

การใช้ตำแหน่ง 2 ตำแหน่งในการพิสูจน์ตัวตนโดยใช้สัญญาณคลื่นสมองช่วงเดลต้า

TWO POSITIONS FOR PERSONAL AUTHENTICATION USING THE DELTA BRAIN WAVE SIGNAL

ปรีชา ตั้งเกรียงกิจ

อาจารย์ประจำ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ประยุกต์

คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีปทุม

ABSTRACT – This study discusses the authentication that uses delta brainwave signals. The purpose is to use only two positions of brainwaves to prove authentication. Based on the principle of supervised neural network, the number of features is reduced. Make learning more effective. The objective of this study was to investigate two-position of brainwave. The Delta brainwave signals of 40 subjects are explored. The practical technique, Independent Component Analysis (ICA) by SOBIRO algorithm is considered clean and separates the individual signals from noise. Delta brainwaves are extracted from brain signal for group recognition using the technique of supervised neural network for authenticating 40 subjects. The number of neurons in the hidden layer 5-26 neurons were test to find the optimal value of authentication for two positions brainwaves

KEY WORDS -- Electroencephalogram, Biometric, Identification, Independent component analysis, Neural network, Number of Neurons in Hidden Layer

บทคัดย่อ – งานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงเรื่องการพิสูจน์ตัวตนโดยใช้คลื่นสมองช่วงเดลต้ามาศึกษา มีจุดประสงค์เพื่อที่จะใช้ตำแหน่งเพียง 2 ตำแหน่งของคลื่นสมองในการพิสูจน์ตัวตน จากหลักการของโครงข่ายประสาทแบบมีการสอน (supervised neural network) จำนวนคุณสมบัติที่น้อยลง ทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ การศึกษาประสิทธิภาพการใช้ตำแหน่งคลื่นสมองในการพิสูจน์ตัวตน 2 ตำแหน่ง โดยใช้คลื่นสมองช่วงเดลต้าของผู้ทดลอง 40 คน มีการใช้เทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ (ICA) โดยวิธี SOBIRO ในการแยกสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณคลื่นสมองของแต่ละบุคคลและคัดแยกคลื่นสมองโดยใช้ช่วงที่มีความถี่ต่ำกว่า 4 เฮิรตซ์มาทดสอบ ใช้เทคนิคของโครงข่ายประสาทเทียมในการพิสูจน์ตัวตนของบุคคล 40 คน โดยมีการเปลี่ยนค่าจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอบแฝง (Hidden layer) ตั้งแต่ 5-26 เซลล์เพื่อหาค่าที่เหมาะสมในการหาตำแหน่ง 2 ตำแหน่งในการพิสูจน์ตัวตน

คำสำคัญ --สัญญาณคลื่นสมอง ชีวมาตร การพิสูจน์ตัวตน การวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ โครงข่ายประสาทเทียม เซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอบแฝง

1. บทนำ

การพิสูจน์ตัวตนเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อใช้เป็นวิธีในการพิสูจน์บุคคลและใช้ในระบบรักษาความปลอดภัย ในปัจจุบันการพิสูจน์ตัวตนมีหลากหลายรูปแบบ เช่น ลายเซ็น, ลายนิ้วมือ,

การสแกนม่านตา, การใช้รูปแบบของใบหน้า, การใช้เสียง ฯลฯ ซึ่งวิธีต่างๆก็มีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป คลื่นสมองเริ่มค้นถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์โรคต่างๆเกี่ยวกับสมองในทางการแพทย์ จนกระทั่งมีการค้นพบว่าคลื่นสมองมีเอกลักษณ์เฉพาะของแต่ละบุคคล จึงเริ่มมีการนำคลื่นสมองมาใช้ในการ

พิสูจน์ตัวตนและเริ่มเป็นการพิสูจน์ตัวตนที่น่าสนใจมากขึ้นในปัจจุบัน ปัญหาที่ศึกษาในการวิจัยเกี่ยวข้องกับการค้นหาวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อพิสูจน์ตัวบุคคลในลักษณะที่เป็นรหัสผ่านโดยใช้คลื่นสมองของแต่ละบุคคล ซึ่งการใช้คลื่นสมองจะมีข้อดีกว่าการใช้สายอักขระเป็นรหัสผ่าน เนื่องจากการปลอมคลื่นสมองทำได้ยากมาก ดังนั้นคุณค่าทางวิชาการของงานจึงอยู่ที่องค์ความรู้ของวิธีการที่จะรู้จำคลื่นสมองและแยกความแตกต่างคลื่นสมองของแต่ละคนอย่างมีประสิทธิภาพ ผลที่ได้จากงานนี้ สามารถนำไปประยุกต์ในเรื่องอื่นๆที่ใช้คลื่นสมองควบคุมการทำงานของเครื่องจักรหรือเครื่องคอมพิวเตอร์ในงานวิจัยนี้การแยกแยะบุคคล ได้ใช้หลักการของโครงข่ายประสาทแบบมีการสอน (supervised neural network) โดยมีเป้าหมายที่จะใช้ตำแหน่งในการจัดเก็บสัญญาณคลื่นสมอง 2 ตำแหน่ง รวมทั้งมีการทดลองใช้จำนวนเซลล์ประสาทที่เหมาะสมในชั้นข้อมูลแอบแฝง (Hidden layer) ในช่วง 5 ถึง 26 เซลล์ประสาทเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่สูงที่สุดในการแยกแยะบุคคลจำนวน 40 คน

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 Electroencephalography (EEG)

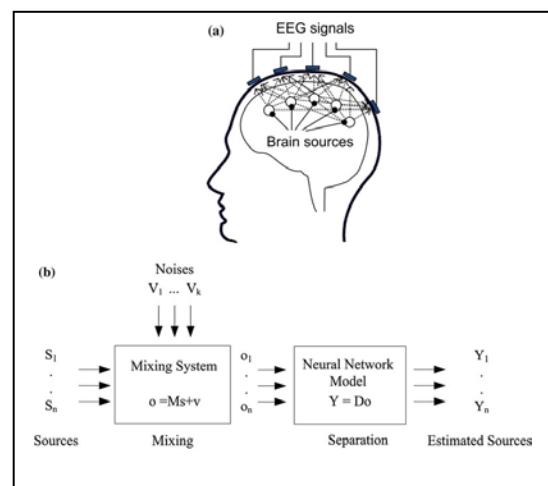
เป็นวิธีการวัดค่าสัญญาณไฟฟ้าซึ่งถูกผลิตออกมาจากสมองโดยใช้ตัวรับคลื่นไฟฟ้าติดที่บริเวณหนังศีรษะ คลื่นสมองที่ตรวจวัดได้ จะมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับสมองหรือเส้นประสาทในบริเวณที่ตรวจวัด EEG ถูกใช้ในทางการแพทย์เพื่อศึกษาถึงหน้าที่ของบริเวณต่างๆ ของสมอง นอกจากนี้ยังถูกใช้ศึกษาเกี่ยวกับกลไกพื้นฐานของจิตใจและวินิจฉัยโรคที่เกี่ยวข้องกับความผิดปกติของสมอง ปัจจุบัน EEG ยังถูกใช้มากในการวิจัยในเรื่อง Brain computer interface (BCI)

คลื่นสมองถูกแบ่งตามความถี่เป็น 5 ช่วงความถี่ดังนี้คือ

- 1) คลื่นเดลต้า (Delta wave) มีความถี่ต่ำกว่า 4 เฮิร์ตซ์
- 2) คลื่นเธต้า (Theta wave) ความถี่ประมาณ 4-8 เฮิร์ตซ์
- 3) คลื่นอัลฟา (Alpha wave) ความถี่ประมาณ 8-12 เฮิร์ตซ์
- 4) คลื่นเบต้า (Beta wave) ความถี่ประมาณ 12-30 เฮิร์ตซ์
- 5) คลื่นแกมมา (Gamma wave) ความถี่ประมาณ 30-100 เฮิร์ตซ์

2.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ Independent component analysis (ICA)

เนื่องจากสัญญาณจากคลื่นสมอง เป็นสัญญาณที่มีความแรงค่ามาก ในการจัดเก็บมักจะมีสัญญาณจากแหล่งอื่นๆ มาผสมด้วย เช่นสัญญาณไฟฟ้าจากหัวใจ สัญญาณไฟฟ้าจากการขยับกล้ามเนื้อที่ใบหน้า การกระพริบตา สัญญาณรบกวนจากการสะท้อน รวมถึงสัญญาณรบกวนจากตำแหน่งที่จัดเก็บข้างเคียง เป็นต้น ดังนั้นเทคนิคการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ จึงถูกนำมาเพื่อที่จะใช้แยกสัญญาณ EEG ที่จัดเก็บมาจากสัญญาณรบกวนอื่นๆ เพื่อที่จะได้ค่าสัญญาณคลื่นสมองในแต่ละจุดที่แท้จริงโดยไม่มีสัญญาณอื่นมารบกวน



รูปที่ 1. 1 (a) แสดงถึงการผสมสัญญาณที่ได้จากการจัดเก็บคลื่นสมอง, (b) หลักการทำงาน ของการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ

จากผลการวิจัยที่ผ่านมา Preecha [12] ได้ทดสอบขั้นตอนวิธีต่างๆของการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ เพื่อหาขั้นตอนวิธีที่เหมาะสม โดยทำการทดลองกับขั้นตอนวิธีคือ AMUSE, ERICA, EVD2, EWASOBI, FAJDC4, FJADE, FOBI-E, JADEop, JADETD, MULCOMBI, POWERICA, QJADE, SAD, SIMBEC, SOBI, SOBI-BPF, SOBIRO, SONS, SYMMETRIC, THINICA, UNICA, และ WASOBI พบว่าขั้นตอนวิธี SOBIRO ของการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระเป็นขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมกับคลื่นสมอง ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้วิธีทดลองกับขั้นตอนวิธี SOBIRO โดยใช้ โปรแกรม ICALAB

2.3 โครงข่ายประสาทเทียม (Neural network classification concept)

โครงข่ายประสาทเทียม เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เลียนแบบการทำงานของสมองมนุษย์ สำหรับประมวลผลสารสนเทศ โดยการทำงานของโครงข่ายประสาทเทียมจะประกอบด้วย ส่วนของการประมวลผลที่เรียกว่าเซลล์ประสาท ซึ่งมีการเชื่อมต่อกันเป็นโครงข่ายติดต่อกันภายในระหว่างเซลล์ประสาท มีน้ำหนักเป็นตัวกำหนดความสำคัญของการติดต่อภายในและช่วยในการตัดสินใจ การทำงานของเซลล์ประสาทบางโครงข่ายสามารถที่จะปรับแต่น้ำหนักได้ซึ่งอาจจะเป็นการปรับแต่งจากภายนอก เพื่อความสามารถในการเรียนรู้และจดจำของโครงข่ายประสาทเทียม โครงข่ายประสาทเทียมได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาต่างๆ อย่างกว้างขวาง การประยุกต์ใช้งานโครงข่ายประสาทเทียม มีตั้งแต่การใช้เพื่อตัดสินใจที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนไปจนถึงงานที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมาก ตัวอย่างการประยุกต์ของโครงข่ายประสาทเทียมได้แก่ การพยากรณ์ การจำแนกประเภท การจดจำรูปแบบ การควบคุมการประมวลผลแบบขนานกับข้อมูลปริมาณมากๆ ความสามารถในการเรียนรู้ เป็นต้น

จากปัญหาการพิสูจน์ตัวตน โดยใช้สัญญาณคลื่นสมอง สัญญาณที่ได้จากการแยกสัญญาณคลื่นสมองโดยใช้ ICA ไม่สามารถใช้ในการพิสูจน์ตัวตนโดยตรง ปัญหาในการพิสูจน์ตัวตน ถูกแปลงให้เป็นปัญหาในการจำแนกกลุ่มข้อมูล โดยใช้หลักการของโครงข่ายประสาทเทียม โครงข่ายประสาทเทียมในงานวิจัยนี้เป็นแบบเพอร์เซพตรอนหลายชั้น Multilayer perceptron (MLP) โดยมีการเรียนรู้ของระบบแบบ Conjugate gradient backpropagation โครงข่ายประสาทเทียมมี 3 ชั้นคือ ข้อมูลเข้า, ชั้นข้อมูลแอบแฝง, และชั้นข้อมูลออก ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบคือ Hyperbolic tangent

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าคลื่นสมองมีเอกลักษณ์ ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือพิสูจน์ตัวตนได้ โดยมีงานวิจัยดังนี้ Paranjape [2] ใช้เทคนิค Autoregressive (AR) model and Discriminant function analysis เพื่อที่จะใช้คลื่นสมองพิสูจน์ว่าเป็นบุคคลเดียวกัน Poulos [3] - [4] ใช้เทคนิค Fast fourier transform (FFT) and AR model สำหรับแยกแยะคุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นสมองแล้วใช้เทคนิค Learning vector quantizer

(LVQ) and Computational geometry (CG) ในการแยกแยะตัวบุคคล Palaniappan [5] - [8] ใช้การกระตุ้นด้วยแสงต่อระบบรับภาพ Visual Evoked Potential (VEP) ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการแยกแยะบุคคลโดยใช้คลื่นสมอง Marcel [9] เสนอเทคนิค Statistical framework based on a gaussian mixture และ Maximum a-posteriori models สำหรับการศึกษาตัวคน Preecha [10] - [12] ได้เสนอผลงานการศึกษาตัวคนโดยใช้หลักการของการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระและโครงข่ายประสาทเทียม ซึ่งเป็นการใช้คลื่นสมองทุกความถี่มาใช้ในการพิสูจน์ตัวตน โดยใช้ตำแหน่งที่มีความสัมพันธ์กัน 4 ตำแหน่งคือ F4, P4, C4 และ O2 โดยสัญญาณในแต่ละช่องสัญญาณมีความยาว 1000 จุด จำนวนผู้ทดลอง 20 คน ได้ค่าร้อยละของความถูกต้องอยู่ที่ 98.51 Preecha [13] ได้เสนอผลงานการศึกษาตัวคนโดยใช้คลื่นสมองช่วง Delta ซึ่งเป็นคลื่นสมองที่มีความถี่ต่ำกว่า 4 เฮิร์ตซ์ เป็นช่วงที่มีความสามารถในการพิสูจน์ตัวตนที่สูงที่สุด ซึ่งสามารถพิสูจน์ตัวตน 20 คนได้ความถูกต้องถึง 100 % C. Kaewwit [20] ได้ใช้เทคนิค ICA และ AR Model ในการจำแนกบุคคลจำนวน 20 คน โดยมีการพัฒนาการใช้สัญญาณคลื่นสมองในแต่ละช่องสัญญาณมีความยาว 256 จุด และได้ผลของค่าความถูกต้องที่ 99.78 % Wu Q [21] ได้เสนอการนำสัญญาณคลื่นสมองโดยมีการผสมรวมกับสัญญาณที่เกิดจากการกระพริบตาเพื่อทำการพิสูจน์ตัวตน

ในการศึกษาเกี่ยวกับ จำนวนเซลล์ประสาทที่เหมาะสมในชั้นข้อมูลแอบแฝง (Hidden layer) ได้มีผู้ศึกษาและเสนอวิธีการพิจารณาจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอบแฝงที่เหมาะสมไว้คือ จำนวนเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอบแฝงควรมีค่า $2/3$ ของจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นรับข้อมูลเข้า รวมกับจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นส่งข้อมูลออก [14] จำนวนเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอบแฝงควรมีค่าน้อยกว่าสองเท่าของจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นส่งข้อมูลออก [15] และจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอบแฝง ควรอยู่ระหว่างจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นรับข้อมูลเข้า และจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นส่งข้อมูลออก [16] ในปัญหาการพิสูจน์ตัวตนโดยใช้คลื่นสมอง [17] ได้ทำการทดลอง หาช่วงจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอบแฝง มีผลกับความสามารถในการพิสูจน์ตัวตน โดยใช้คลื่นสมองในช่วง Delta ซึ่งเป็นช่วงคลื่นสมองที่มีความถี่ต่ำกว่า 4 เฮิร์ตซ์ โดยจำนวนเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอบแฝง ที่น้อยเกินไปหรือมากเกินไป มีผลทำให้ในการพิสูจน์ตัวตนไม่ดี จำนวน

เซลล์ประสาทที่เหมาะสมสำหรับจำนวนคน 30 คน จะอยู่ช่วงระหว่าง 5-26 เซลล์ประสาท นอกจากนั้นจากการวิเคราะห์พบว่าถ้าจำนวนคนมากขึ้น ช่วงของเซลล์ประสาทที่เหมาะสมจะมีค่ามากขึ้นตามจำนวนคน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

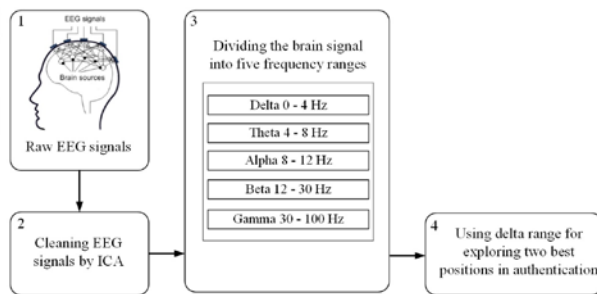
ในการศึกษาช่วงคลื่นสมองที่มีความสำคัญในการพิสูจน์ตัวตน ได้ทำการทดลองกับผู้ทดลองจำนวน 40 คน โดยนำคลื่นสมองของแต่ละคน มาผ่านการวิเคราะห์ห้วงประกอบอิสระ เพื่อที่จะให้ได้สัญญาณของคลื่นสมองในแต่ละจุดที่แท้จริง โดยไม่มีสัญญาณรบกวนอื่นๆ หลังจากนั้นจะทำการแยกสัญญาณคลื่นสมองออกเป็น 5 ช่วงตามความถี่ และนำความถี่ในแต่ละช่วงมาเปรียบเทียบความสามารถในการพิสูจน์ตัวตน โดยอาศัยหลักการของการจำแนกกลุ่มข้อมูล ในโครงข่ายประสาทเทียม โดยรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักดังต่อไปนี้

4.1 จัดเก็บข้อมูลสัญญาณคลื่นสมอง

4.2 กำจัดสัญญาณรบกวนโดยผ่านการวิเคราะห์ห้วงประกอบอิสระ

4.3 แยกสัญญาณคลื่นสมองตามความถี่ออกเป็น 5 ช่วง

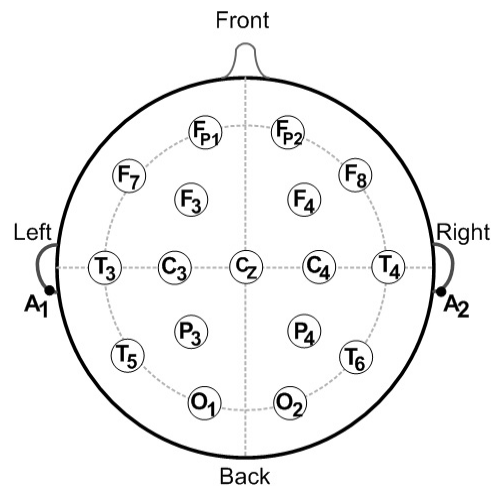
4.4 นำคลื่นสมองช่วงคลื่นมาทดสอบ เพื่อให้ทราบถึงตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยการใช้ตำแหน่งในการจัดเก็บสัญญาณคลื่นสมอง 2 ตำแหน่งจากตำแหน่งทั้งหมด 16 ตำแหน่ง เพื่อให้ทราบถึงจำนวนเซลล์ประสาทที่เหมาะสม ที่ให้ประสิทธิภาพที่สูงที่สุดในการแยกแยะบุคคลจำนวน 40 คน



รูปที่ 2. แสดงถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก

4.1 จัดเก็บข้อมูลสัญญาณคลื่นสมอง

สัญญาณคลื่นสมองถูกจัดเก็บโดยมีจำนวน 40 คน โดยแบ่งเป็นผู้ชาย 18 คนและผู้หญิง 22 คน โดยมีอายุระหว่าง 10 - 40 ปี สัญญาณคลื่นสมองถูกจัดเก็บทั้งหมด 16 ตำแหน่งบนหนังศีรษะตามระบบ 10-20 สัญญาณคลื่นสมองถูกจัดเก็บที่ตำแหน่ง FP1, F7, T3, T5, FP2, F8, T4, T6, F3, C3, P3, O1, F4, C4, P4, O2 ในการจัดเก็บใช้ระบบ Mono-polar montage โดยมีจุดอ้างอิงที่ Mastoid area A1 and A2 เครื่องขยายสัญญาณคลื่นสมองใช้เครื่อง Grass model 8 plus จัดเก็บโดยใช้ Sampling rate เท่ากับ 200 Hz. สัญญาณคลื่นสมองได้ถูก Notch filtered ที่ 60 Hz โดย BMSI board และใช้โปรแกรม Stellate harmony EEG แปลงเป็นรูปแบบ EDF (European Data Format) คลื่นสมองที่ถูกจัดเก็บมาทั้ง 16 ช่องสัญญาณนั้นจะถูกคัดเลือกสัญญาณให้เหลือความยาว 3000 ข้อมูล โดยหลีกเลี่ยงช่วงที่มีสัญญาณรบกวนชัดเจนจาก Electromyography (EMG)



รูปที่ 3. แสดงถึงตำแหน่งที่จัดเก็บคลื่นสมองตามระบบ 10 - 20

4.2 กำจัดสัญญาณรบกวนโดยผ่านการวิเคราะห์ห้วงประกอบอิสระ

จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้ คือการใช้การวิเคราะห์ห้วงประกอบอิสระ ในการแยกสัญญาณที่เป็นสัญญาณรบกวนออกจากสัญญาณคลื่นสมองที่จัดเก็บมาในขั้นตอนแรก จากผลการทดลองของ Preecha [12] พบว่าขั้นตอนวิธี SOBIRO เป็นขั้นตอนวิธีที่เหมาะสมกับคลื่นสมอง ดังนั้นการทดลองนี้จึงใช้วิธีทดลองกับขั้นตอนวิธี SOBIRO โดยใช้ โปรแกรม ICALAB [19] เริ่มต้นโดยนำสัญญาณคลื่นสมองความยาว 3000 ข้อมูล

ทั้ง 16 ช่องสัญญาณของผู้ทดลองจำนวน 40 คน มาผ่านขั้นตอนวิธี SOBIRO โดยมีการปรับค่าจำนวน Time-delayed covariance matrices เท่ากับ 100 และ ไม่มีการตั้ง order สัญญาณคลื่นสมองที่ผ่านขั้นตอนวิธี SOBIRO จะถูกแบ่งออกเป็น 5 ช่วงตามความถี่ในการทดลองขั้นถัดไป

4.3 แยกสัญญาณคลื่นสมองตามความถี่ออกเป็น 5 ช่วง

จากการทดลองที่ผ่านมาได้พบว่าคลื่นสมองช่วง Delta เป็นช่วงที่มีความสามารถในการพิสูจน์ตัวตนสูงที่สุด โดยสามารถพิสูจน์ตัวตน 20 บุคคลได้ความถูกต้องถึง 100 % Preecha [13] ดังนั้น จุดประสงค์ในขั้นตอนนี้เพื่อแยกสัญญาณคลื่นสมองที่ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระแล้วให้ได้สัญญาณคลื่นสมองแต่ละตัวซึ่งเป็นคลื่นสมองที่มีความถี่ต่ำกว่า 4 เฮิร์ตซ์มาทำการทดลองในการหาตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด 2 ตำแหน่งต่อไป การทดลองทำการแยกความถี่ของคลื่นสมองออกเป็น 5 ช่วงตามความถี่ดังนี้คือ 1) คลื่นเดลต้า (Delta wave) มีความถี่ต่ำกว่า 4 เฮิร์ตซ์ 2) คลื่นเธต้า (Theta wave) ความถี่ประมาณ 4-8 เฮิร์ตซ์ 3) คลื่นอัลฟา (Alpha wave) ความถี่ประมาณ 8-12 เฮิร์ตซ์ 4) คลื่นเบต้า (Beta wave) ความถี่ประมาณ 12-30 เฮิร์ตซ์ 5) คลื่นแกมมา (Gamma wave) ความถี่ประมาณ 30-100 เฮิร์ตซ์ โดยการแบ่งสัญญาณคลื่นสมองออกเป็น 5 กลุ่มตามความถี่จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.3.1. การเปลี่ยนสัญญาณคลื่นสมองในลักษณะที่เป็น Time Domain ให้เป็นลักษณะ Frequency Domain เนื่องจากสัญญาณคลื่นสมองที่ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระมีลักษณะเป็น Time Domain การแบ่งคลื่นสมองให้เป็น 5 ช่วงตามความถี่จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนสัญญาณคลื่นสมองที่อยู่ในลักษณะ Time Domain ให้เป็นคลื่นสมองที่อยู่ในรูปแบบ Frequency Domain เพื่อที่จะสามารถแบ่งออกเป็นช่วงความถี่ได้ โดยอาศัยกระบวนการ Fast Fourier Transform (FFT) โดยจะนำสัญญาณคลื่นสมองที่ผ่านการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระแล้วทั้ง 16 ช่องสัญญาณ โดยมีความยาว 3000 ข้อมูลของผู้ทดลองจำนวน 40 คนมาผ่านกระบวนการ FFT จะได้สัญญาณคลื่นสมองที่เป็นลักษณะ Frequency Domain

4.3.2. การแบ่งสัญญาณคลื่นสมองที่อยู่ในรูป Frequency Domain เป็น 5 ช่วงตามความถี่

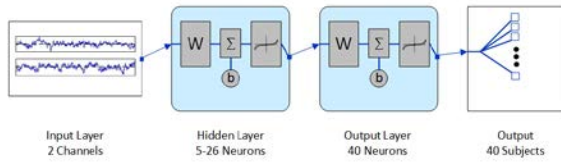
ในขั้นตอนนี้จะนำสัญญาณคลื่นสมองที่อยู่ในลักษณะ Frequency Domain ที่ได้มาจากขั้นตอนที่ผ่านมาทำการแบ่งสัญญาณคลื่นสมองออกเป็น 5 ช่วงตามความถี่ โดยความถี่แรกจะตัดสัญญาณคลื่นสมองที่มีความถี่ต่ำกว่า 4 เฮิร์ตซ์ ออกมาซึ่งคลื่นสมองช่วงนี้เรียกว่าคลื่นเดลต้า ซึ่งเป็นคลื่นสมองที่มีความถี่ต่ำที่สุด, คลื่นสมองช่วงที่ 2 ที่ถูกแยกออกมาจะอยู่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 4-8 เฮิร์ตซ์เป็นคลื่นช่วงเธต้า คลื่นสมองช่วงที่ 3 ที่ถูกแยกออกมาจะอยู่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 8-12 เฮิร์ตซ์เป็นคลื่นช่วงอัลฟา คลื่นสมองช่วงที่ 4 ที่ถูกแยกออกมาจะอยู่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 12-30 เฮิร์ตซ์เป็นคลื่นช่วงเบต้า และคลื่นสมองช่วงที่ 5 ที่ถูกแยกออกมาจะอยู่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 30-100 เฮิร์ตซ์ เป็นคลื่นช่วงแกมมา

4.3.3. การเปลี่ยนสัญญาณคลื่นสมองในลักษณะที่เป็น Frequency Domain ให้กลับเป็นลักษณะ Time Domain ขั้นตอนนี้จะนำคลื่นสมองทั้ง 5 ช่วงความถี่ที่อยู่ในรูป Frequency Domain มาแปลงกลับให้อยู่ในรูป Time Domain โดยอาศัยหลักการ Reverse FFT สัญญาณคลื่นสมองในแต่ละช่วงความถี่ที่ได้จะถูกตัดให้เหลือ 1000 ข้อมูล โดยการเลือกช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณน้อยที่สุด เพื่อเตรียมข้อมูลให้พร้อมเพื่อวัดประสิทธิภาพโดยใช้หลักการความสามารถในการจำแนกกลุ่มในขั้นตอนถัดไป

4.4 นำคลื่นสมองช่วงเดลต้ามาทำการทดลองเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสม 2 ตำแหน่งที่ได้ผลดีที่สุดในการพิสูจน์ตัวตน

ในขั้นตอนนี้จะทำการทดลองเพื่อหาตำแหน่งที่เหมาะสม 2 ตำแหน่งที่ได้ผลดีที่สุดในการพิสูจน์ตัวตนของผู้ทดลองจำนวน 40 คน การเปรียบเทียบความสามารถในการพิสูจน์ตัวตน ใช้หลักการของการจำแนกกลุ่มข้อมูล ในโครงข่ายประสาทเทียม โดยโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ เป็นแบบเพอร์เซพตรอนหลายชั้น Multilayer perceptron (MLP) โดยมีการเรียนรู้ของระบบแบบ Conjugate gradient backpropagation โครงข่ายประสาทเทียมมี 3 ชั้นคือชั้นข้อมูลเข้าจะใช้สัญญาณคลื่นสมอง 2 ช่องสัญญาณจากทั้งหมด 16 ช่องสัญญาณ มีลักษณะเป็น Time Domain แต่ละช่องสัญญาณมีความยาว 1000 ข้อมูลของผู้ทดลองจำนวน 40 คน ในชั้นข้อมูลแอมพลิจูดใช้เซลล์ประสาทในการทดลองตั้งแต่ 5 - 26 เซลล์ ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบคือ Hyperbolic tangent, และชั้นข้อมูลออกจะได้ผลการแบ่งกลุ่ม

ข้อมูล 40 คน ฟังก์ชันถ่ายโอนรูปแบบคือ Hyperbolic tangent ดังแสดงในรูปที่ 4.



รูปที่ 4. แสดงโครงข่ายประสาทเทียมที่ใช้ในการทดลอง มี 3 ชั้นคือข้อมูลเข้า, ชั้นข้อมูลแอบแฝงและชั้นข้อมูลออก

โดยในแต่ละการทดลองซึ่งใช้ข้อมูลมีความยาว 1000 ข้อมูลมีการแยกข้อมูลออกเป็นกลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับ training, validating, และ testing มีอัตราส่วน 60 %, 20 % และ 20 % ตามลำดับ โดยการเรียนรู้ของโครงข่ายประสาทเทียมจะให้มีการสลับกันในแต่ละกลุ่ม ซึ่งรูปแบบการสลับกันของข้อมูล 1 ชุด ซึ่งมีข้อมูล 10 ข้อมูลจะเริ่มต้นด้วยกลุ่มข้อมูล training จำนวน 6 ข้อมูล ตามด้วยกลุ่มข้อมูล validating จำนวน 2 ข้อมูล และกลุ่มข้อมูล testing จำนวน 2 ข้อมูลตามลำดับ โดยการสลับกันของข้อมูล ในแต่ละชุดนี้เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของข้อมูลในแต่ละกลุ่ม ในการทดลองกับโครงข่ายประสาทเทียม

5. ผลการทดลอง

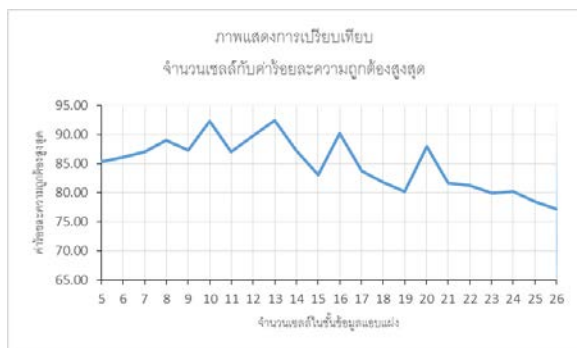
จากการทดลอง โดยการนำคลื่นสมองช่วงเคลดมาทำการทดสอบหาตำแหน่ง 2 ตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการพิสูจน์ตัวตนของผู้ทดลองจำนวน 40 คน โดยในการทำลองนี้ได้ใช้เลข 1- 16 แทนตำแหน่ง FP1, F7, T3, T5, FP2, F8, T4, T6, F3, C3, P3, O1, F4, C4, P4, O2 ตามลำดับ ในการหาตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด 2 ตำแหน่งจาก 16 ตำแหน่ง การทดลองจะทำการจับคู่ตำแหน่ง 2 ตำแหน่งที่เป็นไปได้ทั้งหมดจาก 16 ตำแหน่ง โดยเริ่มจากตำแหน่งที่ (1, 2) (1, 3) (1, 4) ... (15, 16) ซึ่งมีทั้งหมด 120 คู่ โดยในแต่ละคู่จะมีการทดลองกับจำนวนเซลล์ประสาทที่เหมาะสม ในชั้นข้อมูลแอบแฝง ซึ่งใช้จำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลแอบแฝงตั้งแต่ 5 - 26 เซลล์ โดยใช้จำนวนผู้ทดลอง 40 คน จากผลการทดลองได้ร้อยละของความสามารถในการพิสูจน์ตัวตนของแต่ละกลุ่มดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1. แสดง ค่าร้อยละของความถูกต้องสูงสุดในการพิสูจน์ตัวตนของผู้ทดลองจำนวน 40 คน ของในการใช้จำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลแอบแฝงตั้งแต่ 5 – 26 เซลล์

ลำดับ	จำนวน เซลล์	ตำแหน่ง 1	ตำแหน่ง 2	ค่าร้อยละความ ถูกต้องสูงสุด
1	5	2	10	85.30
2	6	10	13	86.04
3	7	9	10	87.06
4	8	3	10	89.03
5	9	14	16	87.25
6	10	10	16	92.22
7	11	9	10	87.06
8	12	6	10	89.74
9	13	10	15	92.41
10	14	10	16	87.31
11	15	5	14	83.02
12	16	10	15	90.18
13	17	3	10	83.79
14	18	15	16	81.82
15	19	4	8	80.14
16	20	8	10	87.88
17	21	2	16	81.58
18	22	4	13	81.23
19	23	6	4	79.94
20	24	2	15	80.15
21	25	10	16	78.49
22	26	10	15	77.15

จากตารางที่ 1 พบว่าจำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลแอบแฝง 13 เซลล์ ให้ค่าร้อยละของความถูกต้องสูงสุดในการทดสอบคือ 92.41 โดยมีตำแหน่งของคลื่นสมองที่ตำแหน่ง 10 และ 15 รองลงมา มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีค่าร้อยละของความถูกต้องสูงสุดที่ 92.22 โดยมีตำแหน่งของคลื่นสมองที่ตำแหน่ง 10 และ 16 จำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลแอบแฝงที่ 10 เซลล์ นอกจากนี้ ยังพบว่าค่าร้อยละของความถูกต้องต่ำสุดในการทดสอบอยู่ที่ 77.15 โดยมีตำแหน่งของคลื่นสมองที่ตำแหน่ง 10

และ 15 เหมือนกับตำแหน่งที่ได้ค่าร้อยละของความถูกต้องสูงสุด แต่จำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลแอมแปงอยู่ที่ 26 เซลล์ จากค่าความถูกต้องของการพิสูจน์ตัวตนสูงสุด โดยใช้จำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลแอมแปงตั้งแต่ 5-26 สามารถแสดงเป็นภาพในการเปรียบเทียบได้อย่างชัดเจนในรูปที่ 5



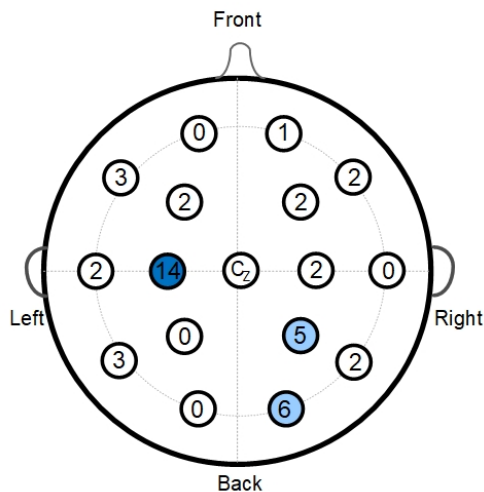
รูปที่ 5. แสดงการเปรียบเทียบจำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลแอมแปงและค่าร้อยละความถูกต้องสูงสุดของการพิสูจน์ตัวตน

ถ้านำตำแหน่งที่ได้ค่าความถูกต้องสูงสุดของการพิสูจน์ตัวตน ในแต่ละจำนวนเซลล์มาหาค่าความถี่ พบว่าตำแหน่งที่มีความถี่สูงสุดอันดับ 1 คือตำแหน่งที่ 10 โดยมีค่าความถี่ 14 จากจำนวนความถี่ทั้งหมด 44 ตำแหน่งที่มีความถี่สูงสุดอันดับ 2 คือตำแหน่งที่ 16 โดยมีค่าความถี่ 6 และตำแหน่งที่มีความถี่สูงสุดอันดับ 3 คือตำแหน่งที่ 15 โดยมีค่าความถี่อยู่ที่ 5 ส่วนตำแหน่งที่มีความถี่น้อยที่สุดคือ ศูนย์ มีอยู่ 4 ตำแหน่งคือ ตำแหน่งที่ 1 ตำแหน่งที่ 7 ตำแหน่งที่ 11 และตำแหน่งที่ 12 รายละเอียดได้แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงค่าความถี่ของตำแหน่งคลื่นสมองที่ได้ค่าร้อยละของความถูกต้องสูงสุด ในการใช้จำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลแอมแปงตั้งแต่ 5 – 26 เซลล์

ตำแหน่ง	ความถี่
1	0
2	3
3	2
4	3
5	1
6	2
7	0
8	2
9	2
10	14
11	0
12	0
13	2
14	2
15	5
16	6
รวม	44

จากตำแหน่งที่มีความถี่สูงสุดอันดับ 1 คือตำแหน่งที่ 10 ตรงกับตำแหน่ง C3 โดยตำแหน่ง C3 อยู่ในส่วน Primary somatosensory cortex เป็นส่วนของสมองที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการสัมผัสและความรู้สึก ตลอดจนการติดตามตำแหน่งของส่วนต่างๆของร่างกาย



รูปที่ 6. แสดงการเปรียบเทียบตำแหน่งและค่าความถี่ของตำแหน่งคลื่นสมองที่ได้ค่าร้อยละของความถูกต้องสูงสุด ในการใช้จำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลแอมแปงตั้งแต่ 5 – 26 เซลล์

6. บทสรุป

บทความวิจัยนี้ ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ตำแหน่งที่เหมาะสม 2 ตำแหน่งในการจัดเก็บคลื่นสมองเพื่อการพิสูจน์ตัวตน โดยมีการใช้คลื่นสมองช่วง Delta ซึ่งเป็นคลื่นสมองที่มีความถี่ต่ำกว่า 4 เฮิร์ตซ์ และใช้จำนวนเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอมแปงที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพที่ใช้ในการพิสูจน์ตัวตน โดยมีการจัดเก็บคลื่นสมองของคนจำนวน 40 คน นำคลื่นสมองสัญญาณคลื่นสมองความยาว 1000 ข้อมูล มาผ่านเทคนิคการวิเคราะห์ห้วงองค์ประกอบอิสระโดยขั้นตอนวิธี SOBIRO สำหรับแยกแยะสัญญาณที่เกิดจากการผสมสัญญาณหลายสัญญาณ เพื่อให้ได้สัญญาณเดิม หลังจากนั้นทำการแยกคลื่นสมองช่วง Delta มาใช้โครงข่ายประสาทแบบมีการสอนเพื่อการพิสูจน์ตัวตน โดยในการทดลองมีการใช้เซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอมแปง ตั้งแต่ 5-26 เซลล์ประสาท โดยทำการทดลองจับคู่ของตำแหน่งในการจัดเก็บคลื่นสมอง เพื่อให้ได้ตำแหน่งที่ได้ค่าความถูกต้องสูงสุด จากจำนวนทั้งหมด 16 ตำแหน่ง

จากผลการทดลอง ในการหาจุดของตำแหน่งที่เหมาะสมในการพิสูจน์ตัวตน โดยใช้จำนวนเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอมแปง ตั้งแต่ 5-26 เซลล์ประสาท พบว่าค่าร้อยละของความถูกต้องสูงสุดในการทดลองคือ 92.41 โดยมีตำแหน่งของคลื่นสมองที่ตำแหน่ง 10 และ 15 ใช้จำนวนเซลล์ในชั้นข้อมูลแอมแปง 13 เซลล์ ถ้านำตำแหน่งที่ได้ค่าร้อยละของความถูกต้องสูงสุด โดยใช้จำนวนเซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอมแปงตั้งแต่

5-26 เซลล์ประสาท มาหาความถี่เพื่อที่จะได้ตำแหน่งที่มีความสำคัญสูงสุดของการพิสูจน์ตัวตน พบว่า ตำแหน่งที่ 10 ตรงกับตำแหน่ง C3 เป็นตำแหน่งที่อยู่ในส่วนสมอง Primary somatosensory cortex ซึ่งเป็นส่วนของสมองที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการสัมผัสและความรู้สึก ตลอดจนการติดตามตำแหน่งของส่วนต่างๆของร่างกาย

จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการใช้ตำแหน่ง 2 ตำแหน่งในการพิสูจน์ตัวตน โดยมีการทดลองกับผู้ทดลอง 20 คน ได้ค่าร้อยละของความถูกต้องเพียง 61.67 [11] งานวิจัยนี้มีการปรับปรุงเทคนิคการวิเคราะห์ห้วงองค์ประกอบอิสระ โดยขั้นตอนวิธี SOBIRO สำหรับแยกแยะสัญญาณที่เกิดจากการผสมสัญญาณหลายสัญญาณเพื่อให้ได้สัญญาณเดิม ใช้คลื่นสมองช่วง Delta ซึ่งเป็นช่วงคลื่นสมองที่มีความถี่ต่ำกว่า 4 เฮิร์ตซ์ มาแทนคลื่นสมองทุกช่วงความถี่ มีการใช้เซลล์ประสาทในชั้นข้อมูลแอมแปงจำนวน 13 เซลล์ประสาท จากการปรับปรุงเทคนิคต่างๆ ที่กล่าวมาพบว่าสามารถเพิ่มค่าร้อยละของความถูกต้องเพิ่มขึ้นเป็น 92.41 และสามารถเพิ่มผู้ทดลองเป็น 40 คน เนื่องจากวิธีการจำแนกกลุ่มข้อมูล มีหลายวิธี ดังนั้นเป็นที่น่าสนใจว่าวิธีการจำแนกกลุ่มข้อมูลวิธีอื่นๆ จะมีความสามารถในการพิสูจน์ตัวตนโดยใช้คลื่นสมองเป็นอย่างไร เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใช้โครงข่ายประสาทเทียม

เอกสารอ้างอิง

- [1] Jain AK, Ross A, Prabhakar S. "An introduction to biometric recognition." IEEE Trans Circuits Syst Video Technol 14(1), pp.4–20, 2004
- [2] Paranjape RB, Mahovsky J, Benedicenti L, Koles Z. "The electroencephalogram as a biometrics." Proc Can Conf Electr. ComputEng 2, pp.1363–1366, 2001.
- [3] Poulos M, Rangoussi M, Alexandris N, Evangelou. "A On the use of EEG features towards person identification via neural networks." Med Inform Internet Med 26(1), pp.35–48, 2001.
- [4] Poulos M, Rangoussi M, Alexandris N, Evangelou A. "Person identification from the EEG using nonlinear signal classification." Methods Inf Med 41(1), pp.64–75, 2002.
- [5] Palaniappan R, Ravi KVR. "A new method to identify individuals using signals from the brain." Proceedings of

fourth international conference information communication and signal processing, pp 15–18, 2003.

[6] Palaniappan R, Mandic D.P. “Biometrics from brain electrical activity: a machine learning approach.” *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 29, pp.738–742, 2007.

[7] Palaniappan R. “Method of identifying individuals using VEP signals and neural network.” *IEEE Proc Sci Mea Technol* 151(1), pp.16–20, 2004.

[8] Palaniappan R, Mandic D.P., EEG based biometric framework for automatic identity verification. *VLSI Signal Process* 2(2), pp.243–250, 2007.

[9] Marcel S, Millan J. “Person authentication using brainwaves (EEG) and maximum a posteriori model adaptation.” *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell* 29(4), pp.743–752, 2007.

[10] Tangkraingij P, Lursinsap C, Sanguansintukul S, Desudchit.T. “Selecting relevant EEG signal locations for personal identification problem using ICA and neural network.” *Eighth IEEE/ACIS international conference on computer and information science (ICIS 2009)*, 2009, pp.616–621.

[11] Tangkraingij P, Lursinsap C, Sanguansintukul S, Desudchit T.”Personal identification by EEG using ICA and neural network.” *Computational science and its applications (ICCSA2010)*, *Lecture Notes in Computer Science* vol 6018, 2010. pp 419–430.

[12] Tangkraingij P, Lursinsap C, Sanguansintukul S, Desudchit T. “Insider and outsider person authentication with minimum number of brain wave signals by neural and homogeneous identity filtering.” *Neural Computing & Applications*, Volume 22, Issue 1 Supplement, pp. 463-476, 2013.

[13] Tangkraingij P. “Significant Frequency Range of Brainwave Signals for Authentication.” *Study in Computer Intelligence* 612 (Software Engineering, Artificial Intelligence, Networking and Parallel/Distributed Computing 2015), 2015, pp.103-113.

[14] Boger, Z., and Guterman, H. “Knowledge extraction from artificial neural network models” *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Conference*, Orlando, FL, USA. 1997.

[15] Berry, M.J.A., and Linoff, G. *Data Mining Techniques*, NY: John Wiley & Sons. 1997.

[16] Blum, A. *Neural Networks in C++*, NY: Wiley. 1992.

[17] T. Preecha, M. Ajjima, N. Isara. 2017. “An Appropriate Number of Neurons in a Hidden Layer for Personal Authentication Using Delta Brainwave Signals” *2nd International Conference on Control and Robotics Engineering*, 2017, pp. 232 -236.

[18] Cichocki, A.”Blind Signal Processing Methods for Analyzing Multichannel Brain Signals.” *International Journal of Bioelectromagnetism* 6. (1). 2004.

[19] Cichocki, A., Amari, S.,Siwek, K., Tanaka T., et al.: *ICALAB toolboxes*. Available online at <http://www.bsp.brain.riken.jp/ICALAB>. [Accessed Jan. 15, 2018].

[20] C. Kaewwit, C. Lursinsap, P. Sophatsathit. High accuracy EEG biometrics identification using ICA And AR Model, *Journal Of Ict*, 16, 2: 354-373, 2017.

[21] Wu Q, Zeng Y, Zhang C, Tong L, Yan B. An EEG-based person authentication system with open setcapability combining eye blinking signals. *Sensors*2018, 18, 335, 2018.