไจโรสโคป ประสิทธิภาพของโครงสร้างนี้ คือให้ค่าความถูกต้อง ค่าความไว และค่าความจำเพาะของค่าเฉลี่ยจากกิจกรรมทั้งหมด ซึ่งเป็นข้อกำหนดพื้นฐานของระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์ เพื่อที่จะให้ผู้พิการเข้าถึงเทคโนโลยีอำนวยความสะดวกที่สามารถช่วยเหลือผู้พิการให้ดำเนินชีวิตและทำกิจวัตรประจำวันได้ดียิ่งขึ้น มีการคาดการณ์ว่าระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์ยังคงเป็นหัวข้อการวิจัยสำหรับงานวิจัยในอนาคตเพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้พิการที่ถูกลดหยดค่าจ้างบริเวณเหนือเขา ที่สำคัญผลการวิจัยจากการศึกษาครั้งนี้จะถูกนำมาใช้สำหรับการพัฒนาระบบรู้จำกิจกรรมมนุษย์ที่ใช้ข้อมูลจากเซนเซอร์แอคเซเลอโรมิเตอร์และไจโรสโคปเป็นข้อมูลที่ป้อนเข้าสู่ระบบสำหรับการพัฒนาขาเทียมที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์

การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดหลักก็คือการใช้งานชุดข้อมูลทดลองการเดิน และการเลือกจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นซ่อน ซึ่งค่อนข้างเป็นความท้าทายสำหรับการออกแบบโครงสร้างของโครงข่ายประสาทเทียมให้เหมาะสม งานวิจัยในอนาคตจะมุ่งเน้นไปที่การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์การดำเนินกิจวัตรประจำวันของผู้พิการที่ถูกลดหยดค่าจ้างบริเวณเหนือเขา และจะดำเนินการพัฒนาขาเทียมที่ควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทางการเงินโดยสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้เขียนขอขอบคุณบุคลากรของศูนย์นวัตกรรมสำหรับวิศวกรรมปัจจัยมนุษย์และการกายศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สำหรับการสนับสนุนทางการเงินทดลอง และขอขอบคุณ Mr.Bengt Soderberg และ Dr.Teddy Fagerstrom ของสแกนดิเนเวียน ออร์โธปิดิกส์ แล็บบอราทอรี (Scandinavian Orthopaedic Laboratory; SOL) และองค์การวิชาชีพกายอุปกรณ์สากล (International Society for Prosthetics and Orthotics;



ISPO) สำหรับคำแนะนำที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับเทคโนโลยีทางด้านกายอุปกรณ์

เอกสารอ้างอิง

- [1] L. International. (2017, August). *Why Limbs*. [Online]. Available: <https://www.limbsinternational.org/why-limbs.html>
- [2] Department of Empowerment of Persons with Disabilities, "Situation Report on Persons with Disabilities in Thailand," Ministry of Social Development and Human Security, Bangkok, Thailand, 2017 (in Thai).
- [3] N. Yodpijit, M. Jongprasithporn, U. Khawnuan, T. Sittiwanchai, J. Siriwatsopon, and G. Guerra. (2018, June). *Human-centered design of computerized prosthetic leg: A questionnaire survey for user needs assessment*. [Online]. Available: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-94947-5_98
- [4] E. Zheng, B. Chen, X. Wang, Y. Huang, and Q. Wang, "On the design of a wearable multi-sensor system for recognizing motion modes and sit-to-stand transition regular paper," *International Journal of Advanced Robotic Systems*, vol. 11, no. 30, pp. 1–8, 2014.
- [5] Z. Yu and M. Lee, "Human motion based intent recognition using a deep dynamic neural model," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 71, pp. 134–149, 2015.
- [6] H. Huang, T. A. Kuiken, and R. D. Lipschutz, "A strategy for Identifying locomotion modes using surface electromyography," *IEEE Transactions on Bio-medical Engineering*, vol. 56, no. 1, pp. 65–73, 2009.
- [7] B. hen, E. Zheng, X. Fan, T. Liang, Q. Wang, K. Wei, and Long Wang, "Locomotion mode classification using a wearable capacitive sensing system," *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, vol. 21, no. 5, pp. 744–755, 2013.
- [8] I. A. Basheer and M. Hajmeer, "Artificial neural networks: Fundamentals, computing, design, and application," *Journal of Microbiological Methods*, vol. 43, no. 1, pp. 3–31, 2000.
- [9] B. G. Zhang and M. Y. H. Eddy Patuwo, "Forecasting with artificial neural networks: The state of the art," *International Journal of Forecasting*, vol. 14, no. 1, pp. 35–62, 1998.
- [10] J. Reyes-Ortiz, D. Anguita, A. Ghio, L. Oneto, and X. Parra. (2019, April). *UCI machine learning repository: Human activity recognition using smartphones data set*, 2012. [Online]. Available: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/human+activity+recognition+using+smartphones>
- [11] K. L. Du and M. N. S. Swamy, *Neural Networks in a Softcomputing Framework*. Springer Science & Business Media, 2006.
- [12] A. Baratloo, M. Hosseini, A. Negida, G. El Ashal, and G. El Ashal, "Part 1: Simple definition and calculation of accuracy, sensitivity and specificity," *Archives of Academic Emergency Medicine (Emergency)*, vol. 3, no. 2, pp. 48–49, 2015.
- [13] H. Abdi, "Signal detection theory," in *Encyclopedia of Measurement and Statistics*, 3rd ed., Elsevier, 2007, pp. 313–324.
- [14] C. D. Wickens and J. G. Hollands, "Signal detection, information theory, and absolute judgment," in *Engineering Psychology and Human Performance*, Prentice Hall, 2000, pp. 17–28.
- [15] A. Ignatov, "Real-time human activity recognition from accelerometer data using



- convolutional neural networks,” *Applied Soft Computing Journal*, vol. 62, pp. 915–922, 2018.
- [16] U. Martinez-Hernandez and A. A. Dehghani-Sanij, “Adaptive bayesian inference system for recognition of walking activities and prediction of gait events using wearable sensors,” *Neural Networks*, vol. 102, pp. 107–119, 2018.
- [17] S. Au, M. Berniker, and H. Herr, “Powered ankle-foot prosthesis to assist level-ground and stair-descent gaits,” *Neural Networks*, vol. 21, no. 4, pp. 654–666, 2008.
- [18] M. M. Hassan, M. Z. Uddin, A. Mohamed, and A. Almogren, “A robust human activity recognition system using smartphone sensors and deep learning,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 81, pp. 307–313, 2018.