

الدراسة الصوتية الأكوستيكية واكتشاف هوية المتهم

د. سلمان حسن العاني

إن طبيعة وماهية التشكيل النطقي لصوت الانسان تتميز من شخص إلى آخر ومن جنس إلى آخر. حيث إن حجم الحنجرة وبصورة خاصة الأوتار الصوتية وشكل الفم لها دور مهم جداً في الصبغة النوعية للصوت. لقد اثبتت الدراسات الصوتية الأكوستيكية أن عدد الذبذبات للأوتار الصوتية وأعضاء النطق المختلفة في الفم وحتى المجرى الأنفي كلها مجتمعة لها علاقة مباشرة في تحديد الجنس والعمر وهوية المتكلم. وأن الخصائص الصوتية الأكوستيكية للكلام التي يمكن رؤيتها على هيئة صور طيفية تبين تفاصيل واضحة عما يحصل لكل صوت من بداية تكوينه بواسطة الأوتار الصوتية وحتى خروجه من الفم ١.

وتعتبر عملية تحديد هوية المتحدث أو المتهم والتحقيق فيها معقدة جداً وتحتاج إلى خبرة عالية ومتقدمة في مجال علم الأصوات الأكوستيكي. هذه الخبرة تشمل جميع الأطراف التي لها صلة بالقضية التي تحت التحقيق. وتتطلب خبرة وتقنية عالية في حقل علم الأصوات الأكوستيكي لغرض تحليل عناصر الأطياف الصوتية بدقة ورصد نتائج هذه الخبرة التي تشمل جميع الأطراف المتعلقة في مجال قضية معينة ٢.

إن الجهاز الصوتي لكل إنسان يعتبر فريداً ولا يمكن أن يشاركه فيه أي شخص آخر وخاصة في تركيبته التفصيلية. والجهاز الصوتي هنا يقصد به جميع الأعضاء التي لها علاقة بمراحل إخراج الأصوات ابتداء من الأوتار الصوتية حتى الشفتين. والأمر الثاني هو أن الجهاز العصبي يتحكم في الجهاز الصوتي ويعتبر فريداً أيضاً ولا يمكن أن يشاركه فيه أي شخص آخر. حيث إن عملية اكتساب اللغة والكلام عمليتان في غاية الدقة وعليه من الصعب تقليد الصوت. وهذا قد أثبتته التجارب العملية لتحليل الأصوات الأكوستيكي ٣.

وتختلف النظريات في التعرف على هوية المتحدث من جوانب متعددة؛ من حيث العلامات الصوتية المميزة للأشخاص، والقضية الجدلية هنا تتمثل في الصفات الصوتية للكلام بما فيها من الذبذبات الصوتية والحركة الديناميكية للأصوات الناتجة عن تفاعل الصفات الفردية لشخص ما في جهازه النطقي مع الحركات الخاصة به في نطقه لصوت ما؛ مما يحتم أن يكون هدفاً منشوداً للغويين وهل هذه الصفات الصوتية للكلام أساسية لتحديد هوية المتحدث بشكل دقيق وتمييز هويته عن غيره بشكل تام.

من هنا بدأت المناقشات العلمية تتوالى حول المحددات الدقيقة والمميزة للأصوات من خلال تحليل الصفات الصوتية للكلام، وبالنظر لتاريخ التعرف على هوية المتحدث في الطب الجنائي نجد انه أَسْمَ بخصائص متعددة منها على سبيل المثال إمكانية مقابلة الأصوات ومقارنتها، ومما تمت مناقشته والاستفاضة فيه في هذا القسم الهام من العلم فعالية التحليل الصوتي المسموع أم الطبيعي وأيهما الأجدع في الكشف عن هوية المتحدث وهل التحليل الصوتي اليدوي أو الآلي يعتبر موثوقاً به ومدى فعالية الصفات الصوتية للكلام (ما يعرف بالمعالم) أو غيرها من الخصائص الصوتية الأخرى، وكيف نستطيع أن نصل إلى أدق النتائج باستخدام أي من هذه الخصائص.

أمد بداية التصويت والفروق الفردية بين المتكلمين:

يشتمل الأداء الصوتي على المعرفة الشخصية التي هي متأصلة في تجربة الفرد للغة ولا تظهر عادة إلا في الدراسات العملية. فالمتكلمون المختلفون للغة الواحدة لديهم إنتاج صوتي مختلف اعتماداً على التركيب العضوي لجهاز النطق وعلى عاداتهم الخاصة في التنسيق الحركي للكلام.

إن دراسة الفروق الفردية موضوع مهم لعدة أسباب. أولاً، إننا في الغالب نود معرفة ما إذا كان نمط كلامي معين هو أنموذج لمجتمع كلامي أو ما إذا كان المتكلم قد يكون عنده نوع ما من الخصوصية الفردية. ثانياً، عند محاولة قياس الملامح الصوتية التي تكون جوهرية

لغويا، لا بد للفرد أن يعرف كيفية طرح الملامح الفردية من الملامح المشتركة طرحا صافيا. ثالثا، في زماننا هذا وقد صارت التحليلات الأكوستية تستخدم في الحالات الضائقة، فلا بد من مناقشة صلاحية هوية المتكلم.

إن أمد بداية التصويت هو أحد الفروق الصوتية بين المتحدثين لأنه لا يمكن للإنسان أن يتحكم إراديا في إطالة أو تقصير أمد بداية التصويت، ولذلك يعتمد عليه في التعرف على المتحدث من خلال صوته. فرغم أن المتحدث يمكنه التحكم في بعض حركات أعضاء النطق كحركة الأوتار الصوتية بحيث يرفع درجة التردد أو يخفضها، إلا أنه لا يمكنه التحكم الإرادي في عملية أمد بداية التصويت لأنها عملية معقدة وسريعة جدا والعضلات التي تقوم بها هي من العضلات اللاإرادية.

فقد كشفت دراسات أجريت على متعلمي الإنجليزية لغاتهم الأصلية الإسبانية والهولندية أن تعلم اللغة الأجنبية يؤثر تأثيرا عكسيا على أمد بداية التصويت في اللغة الأم (منصور الغامدي). فقد ثبت أنه في صوتي الكاف والتاء يكون أمد بداية التصويت عند الناطقين بالعربية كلفة أم مع إجادتهم للغة الإنجليزية أقصر من أمد نظرائهم الذين لا يجيدون التحدث باللغة الإنجليزية. وهذا ينطبق أيضا على أمد الفلق وأمد فتح المزمار. إذن فإن التحدث بلغة أجنبية يؤثر على أمد بداية التصويت عند المتكلم دون أن يشعر بهذا التأثير. وذلك يعني أنه يمكن استخدام أمد بداية التصويت وأمد الفلق وأمد فتح المزمار في التحقق من هوية المتحدث والاستدلال على مدى معرفته باللغة الأجنبية. كما أن التلعثم أثناء الكلام يجعل أمد بداية التصويت أطول من أمد أولئك الذين ليس لديهم تلعثم كلامي. كذلك هناك علاقة بين وجود كمية هواء كبيرة وطول الأمد ووجود كمية صغيرة وقصر الأمد.

التحليل الأكوستيكي للأصوات:

تتكون الأصوات من تنوعات صغيرة في ضغط الهواء تحدث بسرعة كبيرة واحدة بعد الأخرى. وهذه التنوعات تسببها حركات أعضاء النطق للمتكلم التي هي (في أكثر الأحيان) تعتمد على التيار الخارج من الهواء الرئوي. فيقطع التموج تيار الهواء الرئوي قطعاً قطعاً، بحيث تتبادل الحدوث موجات نابضة ذات ضغط مرتفع نسبياً مع لحظات ذات ضغط منخفض. وتتحرك التنوعات في ضغط الهواء في شكل موجات صوتية خلال الهواء بما يشبه إلى حد ما التمجوجات على سطح بركة. وعندما تصل إلى أذن السامع تجعل طبلة الأذن تتذبذب. ولذلك فإن الرسم البياني للموجة الصوتية يشبه إلى حد كبير الرسم التوضيحي لحركات طبلة الأذن.

وإنها لحقيقة فيزيائية أن المرء يمكنه معرفة متى يحدث الصوت وما هو تردده. وهذا واضح بدهاءة عندما نتذكر أن معرفة تردد صوت ما تشتمل على ملاحظة التنوعات التي في ضغط الهواء على مدى فترة من الوقت. وهذه الفترة من الوقت يجب أن تكون طويلة بما يكفي للتأكد من ملاحظات عدد من تكرارات التنوعات في ضغط الهواء.

وأصوات اللغة مثلها مثل الأصوات الأخرى تختلف فيما بينها في ثلاثة أوجه. فقد تكون الأصوات متماثلة أو مختلفة في (١) درجة النغم، وفي (٢) ارتفاع الصوت، وفي (٣) نوعية الصوت. ولذلك فقد نجد صوتين لهما درجة النغم نفسها بالضبط، بمعنى أنهما تُلفظ بهما على مستوى النغمة نفسها في السلم الموسيقي، وقد يكون لهما علو الصوت نفسه، ومع ذلك فإنهما قد يختلفان في النوعية، أي أن واحدا منهما أمامي والآخر خلفي، مثلا. ومن ناحية ثانية قد تكون لهما نوعية الصوت نفسها، لكنهما يختلفان في أن أحدهما قد قيل على درجة نغم أرفع من الآخر، أو أن أحدهما تلفظ به بارتفاع في الصوت أكثر من الآخر.

النغمات التوافقية المميزة - المعالم:

والنغمات التوافقية المميزة تسمى بالمعالم بفتح الميم. ويسمى المعلم ذو درجة النغم الأكثر انخفاضا (الواضح في الصوت الصريري) بـ المعلم الأول، ويسمى ذو درجة النغم الأكثر ارتفاعا (الذي يسمع عند الهمس) بـ المعلم الثاني. والموضع الدقيق للمعالم الأعلى من غيرها يتنوع بقدر كبير من متكلم إلى متكلم آخر. فهي ليست محددة تحديدا فريدا لكل متكلم، ولكنها بلا شك دالة على الخاصية الصوتية للفرد. إن مخارج النطق ليست واضحة في أي شكل من الأشكال الموجية، غير أن الفروق في بعض طرق النطق الأساسية - الشديدة والأنفية والرخوة والتقاربية - تكون ظاهرة عادة. وعلاوة على ذلك، يمكننا كذلك أن نرى الفروق بين الأصوات المجهورة والمهموسة.

توقيت بداية الجهر:

تختلف الأصوات بتوقيات بداية جهر فقد تكون سواكن مجهورة جهرا تاما مثل الباء والداد والكاف (ب.د.ك) وانظر كم من الوقت تستطيع جعل الجهر يستمر أثناء كل واحد من هذه الأصوات وسوف نكتشف أنه يمكنك جعله مستمرا أطول أثناء الباء [ب] منه أثناء الدال والكاف [دك] لأنه توجد في الباء مساحة واسعة نسبيا فوق المزمار. والهواء الآتي من الرتئين يمكن أن يتدفق خلال المزمار لمدة أطول من الوقت قبل أن يبدأ ضغط الهواء الذي فوق المزمار في الاقتراب من ضغط الهواء الذي في الرتئين، ويمكن أن تستمر الوتران الصوتيان في التذبذب طوال هذه المدة. ولكن في صوت الكاف [ك] لا توجد إلا مساحة صغيرة فوق المزمار يمكن أن يتدفق فيها الهواء، بحيث لا يمكن أن يبقى التذبذب إلا قليلا.

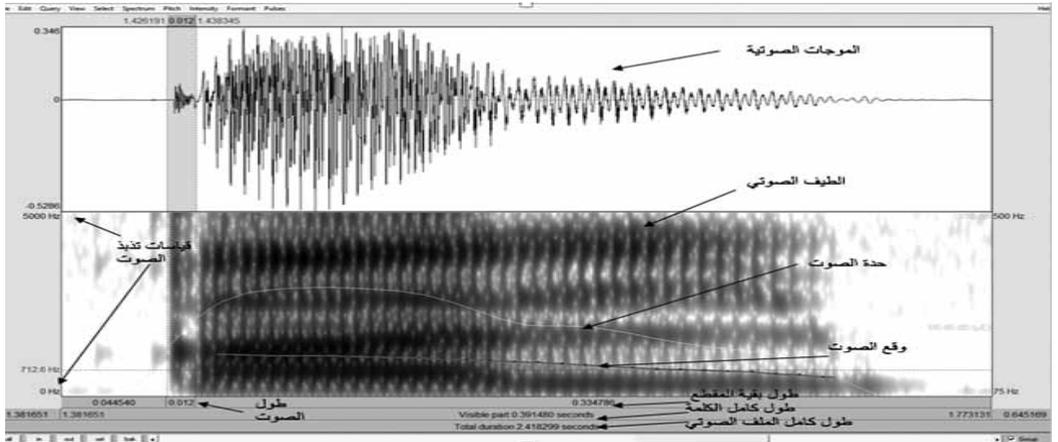
وتسمى الفترة الفاصلة بين تسريح القفل وبداية الجهر توقيت بداية الجهر (تختصر عادة إلى ت ج). ويُقاس توقيت بداية الجهر بالمليثانية (م ث) من الشكل السنبلي، الذي يشير إلى تسريح الغلق الوقفي، إلى بداية النمط الترددي الذي يشير إلى ذبذبة الوترين الصوتيتين في الصائت. وإذا ابتدأ الجهر أثناء الغلق الوقفي (أي قبل التسريح) فإن ال (ب ت ك) يكون له قيمة سالبة.

وتوجد سلسلة متصلة من توقيات بداية جهر ممكنة، فبعض اللغات، مثل لغة السند، لديها سواكن شديدة مجهورة جهرا كاملا تماما مع توقيت بداية جهر سالب واسع. وبعض اللغات، مثل الإنكليزية، لديها جهر قليل أو انعدام الجهر أثناء الغلق، ما لم يكن الساكن الشديد مسبوفا بصوت يكون فيه الوتران الصوتيان قد بدأ في التذبذب سلفا، وهي الحالة التي يستمر فيها التذبذب خلال الغلق. وعلى نحو ذلك، تتنوع اللغات توقيت بداية الجهر الذي تستخدمه من أجل السواكن الشديدة. يكون للسواكن الشديدة توقيت بداية جهر ذو

إن مخارج النطق ليست واضحة في أي شكل من الأشكال الموجية، غير أن الفروق في بعض طرق النطق الأساسية - الشديدة والأنفية والرخوة والتقاربية - تكون ظاهرة عادة. وعلاوة على ذلك، يمكننا كذلك أن نرى الفروق بين الأصوات المجهورة والمهموسة.

إن أصوات اللغة تتميز في ما بينها إلى حد كبير من خلال التكوين المفضل للطاقة الذي في البعد العمودي من صورة الطيف (لطيف التردد). والصور الطيفية التي تستخدم في التحليل الأكوستيكي عادة تسمى صور الأطياف ذات الحزم الواسعة، وهي دقيقة جدا في البعد الزمني. فهي تُري كل ذبذبة من ذبذبات الوترين الصوتيين على هيئة خط عمودي منفصل وتشير إلى اللحظة الدقيقة لفرقة طيف ذات الحزمة الضيقة. ولكن الترددات التي تؤلف كل معلّم تكون واضحة. وفي أصوات النساء، التي عادة ما تكون ذات درجة نغم أعلى، فإن تحديد مواقع المعالم بدقة يكون أحيانا أكثر صعوبة. والأصعب من ذلك تحديد مواقع مراكز المعالم في صورة الطيف ذات الحزمة الضيقة عندما يكون التردد الأساسي عاليا.

صور الأطياف الصوتية:



صور الأظياف التي هي أكثر دقة في البعد الترددي (على حساب الدقة في البعد الزمني) تسمى صور الأظياف ذات الحزم الضيقة. وتُقاس الأشكال السنبلية في البعد الزمني في صورة الطيف.

إن أكثر القياسات توثيقاً هي قياسات طول العناصر الصوتية، الفرض الذي من أجله تكون صور الأظياف الصوتية غالباً أفضل حتى من الأشكال الموجية. والفروق التي بين الصوائت والسواكن الأنفية والجانبية يمكن رؤيتها في الصور الطيفية الصوتية، في حين أنه من غير الممكن رؤية هذه الفروق في الأشكال الموجية.

وصور الأظياف الصوتية دأبها أن تكون مؤشرات موثوقة نسبياً للخاصية النسبية للصوت. فتردد المَعْلَم الأول يظهر بالتأكيد ارتفاع الصوت النسبي بدقة عامة. والمَعْلَم الثاني يعكس درجة خلفية الصوت بصورة جيدة، ولكن قد يكون هناك ارتباك بسبب التنوعات في درجة استدارة الشفتين.

ويمكن تلخيص أنواع المعلومات التي يمكن الحصول عليها والتي لا يمكن الحصول عليها من صور الأظياف الصوتية في ما يأتي: يمكن من خلال صور الأظياف الصوتية، الإخبار عن أشياء كثيرة عن كيفية النطق. فعلى سبيل المثال، عادة ما يستطيع الفرد رؤية ما إذا تم إضعاف ساكن شديد فصار ساكناً رخواً أو حتى ساكناً تقاربياً، فتركيب الساكن الشديد يمكن رؤيته في معظم الحالات، والأصوات المجهورة يمكن فصلها عن الأصوات المهموسة. ويستطيع الفرد كذلك ملاحظة المعدلات النسبية لتحرك أعضاء النطق المختلفة. وصور الأظياف الصوتية لا يمكن استخدامها لقياس درجة الغنة، وهي لا تساعد كثيراً في التفريق بين مخارج النطق المتجاورة. وقد تكون هناك تقنيات أخرى لدراسة هذه المظاهر من الكلام أكثر إفادة.

إن التنوع الفردي واضح بسهولة عند دراسة صور الأظياف الصوتية لأنه يظهر الفروق في اللهجة وفروق فردية أخرى مثل حجم رأس المتكلم نسبة لمنكلم آخر، حيث تظهر معالم أظياف صاحب الرأس الأكبر أخفض من صاحب الرأس الأصغر. وتستخدم صور الأظياف الصوتية في إظهار الإشارات الأكوستيكية في ثلاثة أبعاد مرئية: بعد يظهر درجة تردد الصوت، وبعد يظهر كثافة الصوت، وبعد يظهر الأمد. ودرجات هذه الأبعاد قد تتأثر بالفعل الإرادي للمتكلم، لكن هناك مظاهر أكوستيكية أخرى لا يستطيع المتكلم التحكم فيها إرادياً لأن العضلات الداخلة في حركتها هي عضلات لا إرادية.

ولتحديد ذلك بشكل عملي تم تحليل الصفات الصوتية للكلام لمتصّلين مجهولي الهوية عبر الهاتف ووجود مشتبه فيه في هذه القضية تقول المرأة الضحية التي تلقت هذه الاتصالات وأنها تعرفت على صاحب الصوت حينما كانت تراجع البنك وهذا المتهم يعمل في بنك في لندن، ورغم أن التحليلات الأولية للخبراء أكدت أن هذا الصوت فعلاً يطابق أحد الأصوات الواردة في التسجيل لكن بعد التحليل الدقيق تم التوصل لنتيجة مفادها أن المدعى عليه بريء من هذه الاتهامات.

وملخص القصة التي حصلت في صيف ٢٠٠٢م، أنه تكررت الاتصالات التهديدية على سيدة انكليزية من مجهولي الهوية، وصادف ذات يوم أن تكون في بنك في لندن لإنجاز بعض المعاملات المصرفية وحين مقابلتها لأحد الموظفين اشتبهت في صوته وما لبثت أن تقدمت بشكوى ضده متهمه إياه بأن صوته مطابق أحد الأصوات التي تلقتها، وبالمناسبة تم تسجيل المحادثات عبر الهاتف في شرطة كاسيت، ولما علم البنك بالقضية قام على الفور بمساعدة خبراء التحقيق بإعطائهم تسجيل صوتي لموظف البنك مع صديقه في وقت سابق.

أُرسلت التسجيلات جميعها (تسجيل المشتبه فيه بالإضافة إلى التسجيلات الثلاثة الأخرى التي تلقتها السيدة) إلى معمل التشريح الصوتي الجنائي للكشف عن المطابقة الصوتية بين هذه التسجيلات، ولأول وهلة توصل الخبراء إلى نتائج هامة وتم إعداد تقرير بذلك مفاده أن هناك تشابه كبير بين صوت موظف البنك المتهم وبين أحد هذه الأصوات الثلاثة الواردة في سجل التحقيق، وقد كان التشابه بحسب الخبراء من حيث النبرة اللهجية، وتغيم الكلام، والترنيم الصوتي، لم يكن هذا الأمر مستنداً إلى نتائج التحليل الأكوستيكي للأصوات؛ مما جعل المحققين يحيلونه إلى المعمل الصوتي للتأكد من النتائج الأولية بتحليل الأصوات أكوستيكيًا.

كانت التسجيلات الصوتية على شرطة كاسيت وكانت التسجيلات تعمل بنظام رقمي يصل إلى ١٦ كيلوهارترز، وبنظام محطة التشغيل السيليكون الصوتي ذو الصبغة الزرقاء بسرعة الموجات الصوتية، الأمر الذي يجعله في ظروف ملائمة جداً لتحليل الأصوات أكوستيكيًا. ظهر في التحليل الأكوستيكي أن أحد الأصوات يحمل اللهجة النيوزيلندية، والآخر يحمل اللهجة الأسترالية وبما أن اللهجتين لا يمكن

التفريق بينهما بشكل واضح، اضطر الخبراء إلى تحليل أحد الحروف الصائتة الأمامية (الكسرة الطويلة) التي به يفرق بين اللهجتين ، ففي اللهجة الأسترالية ينطق من مقدمة الفم بشكل قصير، أما في اللهجة النيوزيلندية فإنه ينطق من وسط الفم وبشفتين مدورتين حالة النطق، بعد هذا التفريق اتضح جلياً أنهما لهجتان مختلفتان.

ولقد تم كذلك في التحليل الصوتي الأكوستيكي تحليل عدد من حروف العلة المنبورة بما فيها حروف العلة المدغمة (الديفثونق) وتحليلهما أيضا انتهى بهم المطاف إلى التأكيد على أنهما صوتان لشخصين مختلفين بالنظر إلى طبيعة التردد الصوتي والزمن المستغرق لإنتاج الصوائت.

وتجدر الإشارة هنا إلى نوعية الكلمات المنتقاة في التسجيلات وتم تطبيق التحليل الصوتي لها، فكانت ثلاث كلمات تحتوي على صوت الكاف وتحليل الأصوات الصائتة المدغمة في مثل :

"Know" "swallow" "window"

وُجد بأن الأصوات الصائتة مختلفة بين الشخصين مما يؤكد أيضا على أنهما مختلفان. وفي النهاية تم التحقق من خلال التحليل الأكوستيكي بأن موظف البنك المتهم برئ مما نُسب إليه وأنه بالرغم من وجود تشابه إلى حد كبير إلا أن التحليل الأكوستيكي الصوتي الدقيق كشف الحقيقة بجلاء ووضوح وأن الفرق بين الصوتين حتى وإن كان خفياً فهو موجود.

المراجع:

- ١ - Rose. Philip (٢٠٠٢). Forensic Speaker Identification. Tylor&Francis. NY. USA.
- ٢ - Hollien. Harry (٢٠٠٢) ، Forensic Voice Identification. Academic Press Lndon. UK.
- ٣ - Committee on Evaluation of Sound Spectrograms/ Assembly of Behavioral and Social Sciences/ National Research Council. (١٩٧٩). Washington. D C. USA.
- ٤ -Ladefoged. Peter. (٢٠١١) ، A Course in Phonetics. Sixth Edition. Wadsworth. Cengage. Learning. Canada.
- ٥ -Zsiga. Elizabeth C. (٢٠١٢) ، The Sounds of Language. Wiley Blackwell.

الهوامش

- ١ للزيادة ينظر " التشكيل الصوتي في اللغة العربية فونولوجيا العربية: ترجمة الدكتور ياسر الملاح ومراجعة الدكتور محمد محمود غالي من منشورات النادي الادبي جدة المملكة العربية السعودية عام ١٩٨٢
٢. ويطلب ان اتقدم بالشكر لعبد الحميد الهادي قدوع و حامد العوفي وياسر عسيري لمساعدتهم بقرأة هذا البحث وتقديم النصيحة
- ٣ للاستزادة: ينظر في دراسة الاستاذ الدكتور منصور بن محمد الغامدي: البصمة الصوتية: أمد بداية التصويت أنموذجا. يعتبر هذا البحث من أفضل ما كتب في العربية عن الموضوع على الرغم من وفرة الابحاث في اللغات الاجنبية.