البيانات الحيوية: البصمة الصوتية

Biometrics: Voiceprint

التقنيات الحديثة في مكافحة الجريمة

كلية التدريب

جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية

الرياض

د. منصور بن محمد الغامدي

مساعد المشرف على معهد بحوث الحاسب والإلكترونيات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الرياض

١٤٢٦/٣/١٥ هـ

٢٠٠٥ م

الملخص:

تقدم هذه الورقة معلوماتاً عامة عن آخر المستجدات في البيانات الحيوية وما يستخدم حاليا في التعرف على الأشخاص. وتركز على البصمة الصوتية وتطبيقاتها المختلفة سواء كقرينة في الأدلة الجنائية أو كبصمة صوتية للدخول الجسدي إلى المكاتب والمنازل والسيارات، أو النفوذ إلى نظم حاسوبية كالحاسبات الشخصية والحسابات المصرفية ومراكز المعلومات وقواعد البيانات. وحيث أن البصمة الصوتية ترتبط بالتحدث مع النظم الحاسوبية فإنها طريقة واعدة في المستقبل لمتابعة التأكد من أن من يعطي الأمر هو الشخص نفسه وليس كما يحدث الآن عند استخدام الكلمات السرية التي تعطي للمستخدم نفوذا مطلقا بعد الدخول إلى النظام.

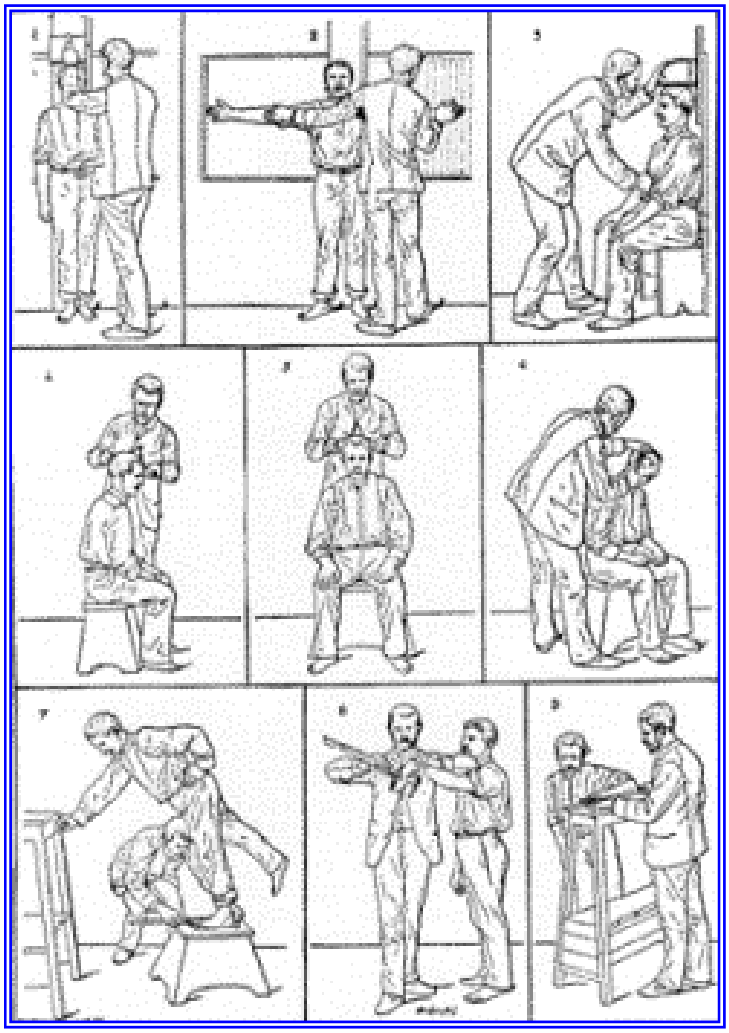
١. المقدمة:

من متطلبات العيش في مجتمع أن يكون لدى أفراده القدرة على التعرف على بعضهم البعض ليتمكنوا من معرفة دور كل منهم ومن قام أو يقوم بماذا.وظلت حواس الإنسان هي الوسيلة الوحيدة التي تقوده إلى معرفة كل فرد. فكانت حاسة البصر والسمع والشم واللمس هي الحواس التي يستخدمها الإنسان حسب حالته وحسب الوسط المحيط به. فالاعتماد على البصر يأتي في الدرجة الأولى ثم تليه بقية الحواس في حالة الإعاقة أو الظلام. وقد ذكر القرآن الكريم كيف أن يعقوب عليه السلام استخدم حاسة الشم عندما كان كفيفا ليتعرف على أثر ابنه يوسف عليهما السلام، قال تعالى: "ولما فصلت العير قال أبوهم إني لأجد ريح يوسف لولا أن تفندون" (سورة يوسف، الآية: ٩٤).

ويكون التعرف على الشخص بإحدى طريقتين: الطريقة الأولى، مشاهدته أو سماع صوته أو شم رائحته أو لمسه، وفي هذه الحالة يكون الشخص حاضرا جسديا. الطريقة الثانية، تعقب ما يخلفه من أثر، وقد برع العرب في تقصي الأثر (الشكل: ١.) ساعدهم في ذلك حالة الأرض وندرة الأمطار في جزيرة العرب مما يجعل الأثر يبقى واضحا لأيام [١٣]. وقلما نجد إشارة إلى هذه المهارة في الكتب والبحوث العلمية المعاصرة، رغم أن استخدام الشرطة لها في عدة دول ومنها المملكة العربية السعودية لا يزال يقدم نتائجا جيدة رغم التقدم التقني والعلمي المعاصرين. فعلى سبيل المثال أوردت إحدى الصحف السعودية مؤخرا الخبر التالي:

> تمكن قصاص أثر من إعادة كمية من المجوهرات ومبلغ مالي بعد سرقتهما بساعات.
> وكان مركز شرطة السليل قد تلقى بلاغاً من أحد المواطنين يؤكد سرقة منزله، وجميع ما فيه من مجوهرات ونقود، وتوجه رجال الشرطة إلى موقع الحادث مصطحبين قصاص الأثر صالح سالم المري، الذي تتبع مسار سيارة اللص سيراً على الأقدام لمسافة ٦ كيلومترات. وعندما وصل القصاص قرب أحد الأودية حيث يختبئ اللص تمت مداهمته ففر من الموقع على وجه السرعة. وقام شقيق المتهم بتسليم كافة المسروقات إلى رجال الأمن.
>
> وكان القصاص قد كشف لرجال الشرطة في بداية المطاردة للص المجوهرات أن قدم الجاني اليمنى ليست سليمة، ويختلف أثرها عن القدم اليسرى.
>
> وأكد شقيق اللص الهارب أن قدم شقيقه اليمنى مكسورة وبها مسامير فولاذية إثر حادث مروري وقع له منذ ٧ أشهر. وتمت إحالة القضية للتحقيقات للإسراع في القبض على الجاني وتسليمه ليد العدالة.
>
> (صحيفة: *الوطن*، العدد ١٦٢٥: ٢ صفر ١٤٢٦هـ).

الشكل: ١. أثار الأقدام [٤].



الشكل: ٢. القياسات التي كانت تؤخذ للمجرمين للتعرف عليهم في أواخر القرن التاسع عشر الميلادي [٩].

ثم ظهرت فكرة البصمة التي أول ما كانت لكامل اليد أو الرجل. وعرفت هذه الطريقة في الصين في القرن الرابع عشر الهجري كما يروي الرحالة جواو باروس Joao de Barros حيث كان يوضع الحبر على راحة اليد أو باطن القدم ثم يبصم بها على الورق للتفريق بين الأطفال. ثم ظهر في باريس استخدام قياسات متعددة لأعضاء الجسم للتعرف على المجرمين في تسعينات القرن التاسع عشر ولكن هذه الطريقة اختفت بعد اكتشاف أنه يمكن لأكثر من شخص أن يكون لهم القياسات نفسها (الشكل: ٢.). ثم ظهر استخدام بصمة الإصبع في الأسكتلانديارد، بريطانيا [١٨].

أما مع الإمكانات التي وفرتها المعرفة الإنسانية المعاصرة وتعقيدات الحياة وما يتطلبه الحال من تلافٍ للجريمة بما فيها انتحال الشخصية، فقد تعددت وسائل التعرف على الأشخاص حتى أصبح من الممكن التعرف على الشخص بإحدى الوسائل التالية:

الأولى: ما يملكه ويقع بحوزته، كالمفتاح. وفي هذه الحالة فإنه يستخدمه ليصل إلى ما يملكه شرعا كالمنزل والسيارة. ويعاب على هذه الوسيلة إمكانية فقدانها وإذا فقدت تنتقل ملكيتها عمليا إلى صاحبها الجديد الذي يصبح بإمكانه استغلالها استغلالا سيئا.

الثانية: ما يعرفه ويحفظه في ذاكرته، كالرقم السري. وهذه المعرفة تجيز له الوصول إلى ما يملكه كالحساب المصرفي أو المكتب الذي يعمل بابه بنظام الأرقام. وتعمل هذه الوسيلة كسابقتها إلا أنها غير محسوسة ومن ثم لا يخشى عليها من الضياع إلا أنها قابلة للنسيان وإذا حدث ذلك فإن صاحبها يفقد إمكانية النفوذ إلى ما يملكه قانونيا.

الثالثة: ما يوجد في الجسم من خصائص ينفرد بها، كبصمة الإصبع. وتعمل هذه الوسيلة كالوسيلتين السابقتين من تمكين للشخص للنفوذ إلى أماكن أو استخدام نظم حاسوبية أو حسابات مصرفية. وتتميز هذه الوسيلة بأنها تتلافى العيوب التي في الوسيلتين السابقتين، ويعاب عليها أنها مكلفة ماديا ولا تزال في طور التطوير لتوفيرها بشكل عملي لعامة الناس.

الرابعة: خاصية في السلوك الإنساني، كالتوقيع. وتتميز هذه الوسيلة أنها مرتبطة بجسم الإنسان وسهلة الاستخدام ولذلك لا تزال تستخدم منذ مئات السنين إلى الآن في الخطابات والسندات المالية.

الخامسة: الجمع بين أكثر من واحدة من الوسائل السابقة، كالجمع بين الرقم السري وبصمة الإصبع. وتكتسب هذه الوسيلة مميزات الوسائل الأخرى التي تستخدمها فتحد من انتحال الشخصية، إلا أنها تحمل معها كذلك عيوب الوسائل التي تستخدمها.

إن التقدم العلمي والتقني المذهلين اللذين يعيشهما الإنسان في هذا العصر طورا من وسائل التعرف على الشخص وتحديد هويته وكذلك حمايته من أن تنتحل شخصيته. ولكن بقي الصراع قائما بين الخير والشر، فقد تمكن الخارجون عن القانون من استخدام الوسيلة نفسها في انتحال الشخصيات. يذكر تقرير الخزانة الأمريكية [١٨] أنه كان هناك زيادة في حالات انتحال الشخصية وصلت إلى ١٥٠% بين عامي ٢٠٠١م (٨٦٢١٢ حالة) و ٢٠٠٣م (٢١٥٠٠٠ حالة). ويذكر التقرير نفسه أن هناك ما يقرب من عشرة ملايين أمريكي وجدوا أن هويتهم قد انتحلت خلال العام المنصرم فقط. وغالبا ما تنتحل الشخصية في قضايا مالية بحيث يتمكن المنتحِل من التصرف في الأمور المالية للمنتحَل كالحسابات المصرفية والتقاعد وقروض التقسيط.

من هنا فإن السعي حثيثا للحد من انتحال الشخصية والتعرف على هوية الأشخاص والباحثون في مراكز البحوث يعملون على قدم وساق لإيجاد وسائل وأدوات جديدة تعين رجال الأمن والمؤسسات الاجتماعية الحكومية منها والأهلية على تأمين أعمالها والحفاظ على سرية وممتلكات عملائها.

لهذا فإن البدائل التي تتجه الأنظار إليها الآن هي ما يعرف بالبيانات الحيوية والتي تسعى الجهات المختلفة لتطبيقها في مؤسساتها ونظمها الحاسوبية حماية لها ولكل من يتعامل معها.

٢. البيانات الحيوية:

ظلت بصمة الإصبع هي وسيلة التفريق الدقيقة بين الناس في مراكز الشرطة حول العالم، ووجد خلال العقود الثلاثة الأخيرة من القرن العشرين أن بصمة الإصبع ليست هي البصمة الوحيدة عند الإنسان بل هناك عشرات البصمات التي يمكن استخدامه للتفريق بها بين الناس. وسميت هذه البصمات بكلمة biometrics التي تتكون من مقطعين إغريقيين الأول: -bio ويعني "حياة" والمقطع الثاني: metrics- ويعني

"يقيس"، ويقصد بهذه الكلمة: علوم وتقنية تحليل وقياس الإحصاءات الحيوية. ولقد ترجمت إلى العربية بكلمات مختلفة منها:

- الهوية الجسمية
- التحقق البايولوجي
- البيانات الحيوية
- القياسات البايولوجية

وسنستخدم في هذه الورقة الترجمة "البيانات الحيوية" لأننا نجدها أكثر تعبيرا ودقة من الترجمات الأخرى.

ويقوم الباحثون والمتخصصون في البيانات الحيوية بوضع المعايير والمقاييس وتطوير النظم الحاسوبية والدوائر الكهربائية للخروج بأجهزة يمكنها التعرف الآلي على الشخص. ويسعون إلى أن تكتسب هذه الأجهزة مواصفات قياسية بحيث يكون الهدف تحقيق أعلى قدر من كل من الآتي:

- نسبة منخفضة (تقترب من الصفر) لاختيار الشخص الخطأ false acceptance rate. هذا يعني أنه لا يتم اختيار شخصا آخرا بدلا من الشخص الحقيقي.
- نسبة منخفضة (تقترب من الصفر) لاستبعاد الشخص الحقيقي false rejection rate. هذا يعني عدم رفض الشخص الحقيقي على أن بياناته ليست خاصة به.
- الحياة liveness أحد العناصر المهمة في استخدام البيانات الحيوية أن تبين ما إذا كان المستخدم على قيد الحياة أم لا.
- من خصائص البيانات الحيوية أنها ليست سرية بمعنى أنها ليست ككلمة السر التي يفترض أنه لا يعرفها إلا المستخدم. لذا لا بد من التأكد من أنها قادمة من الشخص الحقيقي.

وتمر جميع أنواع تقنيات البيانات الحيوية بأربع مراحل هي:

١. الالتقاط capture

ويتم في هذه المرحلة أخذ البيانات الحيوية كتصوير الإصبع أو مسحه بجهاز جمع البيانات.

٢. الاستخراج extract

حيث تستخرج الخصائص الحيوية للشخص من البيانات الحيوية التي تم جمعها في المرحلة السابقة.

٣. المقارنة comparison

مقارنة الخصائص الحيوية للشخص التي كونت في المرحلة السابقة بالخصائص الحيوية التي سبق وأن جمعت من الشخص نفسه أو منه ومن آخرين.

٤. المطابقة match

يتم في هذه المرحلة مطابقة النتائج للخروج بنتيجة إما إيجابية أو سلبية.

بدأ يشيع عند الباحثين والمتخصصين أن كل إنسان يملك العديد من البيانات الحيوية التي يمكن أن ينفرد بخصائص منها تميزه عن بقية الناس ومن هذه البيانات التي أصبحت حقائقا ما يلي:

بصمة الأصبع fingerprint: من أقدم طرق التعرف على هوية الشخص ومن أقدم النظم الآلية للتعرف عليه كانت باستخدام بصمة الإصبع، حيث بدأ استخدامها منذ ستينات القرن المنصرم (الشكل: ٧).

بصمة القزحية iris: يتكون الجزء الملون المحيط ببؤبؤ العين (بؤبؤ العين هو الدائرة السوداء في وسط العين) من تعرجات تختلف من شخص إلى آخر حتى بين التوائم، وحتى من عين شخص إلى عينه الأخرى. ولها دقة عالية تفوق البصمة الوراثية. وتعتبر النظم الآلية للتعرف على قزحية العين الأسرع والأدق في الوقت الراهن. إذ يمكنها أن تقارن ستة ملايين صورة خلال ثانية واحدة فقط (الشكل: ٥).

بصمة الشبكية retina: تقوم بصمة الشبكية على توزيع الأوردة على شبكية العين (شبكية العين: الجزء الذي تقع عليه الصور الواردة من عدسة العين) (الشكل: ٦).

البصمة الصوتية أو ما يعرف بالتعرف على المتحدث voiceprint: وقد طبقت مع بعض أنظمة الحاسب الآلي للتأكد من هوية الشخص (الشكل: ٩) [١٨].

بصمة أبعاد الكف hand geometry: لكل إنسان تقريبا شكل كف وأصابع مختلفة إضافة إلى أطوال الأبعاد بينها (الشكل: ١٤). وتطبق التقنيات القائمة

على هذه البصمة الآن في مكتبة العبيكان بمدينة الرياض لمتابعة حضور وانصراف الموظفين.

بصمة راحة الكف palmprint: تعمل بشكل شبيه ببصمة الإصبع إلا أنها تغطي راحة اليد بما تحويه من خطوط وتعرجات. وهذه الطريقة ليست عالية الدقة ولكنها تستخدم في الأنظمة التي ليس من الضروري أن تكون ذات سرية عالية كالحضور والانصراف (الشكل: ١٩).

التوقيع الإلكتروني electronic signature: يقوم التوقيع الإلكتروني على جمع بيانات حول: الضغط على قلم التوقيع، وإتجاه الكتابة، والسرعة، وطول الخطوط، وعددها. فالتوقيع الإلكتروني لا يقارن شكل التوقيع فقط بل يجمع البيانات الأخرى المتعلقة بطريقة التوقيع من الموقع مباشرة (الشكل: ٨).

بصمة **الوجه** facial recognition: وهي من أقدم الطرق، وكل شخص تقريبا يمكن أن يتعرف على من يعرفه عن طريق النظر إلى وجوههم. وتقوم على أخذ الأبعاد بين أعضاء الوجه والشكل العام له، ويمكنها التعرف على ما إذا كان صاحب الوجه حياً أم لا وذلك بالطلب منه أن يقوم بأعمال كالابتسام أو أن يرمش بعينيه ويقوم النظام بمقارنة الصورة التي يلتقطها بما هو مخزن لديه ليخرج بقرار ما إذا كان الشخص حياً أم لا. استخدمت هذه الطريقة في بعض آلات الصرف الآلي في الولايات المتحدة، وطبقتها بعض البنوك في أوربا مع عملائها الذين يستخدمون الإنترنت (الشكل: ٤، ١٢) [١٨].

بصمة أوردة الكف hand vein: تستخدم فيه آلات تصوير تعمل بالأشعة فوق الحمراء infrared camera تقوم بتصوير الأوردة الدموية داخل الكف. ويقوم بنك طوكيو – ميتسوبيتشي - باستخدام هذه الطريقة بدلا من الرقم السري في آلات الصرف الآلية حيث تحفظ البصمة في بطاقة الصراف وليس في نظام البنك، ودور نظام البنك هو مقارنة البصمة الحية مع البصمة المخزنة في البطاقة (الشكل: ١٣) [١٨].

البصمة الوراثية DNA: تحمل كل خلية في جسم الإنسان بما فيها تلك الموجودة في اللعاب والشعر والجلد وغيرها الخصائص الجينية لذلك الشخص الذي ينفرد بها عن بقية الناس (الشكل: ١٧).

البصمة الحرارية thermal image: يبث الجسم الحي حرارة تختلف من مكان إلى آخر في أعضاء جسم الإنسان ومن ثم فإن درجات توزيع الحرارة على الجسم تختلف من شخص إلى آخر (الشكل: ٣).

بصمة الأذن ear shape: لشكل الإذن وتعرجاتها خصائص وأبعاد تختلف من شخص إلى آخر (الشكل: ١١).

بصمة رائحة الجسم body odor: لكل إنسان رائحة خاصة به ويمكن لمجسات sensors أن تلتقط هذه الروائح وتحليلها لتكوين السمات العامة لها templates ومن ثم ربطها بصاحبها. ويمكن أن تقدم رائحة الجسم تفاصيلا غير هوية الشخص ومن ذلك الحالة الصحية للشخص وآخر نشاط قام به.

بصمة إيقاع الأصابع keystroke dynamics: لكل إنسان إيقاع محدد في الضرب على مفاتيح لوحة مفاتيح keyboards الحاسب الآلي. وتقوم هذه البصمة على سرعة الانتقال من مفتاح إلى آخر وقوة الضغط على المفتاح (الشكل: ٥).

بصمة الظفر fingernail bed: يتكون جذر الظفر من خطوط تختلف من شخص إلى آخر (الشكل: ١٥).

هذه ليست البصمات الوحيدة فهناك بصمات أخرى كبصمة الأسنان، ولن تكون هذه القائمة هي الأخيرة كذلك فهناك دائما الجديد في البيانات الحيوية.

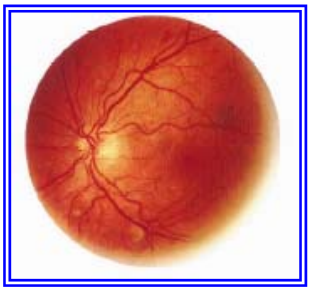
ولم يتوقف الإنسان عند الكشف على البيانات الحيوية بل تجاوز ذلك لاستخدامها في التقنيات المعاصرة بما في ذلك ما يعرف بالتقنيات متناهية الصغر nanotechnology والتي تتميز بالسرعة مع الدقة في الأداء إضافة إلى حجمها الصغير جدا. فالشكل: ١٦ يبين كيف أن شريحة إلكترونية ببعد لا يتجاوز ٠,٣ مم يمكن بواسطتها حفظ كافة المعلومات الخاصة بالشخص بما فيها البيانات الحيوية، ويمكن كذلك زرعها في جسم الإنسان بحيث يحملها دائما معه أينما ذهب دون الحاجة إلى حمل بطاقة أحوال أو رخص

قيادة أو بطاقات مصرفية، ويمكن بواسطتها كذلك متابعة حاملها والإطلاع على محتوياتها عن بعد، هذه التقنية سبق واستخدمت مع بعض الطيور.

الشك?ل: ٣. البصمة الحرارية [٧].

الشكل: ٤. الصورة الضوئية.

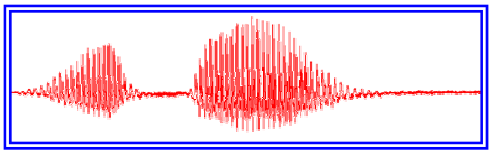
الشكل: ٥. بصمة القزحية [٨].



الشكل: ٦. بصمة الشبكية [٦].

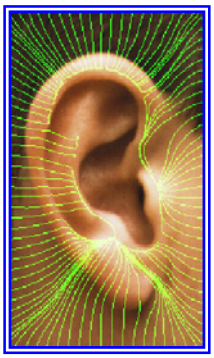
الشكل: ٧. بصمة الإصبع [٨].

الشكل: ٨. التوقيع الإلكتروني [١٤].

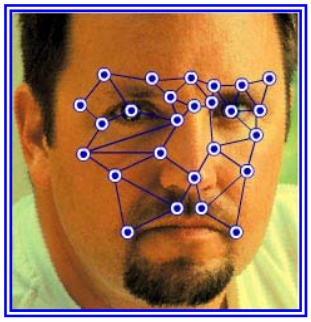


الشكل: ٩. الموجة الصوتية.

الشكل: ١٠. إيقاع الأصابع [٥].



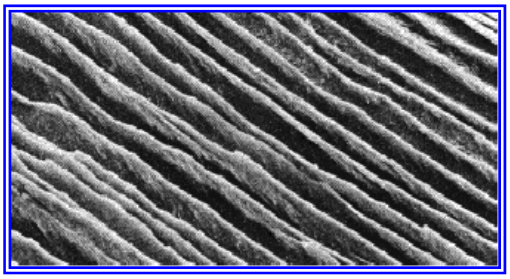
الشكل: ١١. بصمة الأذن [٣].



الشكل ١٢. بصمة الوجه [١].

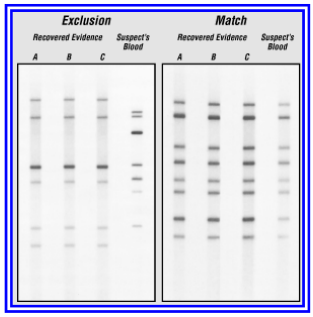
الشكل: ١٣. بصمة أوردة الكف [٢].

الشكل: ١٤. بصمة أبعاد الكف [١٦].



الشكل: ١٥. بصمة الظفر [٧].

الشكل: ١٦. شريحة إلكترونية [٧].



الشكل: ١٧. البصمة الوراثية [٨].

الشكل: ١٨. البطاقة الذكية [٨].

الشكل: ١٩. بصمة راحة اليد [٢٠].

ويمكن تصنيف البيانات الحيوية إلى ثلاثة أقسام:

القسم الأول: بيانات عن تشريح وطبيعة الجسم البشري وشكله، ومنها:

- القزحية
- الشبكية
- بصمة الإصبع
- شكل اليد
- صورة الوجه

القسم الثاني: بيانات عن تصرف وسلوك الجسم البشري، ومنها:

- التوقيع
- الخط أو الكتابة
- الضرب على مفاتيح لوحة المفاتيح

القسم الثالث: بيانات مزدوجة (شكل أعضاء الجسم وسلوكها)، ومنها:

- الأثر الذي يستدل عليه بقص الأثر
  - شكل الأثر وحجمه
  - وضعه وطريقة تأثره
- البصمة الصوتية
  - شكل الجهاز الصوتي وطبيعته
  - طريقة حركة أعضائه

ويورد تقريرا للخزانة الأمريكية صدر هذا العام ٢٠٠٥م [١٨] أن هناك تخوفا لدى كثير من الناس من استخدام البيانات الحيوية لعدة أسباب منها: ١) البيانات الحيوية ليست كالبيانات الغير حيوية من حيث أنها لا يمكن تغييرها أو استبدالها لو دعت

الحاجة لذلك، ٢) ليس هناك الآن آلية لمعايير موحدة تقنية وقانونية لطريقة جمع البيانات الحيوية والحفاظ على سريتها والتخلص منها عند الانتهاء من استخدامها، ولو أنه قد ظهرت الآن طريقة مبتكرة وهي أن تبقى البيانات الحيوية مع الشخص مخزنة على بطاقته أو على جهازه وكل ما يقوم به نظام التعرف هو المقارنة بين ما هو مخزن وبين ما هو مستخدم. لهذا فإن البيانات الحيوية ليست محفوظة لدى جهة معينة وإنما بيد الشخص نفسه.

وحيث أن هذه الورقة عن البصمة الصوتية فسنتطرق بشيء من التفصيل عن البصمة الصوتية وخصائصها وطرق تطبيقها.

٣. البصمة الصوتية:

يزخر التراث العربي بالكثير من القصص والروايات التي تتسم بالخيال العلمي الواسع (الشكل: ٢٠). فرغم أن الكثير منها كُتب في العصر العباسي، أي في القرن الثاني الهجري قبل أكثر من اثني عشر قرنا، إلا أن هذا الخيال أصبح كثير منه حقائقاً قائمة ومن ذلك قصة علاء الدين والمغارة التي كان بابها يتعرف على علاء الدين بصوته فينفتح عند سماعه لكلمة "افتح ياسمسم" والتي ترجمت إلى open sesame حيث نجد أن شركات استخدمت هذا الاسم كعلامة تجارية للتعرف على المتحدثين ومن أمثلة ذلك Opensesame Web الكورية التي توفر أنظمة لاستخدام البصمة الصوتية في الدخول على المواقع عبر الشبكة العالمية.

والبصمة الصوتية voiceprint: هي ما يطلق عليه أحيانا بالخصائص الصوتية للمتحدث. وقد يكون من المناسب البدء بعرض وتعريف لبعض المصطلحات المستخدمة في الكتابة عن البصمة الصوتية والتي منها:

- التعرف على المتحدث speaker recognition: هو التحليل الأكوستي (الموجات الصوتية للكلام) لمعرفة هوية المتحدث.
- تحقيق هوية المتحدث speaker verification: هو مطابقة الخصائص الصوتية لكلام متحدث ما مع الخصائص الصوتية المخزنة سلفا لكلامه، وتستخدم في حالات الدخول إلى أنظمة حاسوبية أو فتح أبواب.

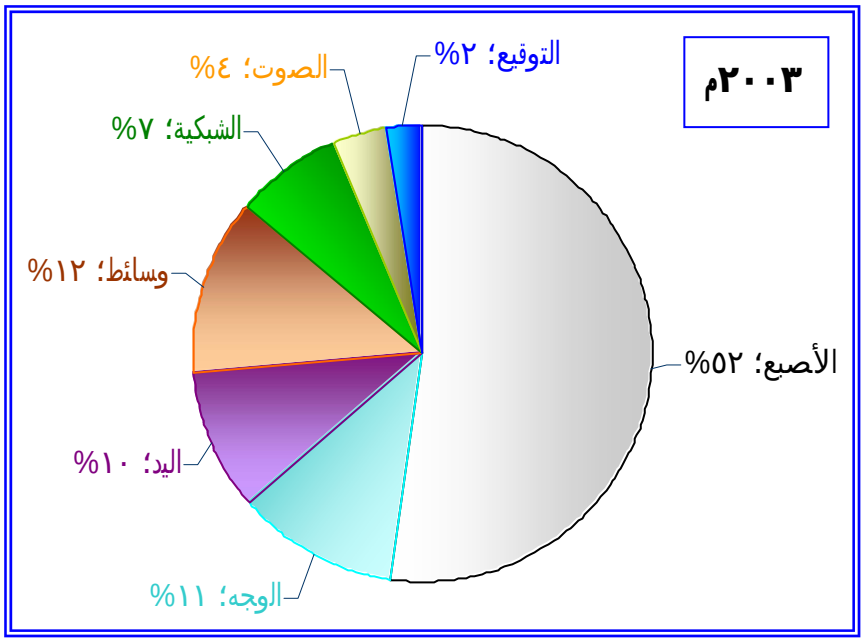
- تحديد المتحدث speaker identification: هو مطابقة الخصائص الصوتية لكلام متحدث ما مع الخصائص الصوتية لكلام سبق تسجيله، وتستخدم هذه الطريقة في حالات الجرائم.

الشكل: ٢٠. يزخر التراث العربي بالخيال العلمي الواسع الذي أصبح كثير منه حقائقاً قائمة في هذا العصر.

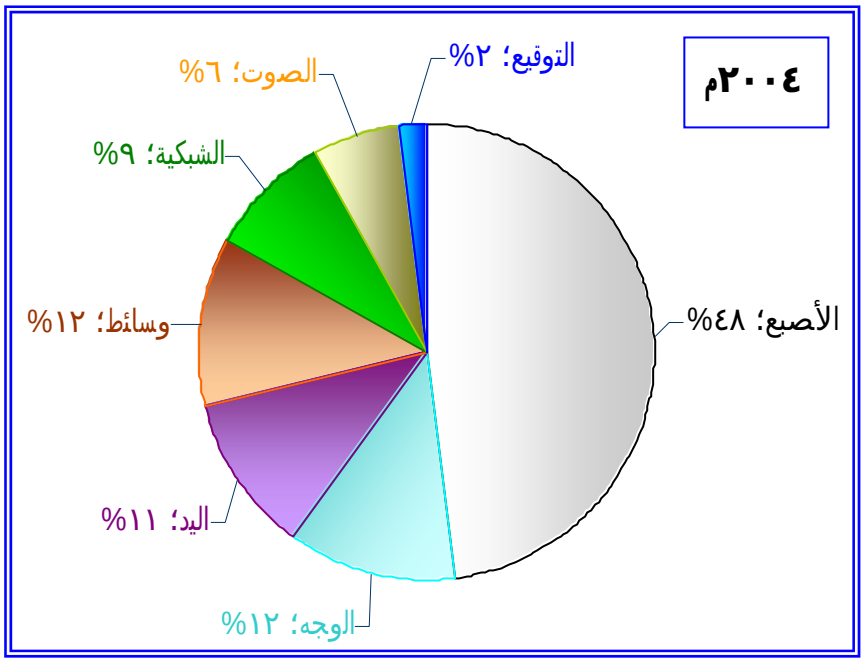
عندما تطرق باب أحد معارفك أو أقربائك أو تتصل به هاتفيا ويسألك "من؟" وترد عليه "أنا."، ولو تكرر السؤال لكان الجواب "أنا، ألم تعرفني؟"، لعرفك السائل دون ذكر الاسم. هذه القدرة على معرفة الشخص بناء على صوته قديمة قدم الإنسان نفسه. ولم تعر هذه القدرة اهتماما يذكر لا في مراكز الشرطة ولا في جلسات القضاء رغم ما يزخر به تاريخ المحاكم من قضايا يقوم الشاهد فيها بالإدلاء بشهادته قائلا "لقد سمعت فلانا يقول كذا وكذا" أو "لقد قال فلان كذا وكذا" دون أي ذكر لما إذا كان الشاهد قد رأى المتحدث أثناء الكلام أم لا. إذ أنه قد يكون الشاهد صادقا بأنه سمع ما قال ولكنه قد يكون المتكلم شخصا آخرا. ولم يلق هذا الأمر اهتماما إلا بعد القضية المشهورة التي حدثت في الولايات المتحدثة الأمريكية في الثلاثينات من القرن التاسع عشر في قضية خطف ابن ألضابط الأمريكي ليندبيرغ Lindbergh، إذ قال بأن صوت الشخص الذي طلب الفدية هو نفسه الذي شاهده في المحكمة، وكان لهذه

الشهادة دور في الحكم الصادر على المتهم [١٠]. ولقد أثارت هذه القضية اهتمام الباحثين مما جعل التعرف على المتحدث أحد أبرز المواضيع التي تتناولها المعامل بالبحث والاستقصاء والتجريب.

وقد شاع استخدام البصمة الصوتية في أمرين: الأول، في تحديد هوية المتحدث، وهذا يتم عند الحصول على تسجيل لصوت شخص ما ويكون للتسجيل علاقة بجريمة ثم يقبض على المتهم وتبحث الشرطة عن أدلة لإثبات أو نفي التهمة ويكون ضمن ذلك التسجيلات الصوتية للمتهم. وعند إنكار المتهم للصوت يقوم خبير الصوت بمطابقة الصوت المسجل مع صوت المتهم للخروج بتقرير حول الشبه بين الصوتين. الأمر الثاني، مع التطور التقني في العقود القليلة الماضية أصبح من الممكن التحقق من هوية المتحدث آليا. فاستخدمت هذه التقنية في الدخول على الحسابات المصرفية وفتح الأبواب والدخول على المواقع عبر الشبكة العالمية.



الشكل. ٢١. توزيع استخدام الاستدلال على الشخصية في عام ٢٠٠٣م [١٢].



الشكل. ٢٢. توزيع استخدام الاستدلال على الشخصية في عام ٢٠٠٤م [١٢].

٣. ١. موقع البصمة الصوتية بين البيانات الحيوية:

لقد أخذت البيانات الحيوية مكانة مهمة في حياة الناس ولدى رجال الأمن ومحاكم القضاء. ومن البيانات الحيوية التي تنمو بشكل سريع في شيوع الاستخدام البصمة الصوتية. فقد بلغ عائد نظم التعرف على المتحدث في عام ٢٠٠٢م، ١٢,٢ مليون دولار، ويتوقع أن يصل ١٤٢,١ مليون دولار عام ٢٠٠٧م، أي بزيادة أكثر من أحد عشر ضعفا خلال خمس سنوات [١١]. وما ذلك إلى لقبول الناس لهذا النوع من التقنية في الاستخدامات اليومية وكذلك لتسارع ارتفاع دقة التعرف على المتحدث. لهذا نجد ارتفاع نسبة استخامها من ٤% عام ٢٠٠٣م إلى ٦% عام ٢٠٠٤م (الشكلان: ٢١، ٢٢.). ويبين الشكلان السابقان كذلك انحصار استخدام بعض أنواع البيانات الحيوية كبصمة الأصبع ويعود ذلك لأسباب بعضها له علاقة بالتطبيقات التقنية وضرورة توفرها للمستخدم وبعضها الآخر يعود لمدى قناعة المستخدم بها.

٣. ٢. خصائص البصمة الصوتية:

تقوم البصمة الصوتية على مبدأين مهمين:

الأول، أن لكل إنسان جهازا صوتيا فريدا لا يشابهه أحد فيه (الشكل: ٢٣.).

الثاني، أن لكل إنسان نظاما عصبيا فريدا يتحكم في الجهاز الصوتي.

وينتج عن هاتين الخاصيتين موجات صوتية فريدة يختلفون الناس فيما بينهم في خصائصها الأكوستية. ومما يتسم به الجهاز الصوتي أنه عرضة لمؤثرات عدة منها المرضية كنزلات البرد، والنفسية أو المزاجية كالغضب والخوف، وعامل الزمن كالتقدم في العمر. ويؤخذ على البصمة الصوتية أنها تتأثر بهذه العوامل. إلا أن الحقيقة أن البصمات الأخرى تتأثر هي الأخرى بعوامل مختلفة فبصمة الإصبع، على سبيل المثال، تتأثر بما قد يتعرض له الإصبع من حرق أو تغطية أو غيرهما. ورغم أن العوامل السابقة قد تؤخذ على البصمة الصوتية إلا أنها في حقيقة الأمر تعد ميزات تضاف لها. وذلك أن الأبحاث الأخيرة تبين أنه يمكن التعرف على هذه العوامل من خلال تحليل الموجات الصوتية للشخص، بمعنى أنه يمكن التعرف على أن الشخص في حالة خوف أو سعادة ومن هنا يمكن توظيف هذه الخاصية أو تلك في التعرف على حالة الشخص ثم بناء على ذلك حمايته من التهديد أو الاستغلال من قبل الآخرين.

٣. ٣. طرق الكشف على البصمة الصوتية:

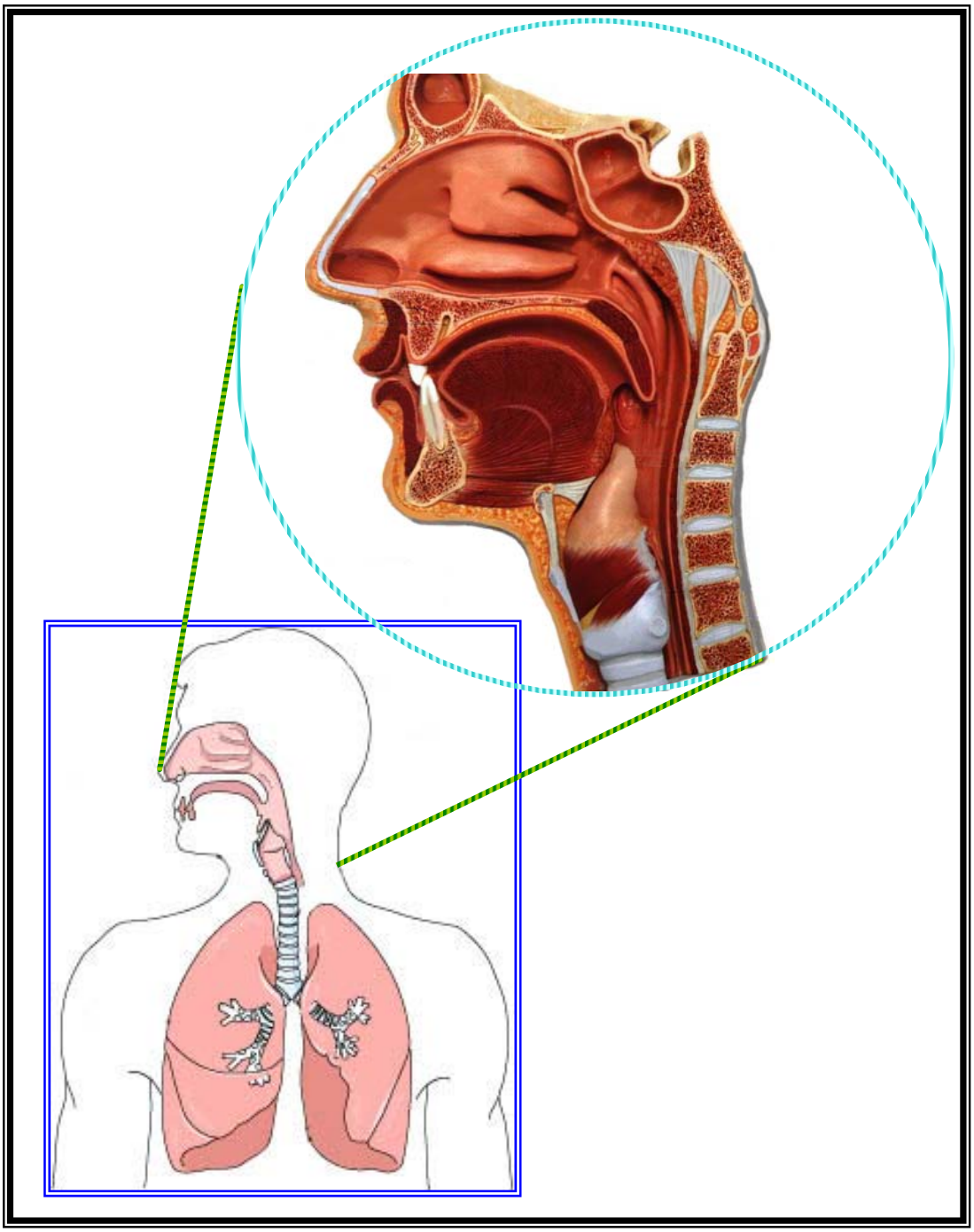
يمكن التعرف على المتحدث من خلال صوته باستخدام إحدى الطرق الثلاث التالية:

الأولى: السماع، تتميز الأذن بتضخيم الترددات الصوتية الخاصة بالكلام بما فيها من خصائص المتحدث. وكذلك لارتباط السمع بعمليات عقلية معقدة فإن السامع يمكنه جمع معطيات متنوعة عن المتحدث كلهجته وأسلوب حديثه وإلى من كان يوجه الحديث ولهذا لا يزال خبراء التحقق من هوية المتحدث يستعينون بالسمع إضافة للأجهزة والبرمجيات المختلفة في التعرف على المتحدث.

البصر: يقصد باستخدام حاسة البصر في التعرف على المتحدث بتحويل الموجات الصوتية إلى رسم "صورة" يمكن من خلاله مقارنة مختلف الأصوات للوصول إلى نتيجة ما. والرسم المستخدم والشائع الآن هو الرسم الطيفي، فقد تم تطوير ما يعرف باسم الرسام الطيفي spectrograph في أواخر الثلاثينات وأوائل الأربعينات وذلك أثناء الحرب العالمية الثانية [١٩].وكانت الفكرة تهدف إلى التعرف على الجواسيس من خلال اتصالاتهم. ثم برد الحماس لاستخدام هذه الوسيلة حتى الستينات عندما ظهرت اتصالات هاتفية تهدد بتفجير الطائرات. ولا يزال الرسم الطيفي يستخدم إلى الآن من قبل خبراء البصمة الصوتية. وهناك من البرمجيات الآن الكثير منها التي تحول الإشارة الصوتية إلى رسوم بيانية وطيفية تبين تردد وشدة وزمن النطق الرنينية والرقيقتين الصوتيتين وغيرها من الخصائص الأكوستية لموجات الكلام.

الآلة: يتم تطوير نظم حاسوبية مهمتها مقارنة الأصوات وتحديد ما إذا كان صوت شخص ما هو الصوت نفسه الذي سبق وتم تسجيله. وتستخدم هذه الطريقة في النفوذ إلى مواقع معينة في الشبكة العالمية أو فتح باب المكتب أو المنزل. وتستخدم هذه الطريقة كذلك في معرفة ما إذا كان صوت سبق تسجيله هو لمتهم ما أو لا. ولكن في حالة الأدلة الجنائية فإنه غالبا ما تستخدم الطرق الثلاثة جميعها للحصول على أدق نتيجة ممكنة.

ويقوم بتنفيذ الطريقة الأولى والثانية خبير تحليل الموجات الصوتية أما الطريقة الثالثة فتتولى الآلة كامل العملية. وسنعرض فيما يلي بعض تفاصيل عمل كل منهما.



الشكل: ٢٣. مقطع رأسي لجهاز النطق عند الإنسان.

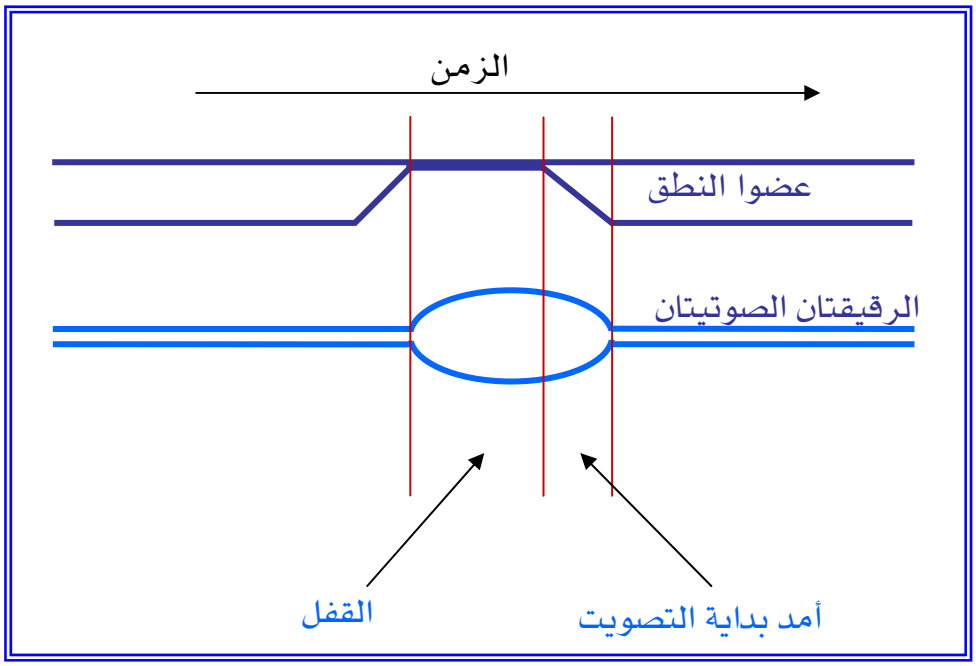
٣. ٣. ١. خبير تحليل الموجات الصوتية

تقوم مراكز الأدلة الجنائية بتوظيف أو الاستعانة بخبراء في البصمات الصوتي. وتحرص هذه المراكز على تدريب خبرائها لإطلاعهم على كل جديد وكذلك تزويدهم بأحدث المستجدات التقنية في مجال عملهم.

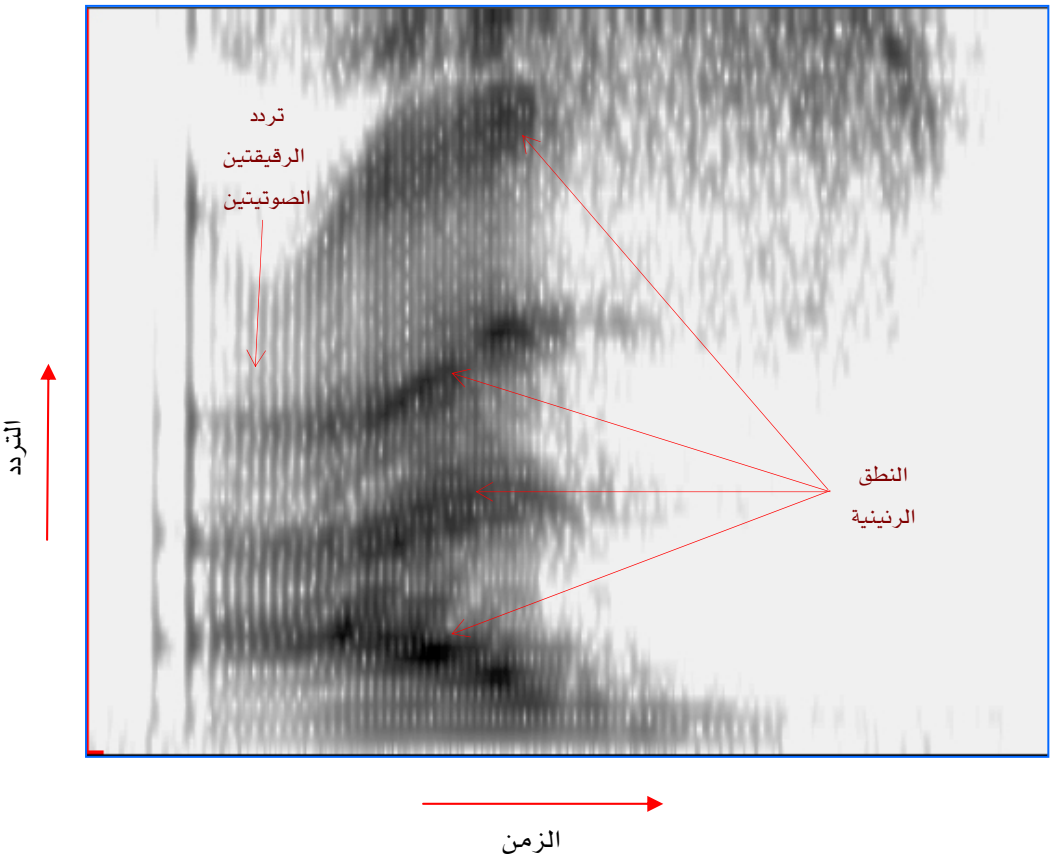
وعند مقارنة الموجات الصوتية فإن خبير البصمة الصوتية يعتمد على الخصائص الأكوستية التي تظهر في الرسوم الطيفية مثل:

- تردد النطق الرنينية (الشكل: ٢٥)، وخاصة النطاق الرنيني الثالث الذي تردده يدل على طول الجهاز الصوتي عند الإنسان، كلما طال الجهاز الصوتي كلما كان التردد منخفضا.
- عرض النطق الرنينية formant bandwidths حيث غالبا ما تتسم هذه بالثبات في حالة بعض الأصوات كالصائت /ـِ/.
- تردد الأصوات الناتجة عن نطق الصوامت الرخوة كالسين والشين.
- تردد النطق الرنينية للأصوات الأنفية /م ن/.
- حساب المسافة بين ترددات النطق الرنينية كالمسافة بين النطاق الرنيني الأول والثاني؛ والثاني والثالث.
- الأمد: كأمد بداية التصويت (الشكل: ٢٤) أمد الصوامت والصوائت والنسبة بين أمد كل منها إلى الآخر.
- التردد الأساس أو تردد الرقيقتين الصوتيتين (الشكل: ٢٧).

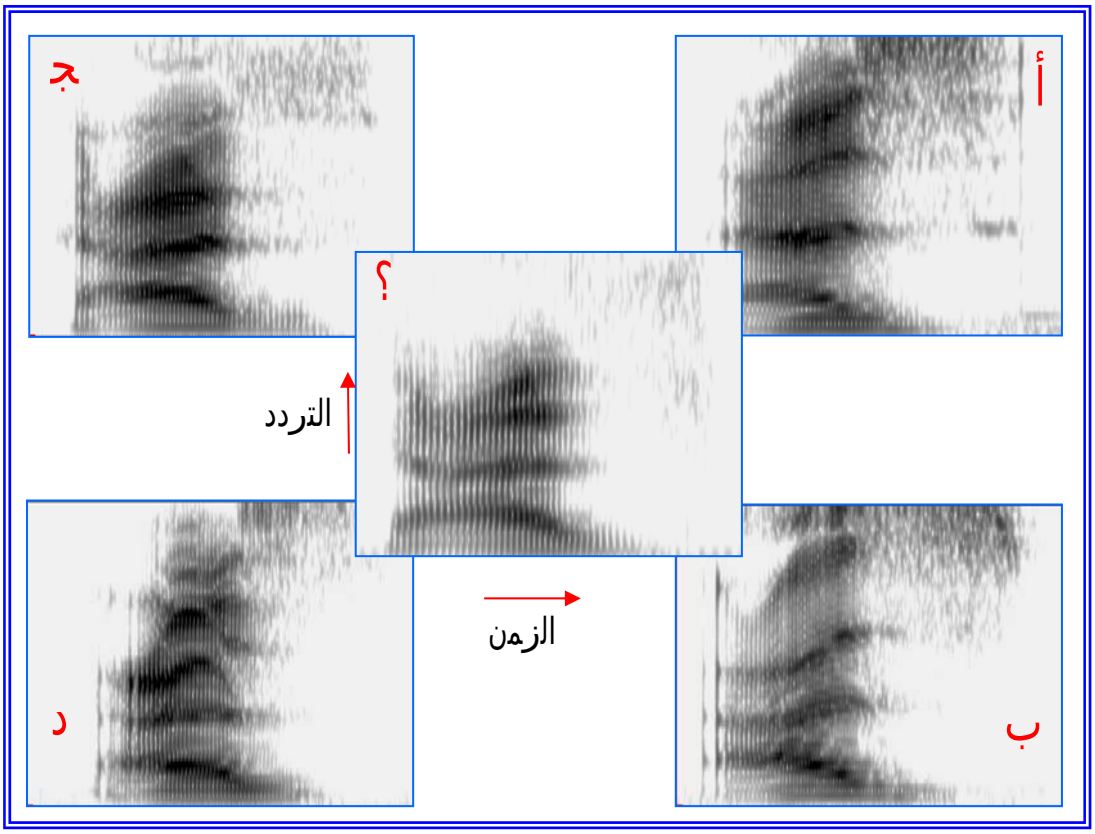
وكان في الماضي يتم عرض هذه الرسوم على ورق ثم مقارنتها مع بعضها، أما الآن فإن البرمجيات الحاسوبية تمكن خبير الموجات الصوتية من مقارنة الرسوم على شاشة الحاسب الآلي مما يوفر له المرونة اللازمة للمقارنة والاستنتاج (الشكلان: ٢٦، ٢٧).



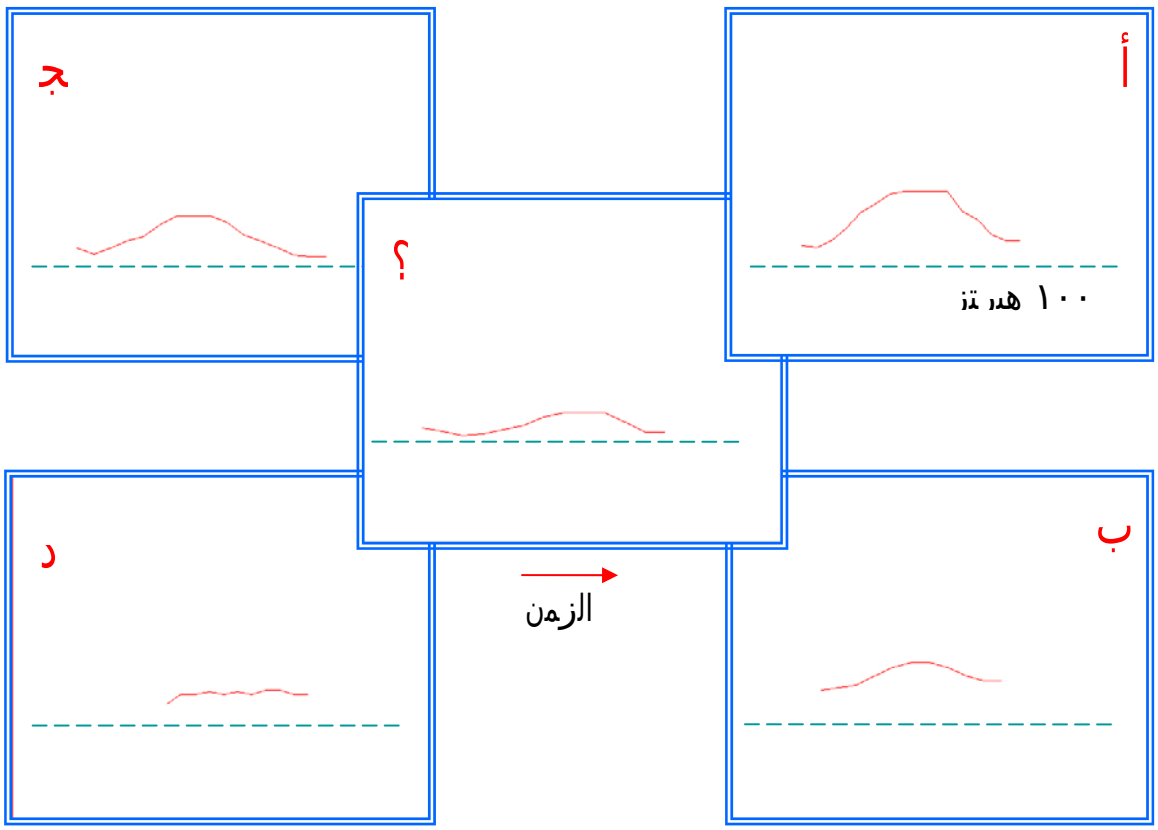
الشكل: ٢٤. التوافق الحركي الزمني بين عضوي النطق وحركة الرقيقتين الصوتيتين، الذي ينتج عنه ما يعرف بأمد بداية التصويت.



الشكل: ٢٥. يبين الرسم الطيفي للكلمة "عَزّ" تردد النطق الرنينية وتردد الرقيقتين الصوتيتين.



الشكل: ٢٦. الرسم الطيفي للكلمة "عَزّ" مثلما نطقها أربعة متحدثين مختلفين (أ، ب، جـ، د). الرسم الطيفي الذي في الوسط هو لأحد المتحدثين الأربعة. نستنتج من تتبع النطق الرنينية فقط أن الرسم الطيفي المجهول هو للمتحدث (جـ) [١٥].



الشكل: ٢٧. الرسم البياني لتردد الرقيقتين الصوتيتين أثناء نطق الكلمة ذاتها في الشكل السابق. الشكل المجهول هنا يتطابق كذلك مع المتحدث (ج).

٣. ٣. ٢. التعرف الآلي على المتحدث

تقوم فكرة التعرف الآلي على المتحدث على بناء نظام حاسوبي يقوم بالتعرف على المتحدث تلقائيا من خلال صوته. وبصورة عامة فإن النظام الحاسوبي يتكون من برمجيات تحتوي على العناصر التالية:

- عنصر استخراج الخصائص feature extraction

يقوم هذا الجزء من النظام بتحويل الإشارة الصوتية الواردة من المتحدث أثناء تدريب النظام إلى أرقام ذات معنى بالنسبة للنظام تسمى feature vectors. وتتصف هذه الأرقام بأنها أكثر ثباتا واختزالا من الإشارة الصوتية، بمعنى آخر، أن الإشارة الصوتية التي تحتوي على خصائص فيزيائية معقدة ومتعددة تُختزل البيانات التي تحملها إلى أقل أرقام ممكنة تمثل بصمة المتحدث.

- عنصر أنمذجة المتحدث speaker modeling

يتم في هذا العنصر تكوين أنموذج خاص بكل متحدث بناء على مخرجات العنصر السابق بحيث يكون الأنموذج عاما أي في حالة ورود كلام للمتحدث نفسه لم يرد في التدريب فإن الأنموذج يستوعبه، بمعنى آخر، يتعرف على المتحدث من خلال أي كلام يقوله.

- قاعدة بيانات المتحدثين speaker model database

يحتفظ في قاعدة البيانات بالنماذج التي سبق وكُونت لمتحدثين قاموا بنطق نصوص معينة سجلها النظام واستخلص منها أنموذج خاص بكل متحدث منهم.

- عنصر مقارنة النماذج pattern matching

يتكون هذا العنصر من عدة خوارزميات تقوم بالمقارنة بين أنموذج المتحدث والنماذج المخزنة في قاعدة البيانات والخروج بنتيجة المقارنة التي غالبا ما تكون رقما.

- عنصر اتخاذ القرار decision making

يقوم عنصر اتخاذ القرار بأخذ نتيجة مقارنة النماذج واتخاذ القرار النهائي الذي يختلف بناء على وظيفة النظام. فعندما يكون النظام للتحقق من المتحدث speaker verification يكون القرار إما قبول المتحدث أو رفضه كما هو في حالة استخدام البصمة الصوتية لفتح الأبواب أو الدخول إلى أنظمة حاسوبية. وإذا

كان النظام للتعرف على المتحدث speaker identification فإن القرار هو عرض اسم أو هوية الشخص وإذا لم يكن ضمن قائمة الأشخاص الموجودين لدى النظام في قاعدة البيانات فإن القرار يكون "الشخص مجهول".

٣. ٤. تطبيقات البصمة الصوتية:

للبصمة الصوتية كما سبق ذكره تطبيقان أساسيان هما:

- منع تزوير الهوية، وذلك بالتأكد من أن من يحمل هوية ما هو صاحبها الفعلي. لحماية الأشخاص من أن تزور هوياتهم والذي يتم عندما ينتحل شخص ما هوية شخص آخر ويستخدمها في ارتكاب جريمة. وهذا مرتبط كذلك بالبطاقات التي تستخدم للدخول على منافذ معينة كبطاقة الائتمان وبطاقة الصراف الآلي.
- الكشف عن هوية شخص ما، ويستخدم عندما تكون هوية الشخص مجهولة والمطلوب معرفتها. وهذا غالبا ما يستخدم في الأدلة الجنائية.

وبتفصيل أكثر فإن البصمة الصوتية تستخدم في:

- التعرف على المجرمين:
  - عند تسجيل الصوت قبل الجريمة.
  - عند تسجيل الصوت أثناء الجريمة.
  - عند تسجيل الصوت بعد الجريمة.
    - يمكن أن يكون التسجيل عبارة عن:
      - مكالمة هاتفية.
      - أجهزة أمن منشآت.
      - التسجيل باستخدام الحاسب الآلي.
      - أجهزة التسجيل التقليدية.
      - أجهزة التسجيل الرقمية الحديثة.
- الدخول access على مراكز المعلومات والبيانات:
  - الأحوال المدنية.
  - رخص القيادة ورخص سير العربات.
  - السجلات الطبية.
  - الجامعات وسجلات الطلاب.

- سجلات الموظفين.
- جوازات السفر.

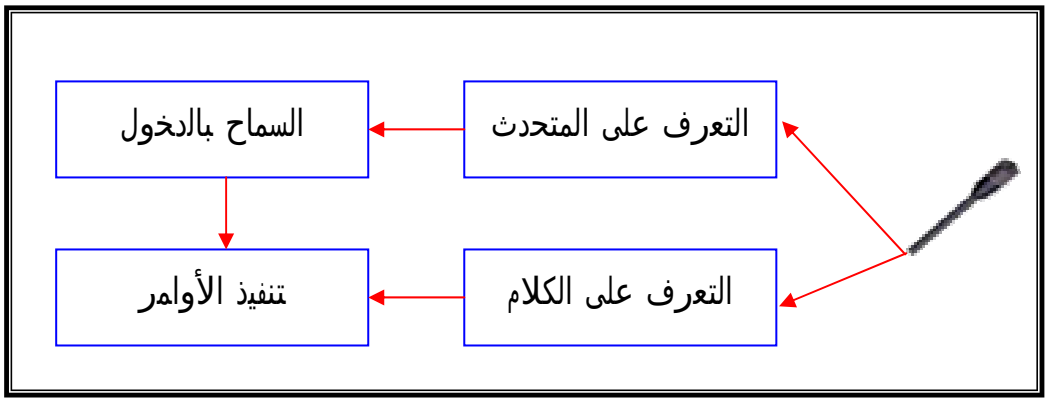
- الدخول على مراكز العمليات التجارية:
  - البنوك والمصارف.
  - الأسواق التجارية.
  - مكاتب الطيران والسفر والسياحة.
- الدخول الجسدي أو العبور:
  - مراكز الحدود بين الدول.
  - المنازل.
  - المكاتب.
  - المباني.
  - السيارات والمركبات.
- استخدام الأجهزة والحاسبات:
  - الحاسب الشخصي.
  - الآلات بمختلف أنواعها بما فيها آلات التصوير والصناعية والمنزلية.

ولقد أصبح التحقق verification الآلي من المتحدث حقيقة قائمة بتكلفة معقولة وسرعة عالية، ومن الشركات التي تؤمن أجهزة التعرف على المتحدث Nuance Communications, التي مقرها كاليفورنيا. ويقوم المستخدم في البداية بقراءة نص قصير على النظام الحاسوبي أو تكرار عدة أرقام، بعدها يكون النظام قد كون خصائص أكوستية لذلك المتحدث، وكل مرة يرغب المتحدث في الدخول إلى النظام يقوم النظام بمقارنة الخصائص الصوتية لصوته بالخصائص الصوتية المخزنة عنه سلفا.

ولتفادي تزوير الصوت فيما لو قام منتحل للهوية بتسجيل المتحدث الأصلي وهو ينطق الأرقام، فإن النظام يطلب من المستخدم ترديد مجموعة أرقام أو كلمات كأسماء المدن أثناء الدخول على النظام، وبهذا لا يكون للمستخدم علم بالكلمات المطلوب نطقها قبل الدخول على النظام.

ويتميز هذا النظام بتحديثه لبيانات الشخص الحيوية كل مرة يتصل أو يدخل على بالنظام، فيحافظ على بصمته الصوتية مع تقدم العمر واختلاف نظم الاتصالات.

ومما يميز استخدام البصمة الصوتية في الدخول على الأنظمة الحاسوبية بمختلف أشكالها أنه يمكن للنظام أن يقوم بعمليتين في الوقت ذاته (الشكل: ٢٨.): الأولى، التعرف على المتحدث. والثانية، التعرف على الأوامر وتنفيذها. فعلى سبيل المثال، عند الدخول على حساب مصرفي، فأن النظام يطلب من المستخدم ترديد مجموعة كلمات لتأكيد هويته وبعد التعرف عليه والسماح له بالدخول إلى النظام فإن متابعة التحقق من هويته لا تنتهي كما هو قائم الآن باستخدام الأرقام السرية التي ما أن يدخل المستخدم إلى النظام إلا ويصبح قادرا على التصرف في كل شيء بما في ذلك تغيير الكلمة السرية. أما باستخدام البصمة الصوتية فإنه كلما أعطى المتحدث أمرا صوتيا – بالطبع – فإن النظام يتأكد من هويته قبل تنفيذ الأمر كما هو موضح في الشكل: ٢٨.



الشكل: ٢٨. تخطيط نظام للتعرف على الكلام والتعرف على المتحدث في الوقت ذاته.

ومما يميز البصمة الصوتية عند استخدامها في نظم التحقق من هوية الشخص التالي:

- عدم الحاجة لتركيب أجهزة مثل جهاز بصمة الإصبع للتعرف على الشخص بل الهاتف العادي أو لاقط الصوت المتوفر مع أجهزة الحاسب الآلي microphone يفي بالمهمة.
- عدم إمكانية التزوير أو السرقة، هذا بعكس الأرقام السرية أو البطاقات.
- لا تستغرق وقتا طويلا للتعرف على الشخص.
- الطرق الأخرى لا يتابع النظام المستخدم بعد الدخول.
- بديل للمعاقين حركيا واللذين هم عرضة للسرقة والخطر.

- إمكانية التعرف على الحالة النفسية للشخص.
- إمكانة استخدامها عن بعد.
- قبول المستخدم العادي لهذا النوع من البصمات أكثر من الأنواع الأخرى كآلات التصوير الحراري. إذ وجد أن الكلام هو ثالث طريقة مقبولة عند الناس بعد صورة الوجه وبصمة الإصبع [١٧].
- عدم ضرورة حفظ أرقام سرية أو أرقام دخول.
- حصر الاستخدام على الأحياء فقط.
- عدم القدرة على تقليد الصوت. فالصوت المقلد يشابه الصوت الأصلي عند سماعه من قبل الإنسان ولكن الأنظمة الحاسوبية تستخدم طرقا مختلفة تماما مما يجعلها قادرة على التمييز بين الصوت الأصلي والمقلد.

وكبقية البيانات الحيوية فإن للبصمة الصوتية سلبياتها ومنها:

- الضوضاء، إذ أن الضوضاء تتسبب في حجب أو التأثير على موجات الكلام.
- الحالة النفسية للمتحدث التي قد تؤثر على البصمة الصوتية.
- شيوع استخدام التقنيات المعاصرة بما فيها التسجيلات الرقمية والبرمجيات التي تمكن المستخدم من التغيير في الخصائص الأكوستية للصوت.

إلا أن هذه السلبيات كما سبقت الإشارة إليها من جهة يمكن أن تخدم البصمة الصوتية ومن جهة أخرى فإن التقنيات المعاصرة والتطور العلمي يعملان على تفادي كل منها بما يبذله العلماء والباحثون من جهود حثيثة.

٤. الخاتمة:

عرضنا في هذه الورقة نبذة مختصرة عن التطورات التقنية المختلفة في التعرف على الشخص باستخدام البيانات الحيوية. وتم التفصيل أكثر عن البيانات الصوتية أو ما يعرف بالبصمة الصوتية. وتعد البصمة الصوتية من أكثر البيانات الحيوية أهمية لعدة أسباب منها أنها مقبولة للشخص في استخدامها في التحكم في الأنظمة الحاسوبية المختلفة. كما أنها غير مكلفة إذا ما قورنت بالبيانات الحيوية الأخرى.

وللبصمة الصوتية تطبيقات تهم المختصين في علم الجريمة والأدلة الجنائية. فيمكن باستخدامها التعرف على المتهم أو نفي التهمة عنه.

وللبصمة الصوتية تطبيقات متعددة لارتباط الصوت بالحالة النفسية للمتحدث مما يعد بمزيد من التطبيقات يمكن أن تقدمها البحوث القادمة لخدمة الإنسانية وللحد من التعدي على الآخرين وانتحال هوياتهم.

٣. كلمة شكر:

يود كاتب هذه الورقة أن يتقدم بالشكر والعرفان لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية على ما تقدمه من عون ودعم للأبحاث المتعلقة بالصوتيات العربية.

كما يتقدم الباحث بالشكر لسعادة رئيس جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية لدعوته للباحث لتقديم هذه الورقة ولما تقوم به الجامعة من جهد حثيث في تدريب المختصين على أحدث التقنيات للحد من الجريمة.

المراجع:

[١] http://www.automa.com.au/biometrics.asp

[٢] http://blogger.iftf.org/Future/cat_retail_technology.html

[٣] http://www.isis.ecs.soton.ac.uk/areas/?view=imageprocessing&topic=biometrics

[٤] http://www.wwf.be/eco-footprint/nl/ecological-footprint/

[٥] http://www.htgadvancesystems.com/Advance/biometrics/keyboard/

[٦] Zdenˇek ˇ Ríha, Václav Matyáš. Biometric Authentication Systems. Faculty of Informatics, Masaryk University. 2000.

[٧] Lawson, William J. Enhancing assistive technologies: Through the theoretical adaptation of biometric technologies to people of variable abilities. Unpublished Ph. D. thesis. Tampa, Florida. 2003.

[٨] http://www.oreilly.com/catalog/dbnationtp/chapter/ch03.html

[٩] http://www.galwayeducationcentre.ie/athenry/a_brief_history_of_biometrics.htm

[١٠] الغامدي، منصور. التعرف على المتحدث من خلال صوته "البصمة الصوتية"، مجلة كلية الملك خالد العسكرية. ١٤، ٥٤. ٢٤ – ٢٨. ١٤١٨ هـ.

[١١] http://bioenabletech.com/biometrics/voicerecognition.htm

[١٢] http://www.biometricgroup.com

[١٣] بركو، عبدالله محمد. قص الأثر مهارة شعبية قديمة. المجلة العربية. ٣٠٤. ١٤٢٣هـ.

[١٤] http://radio.weblogs.com/0105910/2003/05/31.html

[١٥] قاعدة بيانات الصوتيات العربية. مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. ٢٠٠٠م.

[١٦] http://www.jaypeetex.com/products/Biometrics/HandGeometry/ScanHandPunch4000.htm

[١٧] Kinnunen, Tomi. Spectral Features for Automatic Text-Independent Speaker Recognition. Licentiate's Thesis. University of Joensuu, Finland. 2003.

[١٨] The Use of Technology to Combat Identity Theft, Report on the Study Conducted Pursuant to Section 157 of the Fair and Accurate Credit Transactions Act of 2003. The Department of the Treasury, USA. February 2005.

[١٩] Lindh, Jonas. Handling the "Voiceprint" Issue. FONETIK. 2004.

[٢٠] http://perso.wanadoo.fr/fingerchip/biometrics/types/fingerprint.htm