

## إجراء المصادقة الحيوية باستخدام أنماط الدماغ

سليمان يعقوب الفراء (Sliman Jakub El-Fara)  
 توماش أدرينوفسكي (Tomasz Adrianowski)  
 أجنيشكا أوفجاريك (Agnieszka Owczarek)  
 Via University College, Denmark

### 1. مقدمة

في أيامنا هذه كثيرا ما تستخدم المقاييس الحيوية في مجال المصادقة ومراقبة الدخول، حيث كان للتقدم الكبير في إمكانيات الآلة وقوتها الحاسوبية دور فعال في تطوير البحوث المتخصصة في موضوع المقاييس الحيوية. وبلا شك، فإن المرحلة القادمة ستشهد تغييراً ملموساً في مجال المصادقة الحيوية، الأمر الذي يجعل من هذا الموضوع أمراً يستحق التعمق.

**المصادقة:** هي عملية تحديد هوية المستخدم الراغب بالدخول إلى النظام. هناك ثلاث أنواع رئيسية للمصادقة تعرف بعوامل المصادقة: المصادقة باستخدام شيء يعرفه المستخدم (مثل كلمة السر)، المصادقة باستخدام شيء يملكه المستخدم (مثل رمز الأمان، جهاز الهاتف الخليوي)، والمصادقة باستخدام شيء في المستخدم نفسه (مثل المقاييس الحيوية كبصمة الإصبع).

طرق المصادقة المعتمدة على شيء يعرفه المستخدم (مثل كلمة المرور أو رقم التعريف الشخصي PIN) أو شيء يمتلكه (مثل بطاقة الهوية أو رمز الأمان) انتشرت بشكل كبير بسبب تكلفتها المنخفضة وسهولة استخدامها. ورغم هذه الإيجابيات إلا أن هذه العوامل تعاني أيضاً من بعض المشاكل من أهمها سهولة سرقتها. ولأن بعض المعلومات بحاجة إلى حماية كبيرة فإن العالم بدأ يتجه نحو استخدام العامل الثالث الذي يعتمد على الصفات الجسدية والسلوكية للبشر (المقاييس الحيوية) وقد اقترحت في الآونة الأخيرة عدة طرق لإجراء المصادقة الحيوية.

### 2. المقاييس الحيوية

علم المقاييس الحيوية هو علم الأدلة الجنائية في الأجسام البشرية حيث يضم وسائل التعرف على هوية الأشخاص علي أساس الصفات الفسيولوجية والتشريحية الخاصة لكل إنسان.

وبذلك فإن عملية المصادقة الحيوية تعتمد على تحويل المقاييس الحيوية للمستخدمين إلى معلومات رقمية يتم تخزينها في النظام ليتم استخدامها مستقبلاً عند عملية تسجيل دخول المستخدم بحيث يتم مقارنة المقياس الحيوي للمستخدم مع المخزن سابقاً في النظام للتحقق من هويته.

إجراء عملية المصادقة يتم باستخدام أجهزة خاصة تقوم بقياس السمات الفريدة للمستخدم كبصمة اليد، ملامح الوجه، الصوت أو حدة العين. في السنوات الأخيرة ظهرت طريقتين جديدتين لإجراء المصادقة الحيوية: المصادقة الحيوية التي تعتمد على أنماط الدماغ، والقلب، حيث تظهر الأبحاث العلمية أن لكل إنسان أنماط دماغ وقلب فريدة تميزه عن غيره. وما يميز هذه الأنواع من المصادقة الحيوية مقاومتها الكبيرة للغش مقارنة بأنواع المصادقة الحيوية التقليدية كبصمة الإصبع، ومع ذلك فإن هذه التكنولوجيا أكثر تعقيداً ومازالت تواجه بعض المشاكل مثل انخفاض دقة القياس وعدم ثبات المقياس مع مرور الزمان، إلا أن موضوع المقاييس الحيوية المعتمدة على نشاط الدماغ مازال يلاقي اهتماماً كبيراً من العلماء، ولعل من أبرز أسباب هذا الاهتمام هو استحالة أن يتكرر نفس المقياس الحيوي لأكثر من شخص، وهو ما يجعل من هذه الطريقة المرشح الأول لعمليات المصادقة التي تتطلب فعالية عالية جداً.



صورة 1: إجراء تخطيط أمواج الدماغ (EEG)



صورة 2: جهاز لإجراء تخطيط أمواج الدماغ يعمل في نظام 10/20.

ولتسجيل تخطيط أمواج الدماغ نقوم باستخدام أجهزة خاصة تثبت على رأس المستخدم وتقوم بإرسال الإشارات الكهربائية المسجلة في عدة مناطق من الرأس عبر الأسلاك إلى جهاز الحاسوب حيث تتم هناك عملية معالجة هذه البيانات لتستخدم فيما بعد في عملية المصادقة أو التشفير. الصورة رقم 2 توضح جهاز قياس التخطيط الكهربائي للدماغ يعمل ضمن نظام 10/20.

### 3.2 نظام 10/20

من أجل إيجاد معيار ثابت لآلية إجراء تخطيط أمواج الدماغ بحيث يمكن مقارنة القياسات المختلفة لقد تم وضع النظام القياسي 10/20. وهو نظام معترف به دولياً يستخدم لوصف مواقع استخدام الأقطاب الكهربائية (الكتروودات) التي يتكون منها جهاز قياس تخطيط أمواج الدماغ.

يتم تعريف كل موقع في نظام 10/20 بواسطة:

حرف (يحدد فص الدماغ): يوجد 5 حروف للتعبير عن فصوص الدماغ المختلفة (F, T, O, C, P)،

عدد (يحدد موقع القطب): الأرقام الزوجية (2، 4، 6، 8) تحدد الأقطاب الموجودة على الشق الأيمن للدماغ بينما الأعداد الفردية (1، 3، 5، 7) تحدد الشق الأيسر.

الصورة رقم 2 تبين توزيع 21 الكترود باستخدام النظام الدولي 10/20.

### 3.3 سلوك إشارة التخطيط الموجي للدماغ EEG

صورة 3: الأنواع المختلفة لموجات الدماغ.

يمكن ملاحظة النشاط الكهربائي الصادر من الدماغ على شكل موجات دماغية (إشارات EEG). هناك خمس أنواع من هذه الموجات الدماغية: إشارات ألفا، بيتا، دلتا، قيتا، وموجات جاما. موجات ألفا (8-13 هيرتز). يمكن قياس هذه الموجات في المنطقة القفوية للدماغ عندما يكون الشخص مستيقظاً ومغلقاً العينين.

موجات بيتا (13-30 هيرتز)، وهي موجات تظهر عند قيام الشخص بنشاط عقلي.

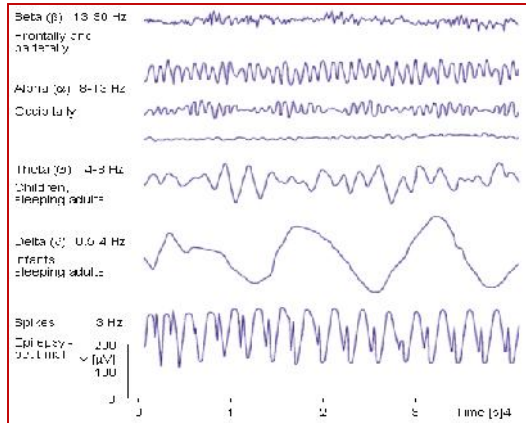
موجات غاما (30-100 هيرتز)، وهي أحدث الموجات حيث تم اكتشافها مؤخراً، وهناك من الباحثين من لا يميز بين موجات بيتا وغاما.

موجات أخرى (دلتا، ثيتا) تتميز بترددات منخفضة.

من الجدير بالذكر أن لكل نوع من هذه الموجات حالات خاصة يمكن ملاحظتها فيها، وهو ما يجعلنا نستطيع الحصول على العديد من المعلومات عن حالة الشخص بمجرد التعرف على النشاط الكهربائي لدماغه، فعلى سبيل ظهور موجات بيتا يعني قيام الشخص بنشاط عقلي كبير كأن يقوم بالمشاركة في نقاش.

### 4. المصادقة الحيوية باستخدام أنماط الدماغ

لقد ظهرت في العقد الماضي مجموعة كبيرة من الأبحاث المختلفة حول استخدام الدماغ في المصادقة الحيوية التي تعتمد على نفس الفكرة تقريباً، حيث يتم تسجيل الإشارات الكهربائية الصادرة من الدماغ باستخدام تخطيط أمواج الدماغ. ومع أن الفكرة الأساسية لجميع



صورة 3: الأنواع المختلفة لموجات الدماغ.

هذه الأبحاث واحدة إلا أنها تختلف في التفاصيل، حيث أن كل واحد منها يقترح نشاطاً مختلفاً يقوم به المستخدم عند تسجيل الإشارات، ويظهر الاختلاف أيضاً في عملية المعالجة التي يتم استخدامها لاستخراج المعلومات الرقمية الممثلة لهوية لكل شخص.

على سبيل المثال بعض الأبحاث تقترح استخدام إشارات ألفا في عملية المصادقة، بينما دراسة أخرى تقترح استخدام أكثر من نوع من الإشارات لمستخدم يقوم بمشاهدة مجموعة من الصور. وفي بحثنا هذا سنحاول دراسة الطريقة التي تبدو لنا أكثر فعالية.

#### 4.1. المصادقة الحيوية المزدوجة باستخدام إشارات الدماغ يتم قياسها أثناء قيام المستخدم بأنشطة ذهنية مختلفة

في هذا البحث سنحاول التركيز على طريقة جديدة يتم فيها قياس ثلاث أنواع من موجات الدماغ (ألفا، بيتا وغاما). من أجل الحصول على تسجيل ذو كفاءة عالية لإشارات الدماغ في ثلاث نطاقات مختلفة تم اعتماد عدة أنشطة ذهنية مختلفة يقوم بها المستخدم أثناء عملية المصادقة.

أحد أهم الشروط التي توضع أمام أي طريقة مصادقة لإثبات صحتها أن تكون قيم أخطاء FAE و FRE قريبة من الصفر. خطأ FAE: هو خطأ ينتج عندما يقوم نظام المصادقة بقبول احتمال. بينما خطأ FRE هو الخطأ الذي ينتج عندما يقوم نظام المصادقة برفض العميل. العميل: هو المستخدم الفعلي، في حال أن الاحتمال، هو المستخدم الذي يدعي هوية شخص آخر. كما يظهر من اسم الطريقة فإنها تتكون من مرحلتين من المصادقة. كل واحدة منهما تستخدم للحد من نوع معين من الأخطاء، حيث تهدف المرحلة الأولى للتقليل من قيمة الخطأ FAE في حال أن المرحلة الثانية تهدف إلى التقليل من قيمة الخطأ FRE.

في هذه الطريقة يتم حساب ملامح EEG (القيم الرقمية الفريدة الممثلة للمستخدم) باستخدام عدة طرق من أهمها: حساب معاملات الانحدار الذاتي، و طاقة أطياف القنوات، وكذلك الاختلاف في طاقة أطياف القنوات بين شقي الدماغ المختلفة.

#### 4.2. البيانات

في عملية المصادقة الحيوية المعتمدة على الدماغ نحصل على البيانات باستخدام أجهزة قياس التخطيط الموجي، حيث يقوم الجهاز بتسجيل النشاط الكهربائي للدماغ على شكل إشارات كهربائية، يتم فيما بعد إرسالها إلى جهاز الحاسوب. في الطريقة المقترحة في هذا البحث نقوم بتسجيل الإشارات الكهربائية القادمة من 6 الكترودات (أقطاب): C3، C4، P3، O1، P4، و O2، حيث تسجل كل من هذه الإشارات لمدة عشر ثواني لكل نشاط ذهني، وقد تم اختيار 5 أنشطة ذهنية مختلفة: نشاط الاسترخاء وعدم التفكير في أي شيء محدد، نشاط رياضي، بحيث يعطى المستخدم مسألة رياضية بحاجة إلى إجراء مجموعة من الحسابات كضرب عددين كل منها ذو خانيتين عشريتين، نشاط هندسي، بحيث يطلب من المستخدم تحليل شكل هندسي معين وإجراء دوران له بزوايا معينة،

نشاط تعبيرى، بحيث يطلب من المستخدم إنشاء رسالة قصيرة في ذهنه لصديقه على سبيل المثال، نشاط حسابى، بحيث يطلب من المستخدم العد مع النطق بدءاً من عدد معين.

#### 4.3. معالجة البيانات واستخراج ملامح EEG

تعتبر هذه المرحلة أحد أهم مراحل إجراء عملية المصادقة حيث يتم فيها معالجة الإشارات القادمة من الدماغ، وهي إشارات مستمرة (في الزمن) بحيث يتم تحويلها إلى بيانات منفصلة (عدد من القيم) تسمى ملامح EEG بحيث تستخدم الأخيرة في عملية المقارنة التي تتم أثناء المصادقة (يصبح دور ملامح EEG كدور كلمة السر بوجود فرق بسيط، حيث أن كلمة السر يمكن أن تتعرض للتسيران أو السرقة، في حال أن ملامح EEG مخزنة داخل المستخدم وبالتالي لا يمكن فقدانها أو سرقتها). قبل عملية المعالجة يتم تقسيم كل إشارة إلى 20 جزء (بطول 0.5 ثانية لكل جزء) بحيث يتكون كل جزء من 125 عينة. فيما يلي نذكر بعض الطرق المستخدمة في عملية معالجة البيانات للحصول على ملامح EEG للمستخدم:

حساب معاملات الانحدار الذاتي

حساب طاقة أطياف القنوات (لكل من الأطياف: ألفا، بيتا، وجاما)

حساب الاختلاف في طاقة أطياف القنوات للقنوات الواقعة في شقي الدماغ المختلفة (بحيث تقع واحدة من القنوات في الشق الأيمن، والأخرى في الشق الأيسر). تحليل المربعات الأساسية PCA، وهو إجراء رياضي يستخدم للتقليل من حجم البيانات، حيث يتم إزالة البيانات المتكررة.



4: الحيوية ( ) في عملية المصادقة

#### المصادقة المزدوجة

يتم تقسيم البيانات الناتجة من عملية المعالجة إلى ثلاث مجموعات، يتم فيما بعد استخدامها في عمليات المقارنة المختلفة عند تحديد هوية المستخدم.

#### 4.4.1 حساب الحدود

في هذه الخطوة يتم حساب نوعين من الحدود.

في البداية يتم حساب جميع الفروق الممكنة بين ملامح EEG المختلفة لنفس المستخدم.

الحد الأول يساوي أصغر فرق ممكن من بين جميع الفروق التي تم حسابها.

الحد الثاني يساوي أكبر فرق ممكن من بين جميع الفروق التي تم حسابها.

#### 4.4.2 المرحلة الأولى

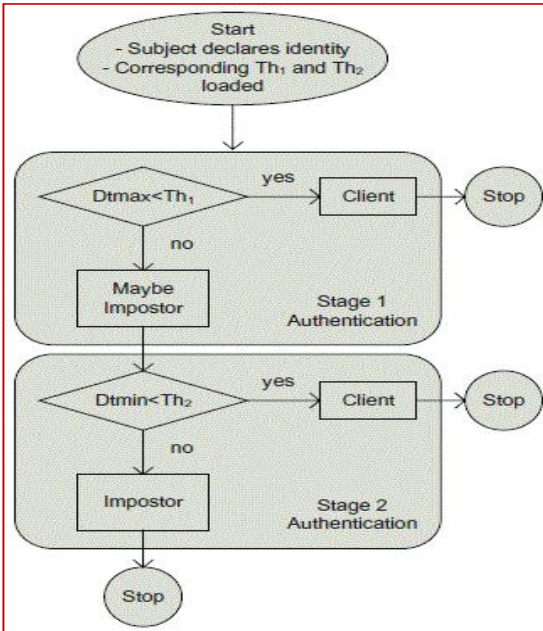
تتم عملية المصادقة بنجاح إذا تحقق الشرط:  $Dt_{max} < Th_1$  حيث:

$Dt_{max}$ : هو أكبر فرق ممكن بين ملامح EEG التي تم قياسها للمستخدم، ولامح EEG المخزنة في النظام.

صورة 4: صورة توضح تحقق الشرط الأول (المرحلة الأولى) في عملية المصادقة الحيوية

$Th_1$ : هو أصغر فرق ممكن بين جميع الفروق المخزنة لذلك المستخدم.

تحقق الشرط السابق يعني أن جميع الاختلافات بين الملامح التي تم قياسها



صورة 5: مراحل المصادقة الحيوية المزدوجة

## 5. الخلاصة

في هذا البحث العلمي قدمنا طريقة جديدة لإجراء عملية المصادقة الحيوية باستخدام نشاط الدماغ، وقد أثبتت التجارب أن قيم الأخطاء FAE و FRE تساوي صفر في معظم الحالات. دراسة أخرى قد أظهرت بأن استخدام عملية تحليل المركبات الأساسية PCA في هذه الطريقة يمكن أن تساهم في تقليل عدد ملامح EEG بشكل كبير ( في أحد التجارب تمكن الباحثين من تقليل عدد الملامح من 126 إلى 11 )، ما يعني أن ملامح EEG معرضة للتكرار بشكل كبير. نتمنى أن تكون هذه الدراسة قد أظهرت إمكانات أنماط الدماغ الكبيرة.

## المراجع

- 1-IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, vol. 29, no. 4, April 2007
- 2-The business of authentication portal, Huntington Ventures Ltd., [www.authenticationworld.com](http://www.authenticationworld.com)
- 3-Guidance on Multi-factor Authentication, State Services Commission, June 2006
- 4-How Can I Easily Authenticate Myself, Guy Huntington, 2012.
- 5-On the analysis of various techniques for a novel brain biometric system, Cota Navin Gupta, Ramaswamy Palaniappan, Sundaram Swaminathan, Department of Computing and Electronic Systems, University of Essex, United Kingdom, 2008.
- 6-Two-stage biometric authentication method using thought activity brain waves, Ramaswamy Palaniappan, Department of Computing and Electronic Systems, University of Essex, Colchester, United Kingdom
- 7-Bioelectromagnetism: Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields, Jaakko Malmivuo, Robert Plonsey, Oxford University Press, New York, 1995, [www.bem.fi/book](http://www.bem.fi/book)
- 8-The Middle East Medical Information Center and Directory, [www.biomedresearches.com](http://www.biomedresearches.com)
- 9-M. Poulos, M. Rangoussi, V. Chrissikopoulos and A. Evangelou, Person identification based on parametric processing of the EEG, in Proceedings of the 6th IEEE International Conference on Electronics, Circuits, and Systems 1 (1999) 283–286.
- 10-R. B. Paranjape, J. Mahovsky, L. Benedicenti and Z. Koles, The electroencephalogram as a biometric, in Proceedings of Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering 2 (2001) 1363–1366.
- 11-R. Palaniappan, Method of identifying individuals using VEP signals and neural network, IEE Proceedings - Science, Measurement and Technology Journal 151(1) (2004) 16–20.
- 12-Wikipedia, [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)