"البصمة الصوتية": أمد بداية التصويت أنموذجا

د. منصور بن محمد الغامدي*

الملخص

تحمل الإشارة الصوتية للمتحدثين تفاصيلا مختلفة ومتعددة يستخدمها خبراء الأصوات لأهداف مختلفة، ومن هذه التفاصيل ما يعرف بأمد بداية التصويت. ولقد وجد أن لهذا الأمد أهمية في تحليل الإشارة الصوتية نظرا لأنه ينتج عن عملية معقدة وتوقيت دقيق بين أعضاء النطق في الجهاز الصوتي يصعب التحكم فيها إراديا. وتقدم هذه الورقة تحليلا لنتائج قياسات أخذت لأمد بداية التصويت وأمد الغلق من "قاعدة بيانات الصوتيات العربية" التي أنتجتها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية إضافة إلى عينة من عشرة متحدثين آخرين. وتبين النتائج أنه يمكن الرجوع إلى أمد بداية التصويت للتعرف على المتحدث ولمعرفة مدى تأثره باللغات الأجنبية. فالأمد يختلف من متحدث إلى آخر، وهو كذلك أقصر في معدله عند المتحدثين السعوديين الذين يجيدون اللغة الإنجليزية منه عند الذين هم أقل إجادة لها أثناء تحدثهم باللغة العربية.

١. التقديم:

يزخر التراث العربي بالكثير من القصص والروايات التي تتسم بالخيال العلمي الواسع. فرغم أن معظمه كُتب في القرن الثاني الهجري أي قبل أكثر من اثني عشر قرنا، إلا أن هذا الخيال أصبح كثير منه حقائقاً قائمة، ومن ذلك قصة علاء الدين والمغارة التي كان بابها يستجيب للصوت فينفتح عند سماعه لكلمة "افتح ياسمسم" التي ترجمت إلى الإنجليزية open sesame ، وقد استخدمت بعض الشركات هذا الاسم كعلامة تجارية للتعرف على المتحدثين ومن أمثلة ذلك "أوبن سيسيمي" Opensesame Web الكورية[1] التي توفر أنظمة لاستخدام البيانات الصوتية في التعرف على المتحدث للدخول على الحاسبات الشخصية والمؤسسات المصرفية عبر الهاتف وفتح أقفال الأبواب والدخول على المواقع عبر الشبكة العالمية.

إن التقدم التقني الذي ظهر في النصف الأول من القرن العشرين الميلادي فيما يتعلق بالإشارة الصوتية وتحليلها ومعالجتها acoustic signal processing وما تبع ذلك من تطور في الإلكترونيات والبرمجيات قد أزاح الستار عن الكثير من أسرار الإشارات الصوتية

* أستاذ بحث مشارك بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، الرياض mghamdi@kacst.edu.sa.

[1] http://www.koreapowervoice.com/

وخاصة فيما يتعلق بتلك الصادرة عن الجهاز الصوتي عند الإنسان وهو ما أصبح جزءاً مما يعرف بالبيانات الحيوية[1] biometrics. وتبع هذه الاكتشافات تطبيقات عديدة سواء في مجال الاتصالات والشبكات أو معرفة المتحدث.

ففي مجال معرفة المتحدث، شاع استخدام البيانات الصوتية في أمرين[2]: الأمر الأول، تحديد هوية المتحدث speaker identification، وغالبا ما يستخدم في حالات الجرائم إذ يقارن صوت مسبق التسجيل مع صوت المتهم للتحقق مما إذا كان الصوت المسجل صادرا عن الشخص نفسه. الأمر الثاني، التحقق من هوية المتحدث speaker verification، وتستخدم هذه التقنية لمطابقة هوية الشخص مع صوته، ومن تطبيقاته الدخول على الحسابات المصرفية وفتح الأبواب والحساب الآلي لساعات عمل الموظفين.

ورغم أن تقنية تطبيقات استخدام البيانات الصوتية لم تشكل إلا ٦% من البيانات الحيوية الأخرى المستخدمة عالميا في عام ٢٠٠٤م إلا أنها أعلى من نسبتها في العام السابق الذي بلغت فيه ٤%، وهذا يبين مدى النمو في استخدام البيانات الصوتية[3]. كما بلغت العائدات المالية للنظم الحاسوبية المستخدمة عالميا في التعرف على المتحدث في عام ٢٠٠٢م، ١٢,٢ مليون دولار، ويتوقع لها أن تصل إلى ١٤٢,١ مليون دولار عام ٢٠٠٧م، أي بزيادة أكثر من أحد عشر ضعفا خلال خمس سنوات[4]. وما ذلك إلى لقبول الناس لهذا النوع من التقنية في الاستخدامات اليومية وكذلك لتسارع ارتفاع دقة التعرف على المتحدث الناتجة عن التقدم في البحث والتطوير في فروع المعرفة ذات العلاقة.

وتعتمد تطبيقات البيانات الصوتية في عملها على مبدأين مهمين:

المبدأ الأول: أن لكل إنسان جهازا صوتيا فريدا لا يشابهه فيه أحد (الشكل رقم: ١)؛ ويقصد بالجهاز الصوتي هنا جميع الأعضاء ذات العلاقة بإخراج الأصوات عند الإنسان كالقفص الصدري والحنجرة واللسان والأنف والشفتين والأسنان من حيث شكل وحجم الأعضاء وارتباطها ببعضها البعض.

المبدأ الثاني: أن لكل إنسان نظاما عصبيا فريدا يتحكم في الجهاز الصوتي؛ والنظام العصبي هنا يختص بمكونات الجهاز العصبي التي تتعلق بالتحكم في عضلات أعضاء الجهاز الصوتي. والسبب في ذلك أن لكل إنسان نشأة خاصة به ينفرد بها عن الآخرين في اكتساب اللغة وتشكيل شخصيته مما يكون له طريقته الفريدة في الكلام.

---

[1] البيانات الحيوية هي المعطيات الخاص بجسم الكائن الحي كبصمة الإصبع والقزحية والبايولوجية وكذالك الصوتية.

[2] Crystal, D. A dictionary of Linguistics and Phonetics. 5th Edition. Blackwell Publishing. USA. 2003.

[3] http://www.biometricgroup.com

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

وينتج عن هاتين الخاصيتين موجات صوتية فريدة يختلف الناس فيما بينهم في خصائصها الفيزيائية. وهناك طرق عديدة للتعرف على هذه الخصائص ومنها قراءة الرسم الطيفي للموجة الصوتية[1]. حيث يعرض الرسم الطيفي ثلاثة أبعاد للموجة الصوتي: الزمن، والشدة، والتردد (الشكل رقم: ٢).

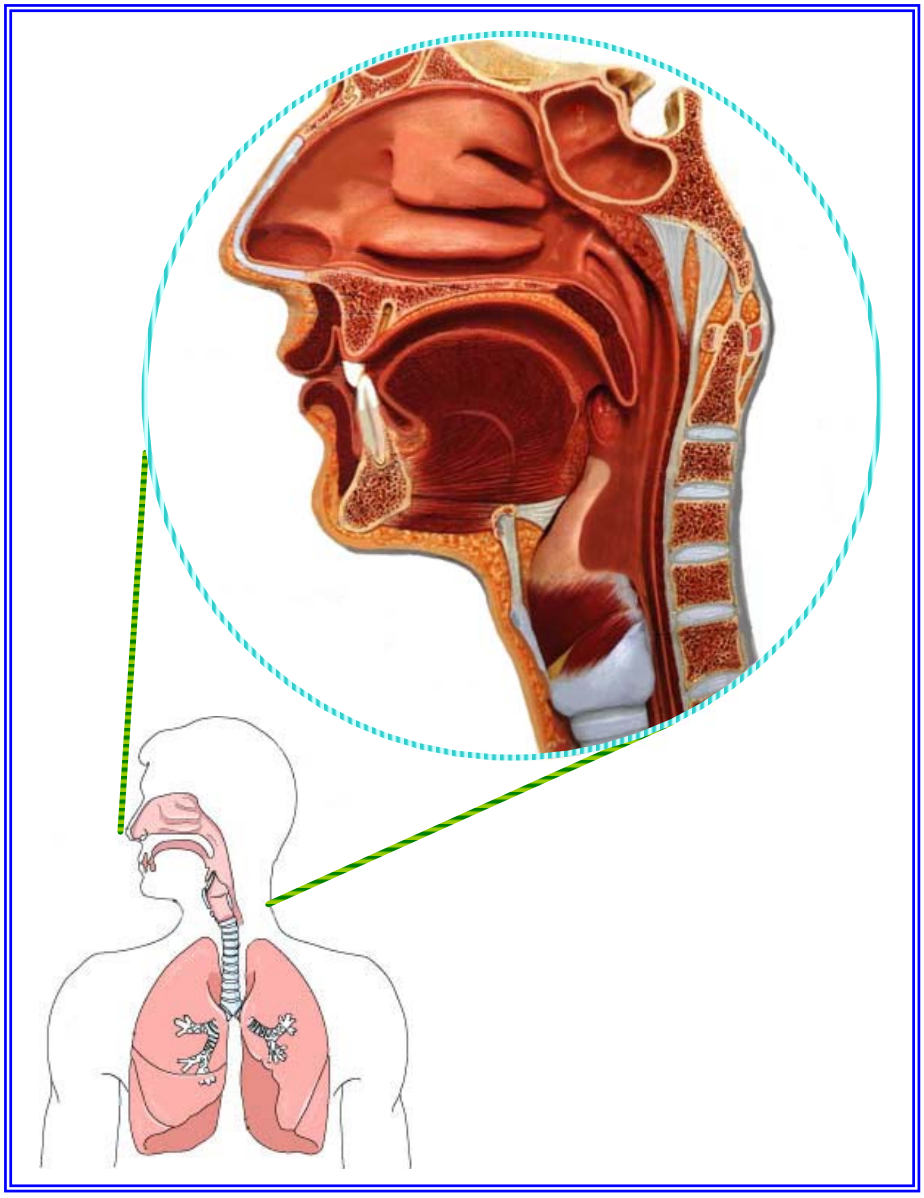
وعند "قراءة" الموجات الصوتية فإن خبير تحليل الموجات الصوتية يعتمد على الخصائص الفيزيائية التي تظهر في الرسوم الطيفية والتي منها:

- تردد النطاق الرنينية (الشكل رقم: ٢)، وخاصة النطاق الرنيني الثالث الذي تردده يدل على طول الجهاز الصوتي عند الإنسان، كلما طال الجهاز الصوتي كلما كان التردد منخفضا.
- عرض النطاق الرنينية formant bandwidths حيث غالبا ما تتسم هذه بالثبات في حالة بعض الأصوات كالكسرة (الصائت / ـِ ـ/).
- تردد الموجات الصوتية الناتجة عن نطق الصوامت الرخوة كالسين والشين.
- تردد النطاق الرنينية للصوامت الأنفية /م ن/.
- حساب المسافة بين ترددات النطاق الرنينية كالمسافة بين النطاق الرنيني الأول والثاني؛ والنطاق الرنيني الثاني والثالث.
- التردد الأساس أو تردد الرقيقتين الصوتيتين (F_0) fundamental frequency.
- العلاقة بين بعض الموجات الصوتية من حيث شدتها كما هي الحالة عند انطلاق اللسان release مع النفخ aspiration الذي يليه، أو العلاقة بين النطق الرنينية من حيث شدتها.
- الأمد: كأمد بداية التصويت الذي هو موضوع الورقة هذه.

ويجد خبير تحليل الموجات الصوتية نفسه أمام خيارات عديدة للمقارنة بين الرسوم الطيفية التي منها ما ذكر أعلاه. ولكننا في هذا البحث نركز على أمد الموجة الصوتية وأكثر تحديدا أمد بداية التصويت. إذاً نحن نبحث في واحد من عشرات الخيرات التي يختلف فيها المتحدثون فيما بينهم عند الكلام. وسنبحث في كنه هذا الخيار وخصائصه الفسيولوجية والفيزيائية والفروق بين المتحدثين وتأثير اللغات الأجنبية عليهم.

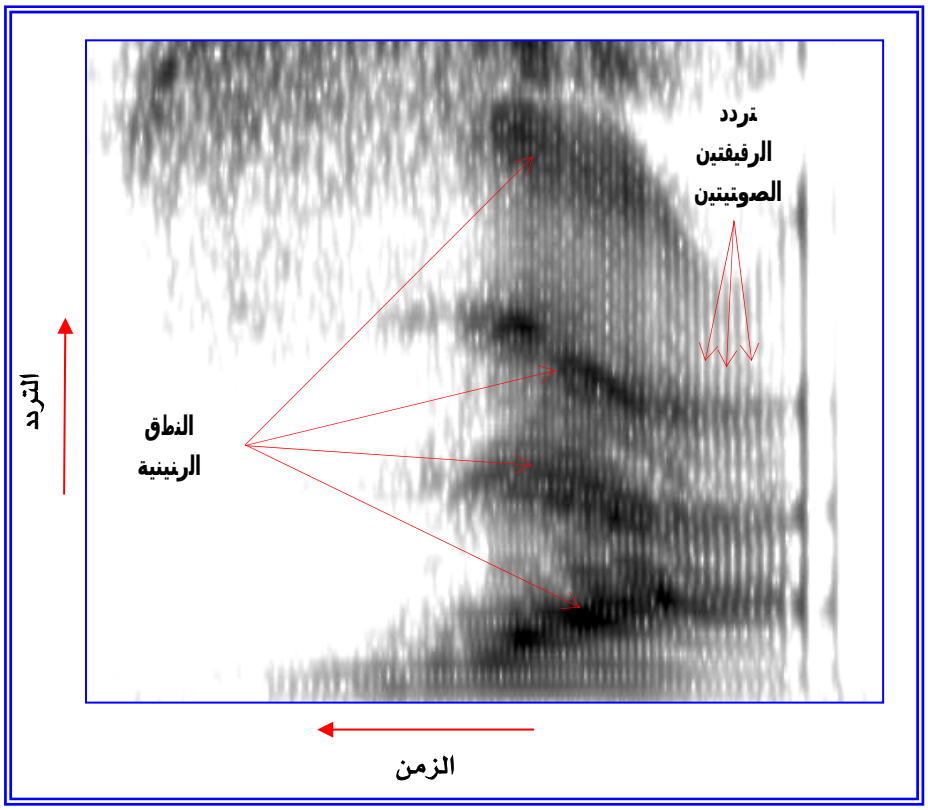
[1] Lindh, J. Handling the "Voiceprint" Issue. FONETIK 2004 Proceedings, Stockholm University, Sweden. 2004.

الشكل رقم (١): مقطع رأسي للجهاز الصوتي عند الإنسان[1].



[1] أُخذت بعض مكونات الشكل من موقع جامعة أبردين بتصرف:
http://www.abdn.ac.uk/langling/resources/usflimgs.html

الشكل رقم (٢): *الرسم الطيفي للكلمة "عَزّ". ويبين الرسم الطيفي هنا تردد الرقيقتين الصوتيتين وترددات النطق الرنينية إضافة إلى الأبعاد الأساسية وهي بعد الزمن، وبعد التردد، وبعد الشدة التي تظهرها هنا درجة السواد[1].*



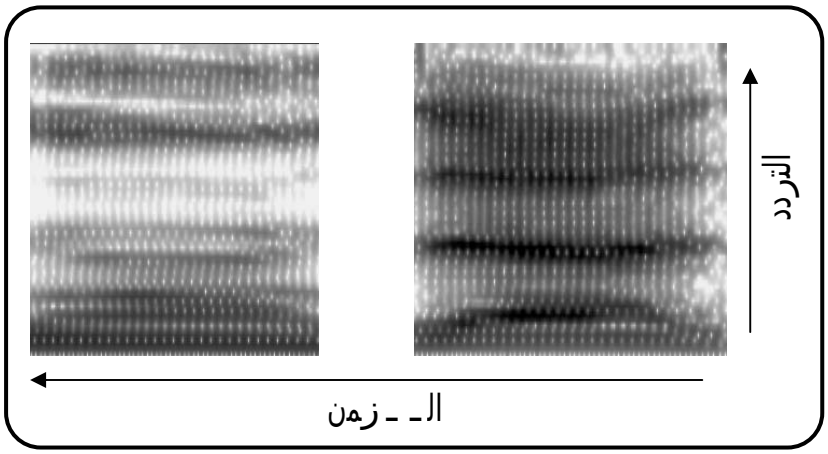
١. ١. أمد بداية التصويت

يجد خبير تحليل الموجات الصوتية نفسه أحيانا أمام مؤثرات على الموجة الصوتية تتطلب منه التركيز على الخصائص الفيزيائية التي تكون أقل عرضة للتأثرات الخارجية. فعلى سبيل المثال، يبين الشكل رقم (٣) رسما طيفيا لمتحدث في بيئة طبيعية وبدون مؤثرات خارجية ورسم طيفي آخر للمتحدث نفسه وهو يلبس كماما على فمه وأنفه. ويلاحظ على الرسم الطيفي الثاني مدى تأثر النطق الرنينية بالكمام الذي تسبب في تولد نطق رنينية أخرى بنفس الشدة تقريبا، هذا يجعل من الصعوبة بمكان على خبير الموجات الصوتية تحديد تردد النطق الرنينية الحقيقية لمقارنتها بتلك التي في رسم طيفي آخر كذلك الذي في الرسم الطيفي الأول من الشكل نفسه. وحيث أن تردد النطق الرنينية ليست هي الوحيدة التي يعتمد عليها محلل الموجات الصوتية، إذ أن لديه خيارات أخرى يمكنه استخدامها، فإن إحدى هذه

[1] الموجة الصوتية للكلمة من "قاعدة بيانات الصوتيات العربية"، ١٤٢٠هـ، وعُمل الرسم الطيفي في معمل الصوتيات بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية باستخدام جهاز الرسام الطيفي Multi-Speech Signal Analysis Workstation (Model 3700) .

الخيارات هي الأمد الذي لا يتأثر بالبيئة المحيطة بالمتحدث لأنه يقيس زمن الخصائص الصوتية وليس ترددتها. ويمكن قياس أنواع عديدة من الأمد كأمد الصوائت والصوامت في مواقع مختلفة من الكلام. وأحد أنواع المدود التي يمكن الرجوع لها هو أمد بداية التصويت. فما هو هذا الأمد؟ وكيف يمكن توظيفه في التعرف على المتحدث؟ وما هي المعطيات الأخرى التي يمكن أن يحتوي عليها؟

الشكل رقم (٣): *رسمين طيفيين للصائت ـَـ (الفتحة): الأول لمتحدث أثناء تحدثه في بيئة هادئة ودون مؤثرات خارجية على الصوت، والثاني للمتحدث نفسه عند التحدث أثناء وضع كمام على الفم*[1].

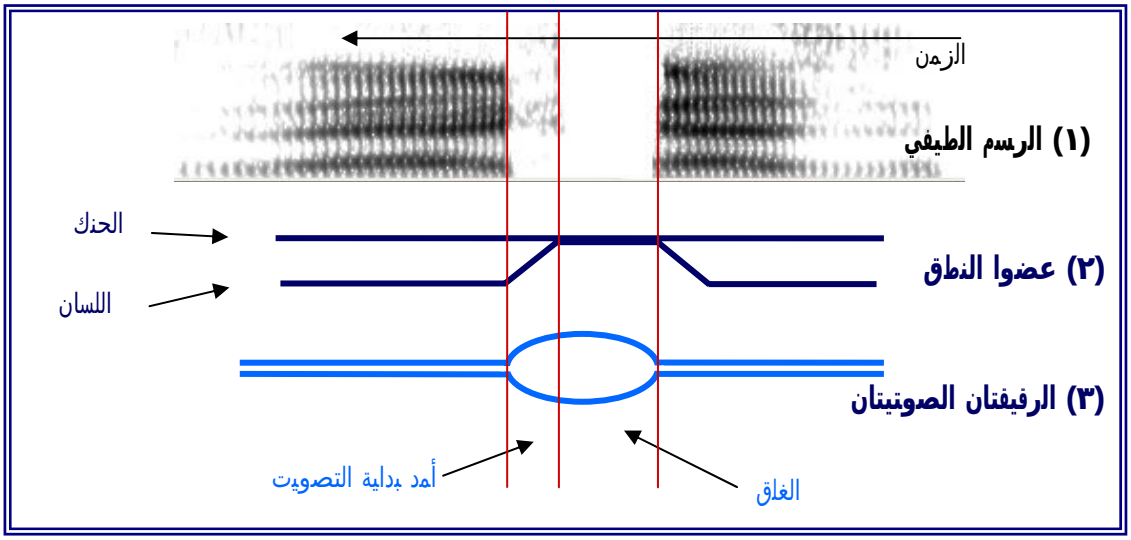


يقصد بأمد بداية التصويت بالفترة الزمنية التي تبدأ بانفصال عضوي النطق عن بعضيهما (كاشفة السفلى عن العليا واللسان عن الحنك) وتنتهي ببداية تذبذب الرقيقتين الصوتيتين. ومصطلح "أمد بداية التصويت" هو ترجمة للمصطلح الإنجليزي voice onset time. ويصاحب "أمد بداية التصويت" الصوامت الشديدة أو ما يعرف لدى البعض بصوامت الوقف stops وهي الصوامت التي يغلق فيها مجرى النفس تماما كما هي الحالة بالنسبة للصوامت العربية: /ب ت د ط ك ق ء/ و الضاد في بعض اللهجات العربية كاللهجة المصرية ولهجة أهل الحجاز. وهذه الصوامت إما أن تكون مهموسة voiceless كما في: /ت ك ط ق ء/، أو أن تكون مجهورة كما في: /ب د/ والضاد الشديد.

[1] الموجة الصوتية للصائتين من "قاعدة بيانات الصوتيات العربية"، ١٤٢٠هـ، وعُمل الرسم الطيفي في معمل الصوتيات بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية باستخدام جهاز الرسام الطيفي Multi-Speech Signal Analysis Workstation (Model 3700).

وعندما يسبق تذبذب الرقيقتين الصوتيتين انفصال عضوي النطق فإن ناتج أمد بداية التصويت يكون بالسالب وهذا ما يحدث مع الصوامت المجهورة الشديدة في اللغة العربية. فمثلا يكون أمد التصويت للصامت /ب/ = -٥٠ مليثانية. أما إذا أتى تذبذب الرقيقتين الصوتيتين بعد انفصال عضوي النطق فإن أمد بداية التصويت يكون بالموجب (+٤٠ مليثانية، على سبيل المثال)[1]، وهذا ما يحدث بالنسبة للصوامت المهموسة الشديدة في اللغة العربية. ونجد الشيء نفسه في اللغات الأخرى. إلا أنه في بعض اللغات، كالإنجليزية مثلا، يكون أمد بداية التصويت بالسالب سواء كان الصامت مهموسا أم مجهورا؛ فيتسم في المهموس بالطول وفي المجهور بالقصر. وفي كلا الحالتين، يظل لأمد بداية التصويت أهمية في التفريق بين الصوامت [+مجهور] والصوامت [-مجهور] أو ما يعرف في الإنجليزية [+voice] و [-voice]، على التوالي[2].

الشكل رقم (٤): *الرسم الطيفي للسياق الصوتي / ـَ ـ ك ـَ ـ / (١)، وما يوافقه من حركة اللسان للالتقاء بالحنك ثم الانفصال عنه (٢)، ووضع المزمار (الفتحة بين الرقيقتين الصوتيتين) أثناء نطق كل من الصوامت المشار إليها (٣)*[3].



ويوضح الشكل رقم: (٤) حدود أمد بداية التصويت وعملية حسابه وعلاقته بحركة أعضاء النطق. فالرسم الطيفي (١) يبين كيفية قياس أمد بداية التصويت الذي يبدأ بأول إشارة صوتية بعد الغلق closure والتي تمثل انفصال عضوي النطق release وينتهي الأمد ببداية

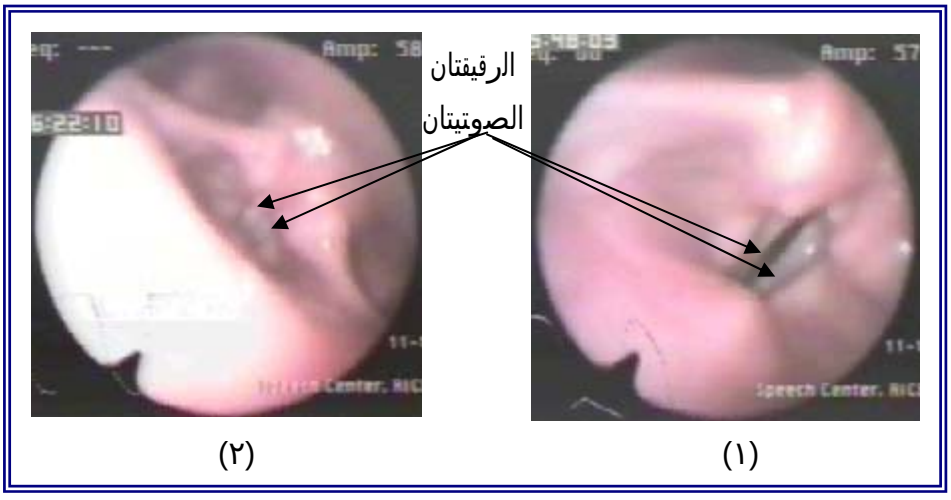
[1] ستكتب الأرقام الموجبة في هذا البحث بدون علامة الموجب (+).

[2] Benki, J. R. Place of Articulation and First Formant Transition Pattern both Affect perception of voicing in English. Journal of Phonetics. 29, 1-22. 2000.

[3] عُمل الرسم الطيفي في هذا الشكل في معمل الصوتيات بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية باستخدام جهاز الرسام الطيفي Multi-Speech Signal Analysis Workstation (Model 3700).

ظهور النطُق الرنينية والخطوط الرأسية التي تمثل تردد الرقيقتين الصوتيتين. أما (٢) و(٣) فيبينان علاقة تزامن حركتي عضوي النطق والرقيقتين الصوتيتين. فعضوا النطق في (٢) متباعدان عن بعضهما عند نطق الفتحة ثم يقترب اللسان من الحنك ليشكل غلقا كاملا لمجرى النفس داخل الفم أثناء نطق الكاف ثم يأخذ في الابتعاد عنه ليعود في أخذ الوضع الطبيعي لنطق الفتحة. ونجد في أمد بداية التصويت توقيتا دقيقا بين حركتي عضوي النطق في (٢) ووضع الرقيقتين الصوتيتين في (٣). فالرقيقتان الصوتيتان تكونان متقاربتان لدرجة تسمح بتذبذبهما أثنا نطق الفتحة (أنظر صورتهما في الشكل رقم: ٥: ٢) ولكن عندما يقترب اللسان من الحنك ويتم غلق مجرى النفس فإن الرقيقتين الصوتيتين تقومان بالابتعاد عن بعضهما لتمكنا الهواء من المرور بينهما (أنظر صورتهما في الشكل رقم: ٥: ١) ثم تعودان لوضعهما السابق لتتذبذبان أثناء نطق الفتحة، إلا أنهما لا تعودان إلى هذا الوضع إلى بعد أن يبتعد اللسان عن الحنك مما يسمح بمرور كمية من الهواء أثناء هذه الفترة وهي الفترة الممتدة من وقت انفصال عضوي النطق إلى وقت تردد الرقيقتين الصوتيتين، وهي التي تعرف بأمد بداية التصويت.

الشكل رقم (٥): *صورتان فوتوغرافيتان أخذتا باستخدام منظار الحنجرة، وتبين الصورة (١) وضع الرقيقتين الصوتيتين أثناء نطق /ك/[1]، وتبين الصورة (٢) وضعهما أثناء نطق /ـَ ـ/[2].*



ونظرا لأن العملية السابقة معقدة وتتطلب توقيتا دقيقا بين أعضا النطق في موقعين مختلفين في الجهاز الصوتي (يقع الموقع الأول في منطقة فوق الحنجرة supraglottis، والموقع الآخر داخل الحنجرة glottis) مما يجعل من الصعوبة التحكم فيها عن وعي أثناء

[1] قاعدة بيانات الصوتيات العربية. مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. ١٤٢٠هـ. الملف: xgkssma.jpg
[2] قاعدة بيانات الصوتيات العربية. مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية. ١٤٢٠هـ. الملف: xgassmz.jpg

الكلام، فقد استهوت العديد من الباحثين في تخصصات شتى كالطب وعلاج عيوب التخاطب واكتساب اللغة الأم والنطق الآلي وتوليد الكلام والتعرف على المتحدث. وكان أمد بداية التصويت أساسا لعدد من النظريات حول اكتساب اللغة الأجنبية[١]. وأُستخدم في تجارب سمعية للتعرف على المناطق في الدماغ التي لها علاقة بسماع الصوامت والتعرف على الكلام[٢].

وتبين دراسات سابقة أن اللغات تختلف فيما بينها من حيث أمد بداية التصويت فقد أخذت قياسات لأمد بداية التصويت لعدة لغات ووجد أن بعضها كالإنجليزية والدنمركية والسويدية تتمتع بأمد طويل؛ يبلغ في معدله في الإنجليزية[٣] والدنمركية[٤] ٧٠ مليثانية ويتجاوز في السويدية المئة مليثانية[٥]. بينما نجد لغات أخرى كالفرنسية[٦] والأسبانية[٧] والتاميلية[٢] والهنغارية[٢] والهولندية[٢] لا يتجاوز معدل أمد بداية التصويت فيها ٥٠ مليثانية. وكذلك بالنسبة للعربية التي يبلغ أمد بداية التصويت فيها بالنسبة لـ /ت/ ، /ك/ المتبوعين بالصائت القصير /ـَـ/ ٢٥ و ٣٠ مليثانية، على التوالي[٨]. هذا يبين أن هناك اختلافا بين اللغات بالنسبة لأمد بداية التصويت. كما أن هناك اختلافا بالنسبة للهجات العربية ففي اللهجة العراقية تبين نتائج قياسات سابقة أن أمد بداية التصويت هو الأطول بينما يظهر في اللهجة القطرية الأقصر[٩].

ومن العوامل المؤثرة على أمد بداية التصويت سرعة الكلام، فقد وجد أن معدل أمد بداية التصويت يزيد بمقدار ٣٢ مليثانية في الإنجليزية عند تغيير وتيرة الكلام من كلام سريع إلى كلام بطيء[١٠]. وتظهر نتائج دراسة أخرى أن أمد بداية التصويت عند المغنين الذين يتحدثون الإنجليزية أطول منه عند غير المغنين عندما يتحدث أي منهم كلاما عاديا؛ إذ يزيد معدل أمد بداية التصويت بعشرة مليثانية بالنسبة للمغنين عن المتحدثين العاديين، وهذا يعني أن أمد التصويت يمكن أن يعطي دلالة على أن المتحدث يمارس الغناء أم لا[١١].

---

1 Kehoe, M., L. Conxita and R. Martin. Voice onset time in bilingual German-Spanish children. Bilingualism: Language and Cognition. 7 71–88. 2004.

2 Simos, P. and R. Diehlc. Differential brain activation patterns during perception of voice and tone onset time series: a MEG study. NeuroImage 18. 448–459. 2003.

3 Lisker, L. and A. Abramson. A Cross-language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustic Measurements. Word 20. 1964. 384-442

4 Fischer-Jorgensen, E. Acoustic Analysis of Stop Consonants. Miscellanea Phonetica. 2. 42-59. 1954.

5 Fant, G. Stops in CV Syllables. In Speech Sounds and Features (G. Fant, editor), MIT Press. 1973.

6 O'Shaughnessy, D. A Study of French Vowel and Consonant Durations. Journal of Phonetics 9. 385-406. 1981.

7 Nathan, G. S. On Second-language Acquisition of Voiced Stops. Journal of Phonetics. 15. 313-332. 1987.

8 Alghamdi, Mansour. Analysis, Synthesis and Perception of Voicing in Arabic. Al-Toubah Bookshop. Riyadh. 2004. P. 52.

9 Alghamdi, Mansour. Analysis, Synthesis and Perception of Voicing in Arabic. Al-Toubah Bookshop. Riyadh. 2004. P. 50.

10 Kessinger, R. H. and S. E. Blumstein. E¤ects of speaking rate on voice-onset time and vowel production: Some implications for perception studies. Journal of Phonetics. 26. 117-128.

11 McCrea, C. R. and R. J. Morris. Comparisons of Voice Onset Time for Trained Male Singers and Male Nonsingers during Speaking and Singing. Journal of Voice. 2004.

ولقد وجد كذلك أن أمد بداية التصويت في اللغة الأجنبية والأمد في اللغة الأم يتأثران إذا كانا مختلفين في الطول؛ فتبين دراسات سابقة أن متحدثي الأسبانية (التي يصاحبها أمد بداية تصويت قصير) الذين تعلموا اللغة الإنجليزية (التي يصاحبها أمد بادية تصويت طويل) كلغة أجنبية يكون أمد التصويت في إنجليزيتهم أقصر من ذلك عند متحدثي الإنجليزية كلغة أم[١]. ووجد كذلك أن متحدثي اللغة الهولندية (ذات أمد بداية تصويت قصير) كلغة أم واللذين يجيدون اللغة الإنجليزية (ذات أمد بداية تصويت طويل) يكون أمد بداية التصويت في لغتهم الهولندية أقصر من الأمد عند الهولنديين الذين لا يجيدون الإنجليزية. هذا يعني أن للغة الأجنبية تأثيرا عكسيا على أمد بداية التصويت في اللغة الأم إذا كان أمد بداية التصويت مختلفا في اللغتين[٢].

كما وجد أن الأشخاص الذين لديهم تلعثم stuttering أثناء الكلام لديهم أمد بداية تصويت أطول من المتحدثين العاديين للغة نفسها[٣]. وتوضح نتائج دراسة أخرى أن هناك علاقة بين كمية الهواء داخل التجويف الصدري وأمد بداية التصويت؛ فكلما تكون كمية الهواء كبيرة يكون أمد بداية التصويت أطول والعكس صحيح[٤].

ويختلف أمد بداية التصويت ليس فقط بالنسبة للغة ووضع المتحدث وخبراته ولكن أيضا بالنسبة للشخص الذي يكلمه المتحدث، فقد عثر على أن الأم التي تحدث صغيرها بالسويدية يكون أمد بداية التصويت في كلامها أقصر منه عندما تكلم البالغين[٥].

وفي المقابل، تبين نتائج قياس أمد بداية التصويت أنه ليس هناك فرق بين الفئات العمرية عند المتحدثين الذين تتجاوز أعمارهم الـ ٢٥ سنة[٦]، ويندرج الأمر نفسه على المتحدثات، فلم يوجد فرق بين فئاتهن العمرية فوق العشرين سنة من حيث أمد بداية التصويت[٧]. أي أن العمر لا يؤثر على أمد بداية التصويت سواء عند الرجال أو النساء. وتبين

---

1 Flege. J. Age of learning affects the authenticity of voice-onset time (VOT) in stop consonants produced in a second language. Journal of Acoustic Society of America. 89. 395-411. 1991.

2 Flege, J. E. and W. Eefting, Cross-language switching in stop consonant perception and production by Dutch speakers of English. Speech Communication. e 6, 185-202. 1987.

3 Hillman, R. and H. Gilbert. Voice onset time for voiceless stop consonants in the fluent reading of stutterers and nonstutterers. The Journal of the Acoustical Society of America. 61. 610-611. 1977.

4 Hoit. J, N. Solomon and T. Hixon. Effect of lung volume on voice onset time (VOT). Journal of Speech Hearing Research. 36. 516-520. 1993.

5 Ulla Sundberg, F. L. Voice Onset Time in Speech to Infants and Adults. Phonetica. 56. 186-199. 1999.

6 Sweeting P and R. Baken. Voice onset time in normal-aged population. Journal of Speech and Hearing Research. 25. 129-134. 1982.

7 Neiman, G., R. Klich, E. Shuey. Voice onset time in young and 70-year-old women. Journal of Speech and Hearing Research. 26. 118-23. 1983

دراسة أخرى أنه لا يوجد تأثير يذكر لفارق العمر على أمد بداية التصويت لا في النطق ولا في الإدراك السمعي[١].

وفي دراسات أخرى مشابه، لم يعثر على فرق في أمد بداية التصويت عند المتحدثين البالغين من حيث الجنسين ومن حيث الفرق بين الأمريكان الأفارقة والأمريكان القوقازيين[٢]. أما عند المتحدثين الأطفال ومن هم دون البلوغ فوجد فرق ذو دلالة إحصائية بين صغار المتحدثين من حيث الجنس والعرق[٣]. هذا يعني أن الفوارق الجنسية والعرقية تظهر عند الأطفال ولا تظهر عند البالغين بالنسبة لأمد بداية التصويت.

أما بالنسبة للتعرف على المتحدث من خلال صوته فقد وجد أنه يمكن الأخذ بأمد بداية التصويت على أنه أحد الفروق الصوتية بين المتحدثين[٤]؛ بمعنى أن المتحدثين يختلفون فيما بينهم في أمد التصويت. وهذا يتطلب ثلاثة أمور: الأمر الأول، أن يكون هناك ثبات في أمد بداية التصويت عند المتحدث نفسه. والأمر الثاني، أن يكون هناك فروق بين المتحدثين. والأمر الثالث، أنه لا يمكن التحكم إراديا في أمد بداية التصويت من قبل المتحدث. فقد بينت التجارب على النطق وقياسات ديناميكية الهواء أثناء الكلام أن مجال التحكم في أمد التصويت يكاد يكون معدوما[٥]. فرغم أنه يمكن للمتحدث التحكم في بعض أعضاء النطق في جهازه الصوتي كتردد الرقيقتين الصوتيتين – فيرفع درجة التردد أو يخفضها - إلا أنه لا يستطيع التحكم الإرادي في أمد بداية التصويت وذلك لعدة أسباب منها أن العملية معقدة وسريعة وتتم لا إراديا.

وتهدف هذه الورقة إلى البحث في الخصائص الفيزيائية للصوامت العربية عند الناطقين بها كلغة أم من السعوديين من حيث:

أولا: أمد بداية التصويت للصوامت العربية /ت ك ط/.

١. الفروق الفردية بين المتحدثين في أمد بداية التصويت.
٢. تأثر أمد بداية التصويت باللغة الأجنبية للصوامت المشتركة في اللغتين.
٣. تأثر أمد بداية التصويت باللغة الأجنبية بالنسبة للصوامت المقتصرة على اللغة الأم.

---

[1] Baum, S. R. Age differences in the influence of metrical structure on phonetic identification. Speech Communication. 39. 231-242. 2003.

[2] Ryalls, J., M. Simon and J. Thomason. Voice Onset Time production in older Caucasian- and African-Americans. Journal of Multilingual Communication Disorders. 2. 61-67. 2004.

[3] Ryalls, J., A. Zipprer, and P. Baldauff. A Preliminary Investigation of the Effects of Gender and Race on Voice Onset Time. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 3. 642. 1997.

[4] Allen, J., J. Miller, and D. DeSteno. Individual talker differences in voice-onset-time. The Journal of the Acoustical Society of America. 113. 544-552. 2003.

[5] Lofqvist A. Acoustic and aerodynamic effects of interarticulator timing in voiceless consonants. Language and Speech. 35. 15-28. 1992.

ثانيا: أمد الغلق للصوامت العربية /ت ك ط/.

١. الفروق الفردية بين المتحدثين في أمد الغلق.

٢. تأثر أمد الغلق باللغة الأجنبية.

٣. تأثر أمد الغلق باللغة الأجنبية بالنسبة للصوامت المقتصرة على اللغة الأم.

وقد أضيف قياس أمد الغلق إلى دراسة أمد بداية التصويت للعلاقة القوية بينهما إذ أنهما يشكلان مع بعضهما أمد فتح المزمار (أنظر الشكل رقم: ٤).

٢. منهج البحث

جمعت البيانات الصوتية في هذه الورقة من مصدرين: المصدر الأول من قاعدة بيانات الصوتيات العربية[1] التي أنتجتها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية وقد كتب عنها ورقة تفصل محتوياتها وكيفية الاستفادة منها[2]. فتم اختيار ستة من المتحدثين السبعة الذين شملتهم القاعدة: ثلاثة منهم لديهم درجة الدكتوراه من بلد لغته الرسمية الإنجليزية (وهم: A, H, G وتمثلهم الأرقام ٩، ١٠، ١١، على التوالي، في الجداول:٢ ، ٤ ،٦) وسميت هذه المجموعة "المجموعة الثانية" وثلاثة تعليمهم دون ذلك الذي في المجموعة الثانية (B, F, Y وتمثلهم الأرقام ١، ٢، ٣، على التوالي، في الجداول:١ ، ٣ ،٥) وسميت "المجموعة الأولى". واستخدمت الملفات الصوتية wave للمتحدثين السابق ذكرهم في ثمان تجارب (A, C, E, N, V, X). بمعنى أن كل متحدث كرر نطق كل صوت من الصوامت المستهدفة (ت ك ط) ست مرات في أوقات وظروف مختلفة. المصدر الثاني تسجيل عشرة متحدثين من منسوبي معهد بحوث الحاسب والإلكترونيات بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية (غير المتحدثين في المصدر الأول): خمسة ينتمون إلى المجموعة الأولى وخمسة آخرون ينتمون إلى المجموعة الثانية. وبهذا يكون في كل مجموعة ثمانية متحدثين متجانسين؛ المجموعة الأولى أقل استخداما للغة الإنجليزية والمجموعة الثانية من سبق ونالوا درجة الدكتوراه من بلد لغته الأم إنجليزية وهم أكثر استخداما للغة الإنجليزية.

اختير الصامتين: /ت ك/ لأنهما يمثلان نقطتين متباعدتين في جهاز النطق؛ الأول يخرج من اللثة، ويخرج الآخر من الحنك اللين، على التوالي، ولكونهما من صوامت اللغتين العربية والإنجليزية، والهدف من اختيار هذين الصامتين معرفة ما إذا كان للغة الإنجليزية تأثير على اللغة العربية بالنسبة لأمد بداية التصويت. وأضيف للصامتين السابقين الصامت

[1] قاعدة بيانات الصوتيات العربية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، الرياض، ١٤٢٠هـ.

[2] Alghamdi, M. KACST Arabic Phonetics Database, The Fifteenth International Congress of Phonetics Science, Barcelona, 3109-3112. 2003.

/ط/ لكونه أحد صوامت اللغة العربية ولا يوجد في اللغة الإنجليزية، وذلك لمعرفة ما إذا كانت الصوامت الغير موجودة في اللغة الأجنبية تتأثر كما تتأثر الصوامت المشتركة بين اللغتين.

أختيرت الصوامت /ت ك ط/ التي تقع في الوسط بين صائتين في السياق: [صائت فتحة - صائت فتحة]، حيث تمثل العلامة: [-] هنا أحد الصوامت /ت ك ط/. والسبب في وضع الصوامت بين الصائت /ـَ ـ/ هو لما يتمتع به من خصائص فيزيائية واضحة تميزه من الصوامت (أنظر الشكل رقم: ٤).

وقد أخذت القياسات باستخدام نظام تحليل الإشارة الصوتية: Multi-Speech (Model 3700) وهو من إنتاج شركة: Kay Elemetrics، ويُحمل هذا النظام على الحاسب الشخصي ويمكن بواسطته إجراء التحاليل الفيزيائية المختلفة، ولقد استخدم في هذه الدراسة الرسم الطيفي ذو الموجة العريضة wideband spectrogram. وقد عمل رسما طيفيا لكل من الـ ٢٨٨ ملف صوتي (٣ صوامت × ١٦ متحدث × ٦ حالات) وأخذ من كل رسم طيفي قياسان: الأول لأمد بداية التصويت والآخر لأمد الغلق كما هو موضح في الشكل رقم: ٤.

وعملت الحسابات الإحصائية على نتائج القياس باستخدام التطبيق المكتبي لمايكروسوفت أوفيس: Excel. فتم حساب المعدل average والانحراف المعياري standard deviation والارتباط correlation والاختبار t-test.

٣. النتائج

تعرض الجداول أدناه نتائج قياس أمد بداية التصويت وأمد الغلق وأمد فتح المزمار. فيبين الجدولان: ١ و ٢ المعدل والانحراف المعياري لأمد بداية التصويت لكل متحدث في المجموعتين الأولى والثانية، على التوالي. وتظهر النتائج الفروق الفردية بين المتحدثين سواء كانوا في المجموعة الأولى أو في المجموعة الثانية كما هو الحال بين المتحدث: ١ والمتحدث: ٧ عند نطق /ت/، على سبيل المثال. ويلاحظ كذلك أن الفروق الفردية بارزة أكثر عند نطق الصوامت: /ت/ و /ك/ منها عند نطق /ط/ وما ذلك إلى لقصر أمد بداية التصويت عند نطق هذا الصامت. وكذلك تبين النتائج أن هناك ثباتا في العلاقة بين أمد بداية التصويت في الصوامت عند المتحدثين. فنجد، على سبيل المثال، أن الذين ينطقون /ت/ بأمد بداية تصويت طويل نسبيا ينطقون كذلك /ك/ بالطريقة نفسها؛ فنجد أن المتحدثين: ٢ و ٣ ينطقون الصامتين: /ت/ ، /ك/ بأمد بداية تصويت طويل نسبيا، وينطق المتحدثون: ٤ و ٧ و ٨ الصامتين السابقين بأمد بداية تصويت قصير نسبيا. إلا أن هذا المنحى ليس ثابتا في جميع

نتائج المتحدثين السابقين أثناء نطق /ط/، كما أن المتحدث: ١١ في الجدول: ٢ ينطق /ت/ بمعدل أمد أقصر من معظم المتحدثين بينما ينطق /ك/ بمعدل أمد أطول من معظم المتحدثين. هذا يعني أن لكل متحدث معدل أمد خاص بكل صوت.

ويعرض الجدولان: ٣ و ٤ معدل أمد الغلق والانحراف المعياري للأصوات موضع الدراسة. وكما هو الحال بالنسبة لأمد بداية التصويت، فإن معدل أمد الغلق يتفاوت من متحدث إلى آخر، وأن هذا التفاوت ظاهر بوضوح كما هو الحال بين المتحدثين: ٣ و ٥ و ٨ من جهة وبين المتحدثين: ١ و ٧ من جهة أخرى في الجدول: ٣. وأن الفرق في المعدل بين المتحدثين يصل إلى عشرين مليثانية في كل من الأصوات الثلاثة.

ويبين الجدولان: ٥ و ٦ معدل أمد فتح المزمار وهي الفترة الزمنية التي تكون فيها الرقيقتان الصوتيتان متباعدتين. ويساوي أمد فتح المزمار معدل محصلة جمع أمد بداية التصويت + أمد الغلق. وتظهر النتائج أن هناك فروقا فردية بين المتحدثين كما هي الحالة في أمد بداية التصويت وأمد الغلق. فعلى سبيل المثال، معدل أمد فتح المزمار للمتحدث: ١ أطول نسبيا منه عند المتحدث: ٨ أثناء نطق الصامت /ت/.

ويوضح الجدول: ٧ المعدل العام لأمد بداية التصويت للأصوات موضع الدراسة كما نطقها المتحدثون في المجموعتين. والواضح في النتائج أن المجموعة الأولى تنطق الصامتين /ت/ و /ك/ بأمد بداية تصويت أطول من ذلك عند المجموعة الثانية. وأن الفرق بين المجموعتين ذو دلالة إحصائية statistically significant (درجة الاحتمالية < ٠,٠٠٠١). بينما نجد أنه لا يوجد فرق يذكر بين المجموعتين عند الصامت /ط/.

ويبين الجدول: ٨ أن معدل أمد الغلق هي عكس تلك التي أظهرها الجدول: ٧ بالنسبة لأمد بداية التصويت. فمعدل أمد الغلق أقصر منه عند المجموعة الأولى من ذلك عند المجموعة الثانية أثناء نطق الصامتين /ت/ و /ك/، وأن الفرق ذو دلالة إحصائية (درجة الاحتمالية > ٠,٠٥). بينما الفرق بين المجموعتين عند نطق الصامت /ط/ ليس له دلالة إحصائية.

وتظهر النتائج في الجدولين: ٧ و ٨ أن هناك علاقة عكسية negative correlation بين أمد بداية التصويت وأمد بداية الغلق عند كل مجموعة أثناء نطق الصامتين: /ت/ و /ك/. فمعدل أمد بداية التصويت لكل من الصامتين المذكورين عند المجموعة الأولى أطول منه عند المجموعة الثانية (الجدول: ٧)، والعلاقة عكسية بالنسبة لأمد الغلق؛ فمعدل أمد الغلق أقصر عند المجموعة الأولى منه عند المجموعة الثانية (الجدول: ٨). بمعنى أنه كلما كان أمد بداية التصويت طويلا كان أمد الغلق قصيرا. ويوضح ذلك حالة الصامت /ط/، إذ نجد أنه لا فرق

يذكر بين المجموعتين في معدل أمد بداية التصويت (الجدول: ٧) وكذلك بالنسبة لأمد الغلق (الجدول: ٨). إلا أن هذه العلاقة العكسية ليست ذات دلالة إحصائية.

الجدول رقم (١): *معدل أمد بداية التصويت والانحراف المعياري لكل متحدث في المجموعة الأولى أثناء نطق الصوامت /ت/، /ك/، /ط/ (الأمد هنا بالمليثانية التي تساوي ١ من الألف من الثانية).*

الصامت	الإحصاء	المتحدثون							
		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
ت	المعدل	٤٠	٤٧	٤٨	٣٦	٤٤	٤١	٣٢	٣٣
	الانحراف المعياري	١٦	٢٠	٦	٧	١٠	٦	٤	٦
ك	المعدل	٥٠	٥٥	٤٨	٣٧	٤٣	٤٥	٣٥	٣٦
	الانحراف المعياري	١٣	١٠	٩	٦	٩	٥	٤	٧
ط	المعدل	١٤	١٤	١٩	١٩	٢٢	٣٣	١٩	٢٣
	الانحراف المعياري	٥	٣	٨	٤	٦	٣	٢	٢

الجدول رقم (٢): *معدل أمد بداية التصويت والانحراف المعياري لكل متحدث في المجموعة الثانية أثناء نطق الصوامت /ت/، /ك/، /ط/ (١ مليثانية = ٠٠١،٠ ثانية).*

الصامت	الإحصاء	المتحدثون							
		٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
ت	المعدل	٣١	٣١	٢٧	٣٦	٣٥	٣٥	٢١	٣٦
	الانحراف المعياري	٦	٨	٩	٤	٣	٤	٢	٣
ك	المعدل	٣٤	٣٤	٤٢	٣٨	٤٠	٣٦	٢١	٤٢
	الانحراف المعياري	٨	٨	٨	٣	٥	٥	٧	٦
ط	المعدل	٢٠	١٨	١٩	٢٢	٢١	٢٢	١٦	٢٣
	الانحراف المعياري	٢	٩	٩	٣	٣	٣	٤	٣

الجدول رقم (٣): *معدل أمد الغلق والانحراف المعياري لكل متحدث في المجموعة الأولى أثناء نطق الصوامت /ت/، /ك/، /ط/.*

الصامت	الإحصاء	المتحدثون							
		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
ت	المعدل	٧٧	٦٢	٥٥	٦٧	٥١	٦٧	٧٨	٥٢
	الانحراف المعياري	١١	٢٠	١٧	٩	٧	٧	٨	٨
ك	المعدل	٦٩	٦٧	٥٩	٦٢	٦٤	٦٦	٧٦	٦٩
	الانحراف المعياري	٩	٧	٦	٨	٦	٥	٥	١١
ط	المعدل	٩٣	٧١	٦٢	٧٦	٧٠	٧٨	٨١	٧١
	الانحراف المعياري	١٢	١١	١٠	١٣	٥	٧	٨	٣

الجدول رقم (٤): *معدل أمد الغلق والانحراف المعياري لكل متحدث في المجموعة الثانية أثناء نطق الصوامت /ت/، /ك/، /ط/.*

الصامت	الإحصاء	المتحدثون							
		٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
ت	المعدل	٦٤	٧٠	٨١	٧٦	٧٢	٦١	٦٩	٦٠
	الانحراف المعياري	٨	١٠	٦	٦	٩	٧	٧	٦
ك	المعدل	٧٥	٦٣	٧٧	٨٤	٦٨	٦٤	٧٥	٥٩
	الانحراف المعياري	١١	١٠	٧	٤	٧	٤	١١	٧
ط	المعدل	٨٢	٦٥	٧٥	٩٣	٧٩	٦٥	٨٢	٦٦
	الانحراف المعياري	١٣	١٤	٨	٣	٨	٦	٧	٨

الجدول رقم (٥): *معدل أمد فتح المزمار والانحراف المعياري لكل متحدث في المجموعة الأولى أثناء نطق الصوامت /ت/، /ك/، /ط/.*

الصامت	الإحصاء	المتحدثون							
		١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
ت	المعدل	١١٧	١٠٩	١٠٣	١٠٣	٩٥	١٠٨	١١٠	٨٥
	الانحراف المعياري	٢٦	٢٠	١٢	١١	٨	٩	٩	١٠
ك	المعدل	١١٩	١٢٢	١٠٧	٩٩	١٠٧	١١١	١١١	١٠٥
	الانحراف المعياري	٢٠	١٠	١٠	٨	١١	٦	٥	١٣
ط	المعدل	١٠٧	٨٥	٨١	٩٥	٩٢	١١١	١٠٠	٩٤
	الانحراف المعياري	١٥	١٠	٧	١٢	٩	٨	٧	٣

الجدول رقم (٦): *معدل أمد فتح المزمار والانحراف المعياري لكل متحدث في المجموعة الثانية أثناء نطق الصوامت /ت/، /ك/، /ط/.*

الصامت	الإحصاء	المتحدثون							
		٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
ت	المعدل	٩٥	١٠١	١٠٨	١١٢	١٠٧	٩٦	٩٠	٩٦
	الانحراف المعياري	١٠	٩	١٢	٥	٧	٥	٦	٦
ك	المعدل	١٠٩	٩٧	١١٩	١٢٢	١٠٨	١٠٠	٩٦	١٠١
	الانحراف المعياري	٩	٩	١٠	٥	٥	٤	١٦	٧
ط	المعدل	١٠٢	٨٣	٩٤	١١٥	١٠٠	٨٧	٩٨	٨٩
	الانحراف المعياري	١٥	٧	١١	٣	١٠	٦	٨	٧

الجدول رقم (٧): *معدل أمد بداية التصويت والانحراف المعياري للمجموعة الأولى والمجموعة الثانية أثناء نطق الصوامت /ت/، /ك/، /ط/.*

الصامت	الإحصاء	المجموعة الأولى	المجموعة الثانية
ت	المعدل	٣٩	٣٢
	الانحراف المعياري	١١	٧
ك	المعدل	٤٢	٣٦
	الانحراف المعياري	١٠	٩
ط	المعدل	٢١	٢٠
	الانحراف المعياري	٧	٥

الجدول رقم (٨): *معدل أمد الغلق والانحراف المعياري للمجموعة الأولى والمجموعة الثانية أثناء نطق الصوامت /ت/، /ك/، /ط/.*

الصامت	الإحصاء	المجموعة الأولى	المجموعة الثانية
ت	المعدل	٦٣	٦٩
	الانحراف المعياري	١٤	١٠
ك	المعدل	٦٧	٧٠
	الانحراف المعياري	٩	١١
ط	المعدل	٧٥	٧٦
	الانحراف المعياري	١١	١٣

٤. التحليل والمناقشة

تتفق نتائج هذه الدراسة مع نتائج الدراسات السابقة على أصوات لغات أخرى غير العربية من حيث الفروق الفردية بين المتحدثين ومن حيث تأثير اللغة الأجنبية على اللغة الأم. وتضيف الورقة الحالية أن التأثير على أصوات اللغة الأم يكون فقط على الأصوات المشتركة بين اللغتين كما هو الحال في الصامتين /ت/ ، /ك/، أما الأصوات الأخرى فلا تتأثر كما تبين نتائج الصامت /ط/ الذي هو أحد أصوات اللغة العربية ولا يدخل ضمن أصوات اللغة الإنجليزية.

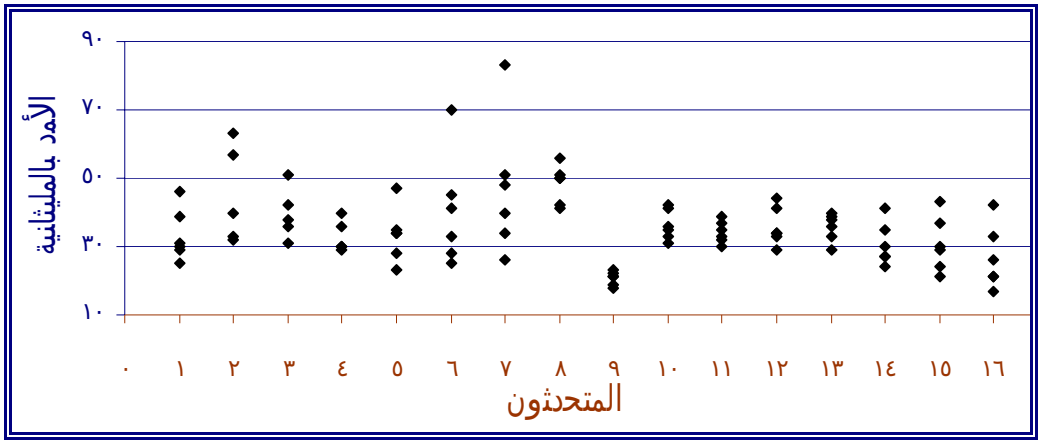
٤. ١. الفروق الفردية بين المتحدثين

تبين النتائج في الجداول السابقة أنه يمكن الرجوع إلى أمد بداية التصويت وأمد الغلق وأمد فتح المزمار عند البحث عن الفوارق الفيزيائية بين أصوات المتحدثين. ويوضح الشكلان: ٦ و ٧ نتائج قياس أمد بداية التصويت لكل متحدث من الستة عشر عند نطق الصامت /ت/ (الشكل: ٦) وعند نطق الصامت /ك/ (الشكل: ٧). وتظهر الفروق الفردية في الشكلين على هيئتين: الهيئة الأولى، أن يكون أمد بداية التصويت في مدى محدد كما هي الحالة عند المتحدث: ٤ والمتحدث: ٨ في الشكل: ٦، إذ نجد أمد بداية الغلق عند الأول تقع بين ٢٠ و ٤٠ مليثانية بينما تقع عند الآخر بين ٤٠ و ٦٠ مليثانية. الهيئة الأخرى، هي مدى ثبات المتحدث على أمد محدد، فنجد أن أمد بداية التصويت عند بعض المتحدثين شبه ثابت بينما هناك تباين كبير عند البعض الآخر. فعلى سبيل المثال هناك تباين واضح في الأمد عند المتحدثين: ٦ و ٧ يزيد في مداه عن ٤٠ مليثانية عند الصامت /ت/ (الشكل: ٦) ويزيد عن ٣٠ مليثانية في الصامت /ك/ (الشكل: ٧). بينما نجد أن المتحدثين: ٩ و ١٠ و ١١ و ١٢ و ١٣ ينطقون الصامتين المذكورين في مدى لا يتجاوز ٢٠ مليثانية.

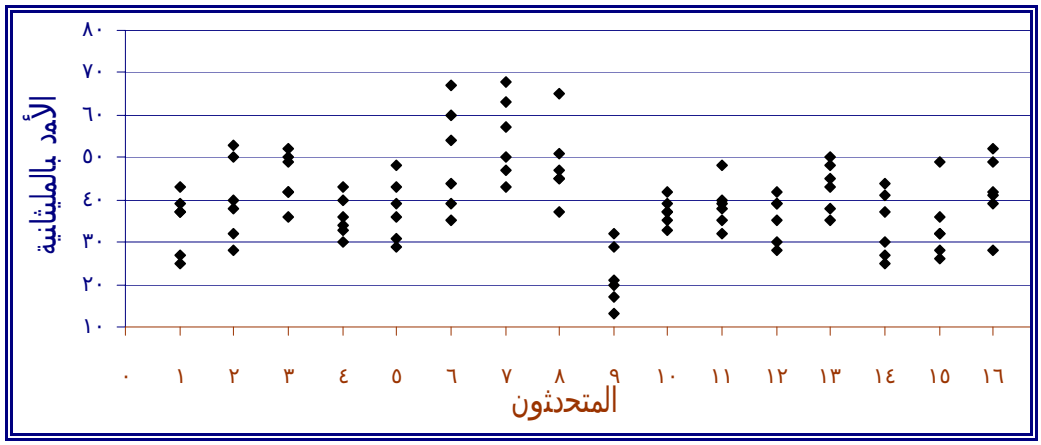
ويمكن القول بأنه يمكن أخذ كل مشعر صوتي[1] لكل صوت منفردا عند مقارنة أصوات المتحدثين، ويمكن كذلك أخذ العلاقة بين الأصوات لمشعر صوتي واحد. فعلى سبيل المثال، نجد أن بعض المتحدثين ينطقون /ت/ بمعدل أمد بداية تصويت تساوي تقريبا معدل أمد بداية التصويت للصامت /ك/ (المتحدثون: ٣، ٤، ٥، ١٤، ١٥)، ومتحدثون ينطقون /ت/ بمعدل أمد بداية تصويت أقصر منه عند نطقهم للصامت /ك/ (المتحدثون: ١، ٢، ١١، ١٦).

[1] المشعر الصوتي acoustic cue هو الإشارة الصوتية التي لها دلالة معينة عند مدرك الكلام، مثل: أمد بداية التصويت، أمد الغلق وأمد فتح المزمار.

الشكل رقم (٦): *مدى التغير في أمد بداية التصويت لدى كل متحدث عند نطق /ت/.*



الشكل رقم (٧): *مدى التغير في أمد بداية التصويت لدى كل متحدث عند نطق /ك/.*



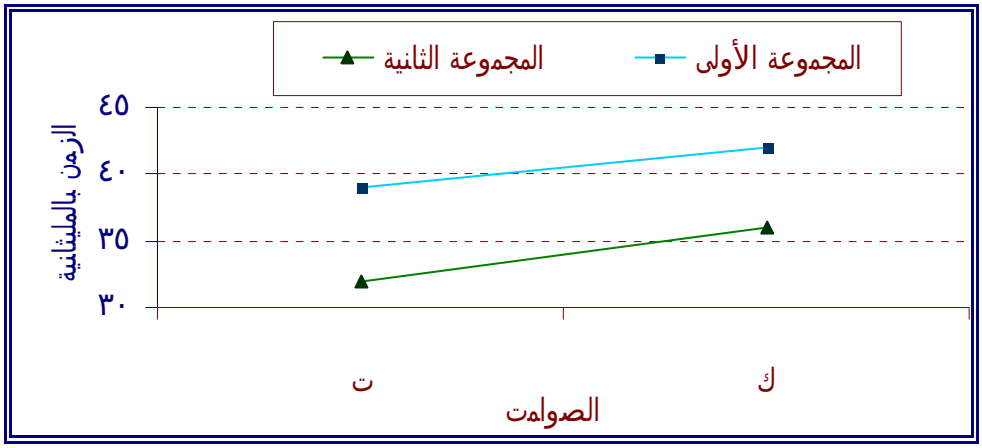
٤. ٢. تأثير اللغة الأجنبية على العربية

تؤكد الدراسات السابقة التي أشير إليها في المقدمة أن متحدثي اللغة ذات الأمد القصير لبداية التصويت يتأثر أمد بداية التصويت عندهم عكسيا عند تعلم لغة أجنبية ينحو أمد بداية التصويت في صوامتها المهموسة نحو الطول، كما هو الحال عند الناطقين باللغة العربية عندما يتعلمون اللغة الإنجليزية كلغة أجنبية. وتأكد نتائج هذه الدراسة نتائج الدراسات السابقة. فيوضح الشكل رقم: ٨ أن معدل أمد بداية التصويت عند المجموعة الأولى (المجموعة الأقل استخداما للغة الإنجليزية) أطول منه عند المجموعة الثانية (المجموعة الأكثر استخداما للغة الإنجليزية). ولقد تأثر الصامتين /ت ك/ لأنهما موجودان في كلا اللغتين بينما نجد أن الصامت /ط/ لم يتأثر باستخدام اللغة الإنجليزية نظرا لأنه ليس من ضمن أصواتها.

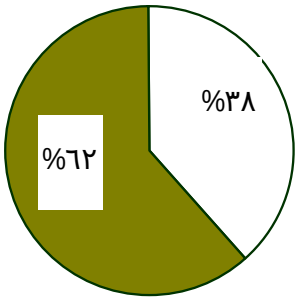
هذا يعني أنه يمكن استخدام أمد بداية التصويت في معرفة ما إذا كان المتحدث العربي يجيد لغة أجنبية كالإنجليزية مثلا. إذ نجد أن أمد بداية التصويت للصامتين /ت ك/ أقصر في معدله منه عند المتحدثين الذين لا يجيدون اللغة الإنجليزية.

وحيث أن هناك ارتباطا بين أمد بداية التصويت وأمد الغلق إذ هما يشكلان أمد فتح المزمار فإننا نجد العلاقة عكسية بينهما. فطول أمد بداية التصويت يعني أن هناك قصرا في أمد الغلق، لذا نجد أن معدل أمد الغلق أقصر عند المجموعة الثانية منه عند المجموعة الأولى (الشكل: ٩) وهذا عكس نتائج المجموعتين بالنسبة لأمد بداية التصويت. هذا يعني أن لاستخدام اللغة الأجنبية أثرا على أمد الغلق في اللغة الأم، وأن هذا الأثر مرتبط بأمد بداية التصويت. فعند وجود تأثر يؤدي إلى قصر أمد بداية التصويت نجد زيادة في أمد الغلق إلا أن هذه العلاقة ليس لها دلالة إحصائية عند حساب الارتباط الإحصائي correlation.

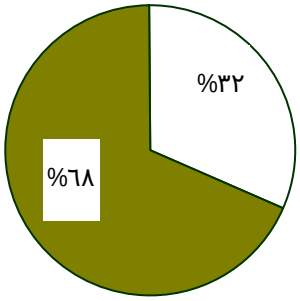
الشكل رقم (٨): *معدل أمد بداية التصويت للصامتين /ت/ ، /ك/ للمجموعة الأولى والمجموعة الثانية.*



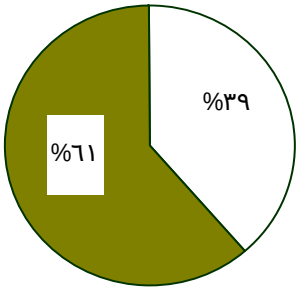
الشكل رقم (٩): *نسبة توزيع أمد فتح المزمار بين أمد التصويت (اللون الأبيض)، وأمد الغلق (المظلل) للصوامت /ت، ك، ط/ للمجموعتين الأولى والثانية.*



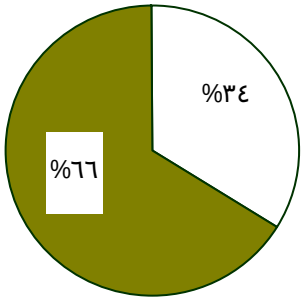
/ت/ المجموعة الأولى



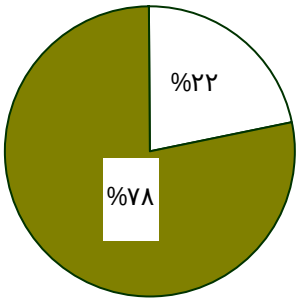
/ت/ المجموعة الثانية



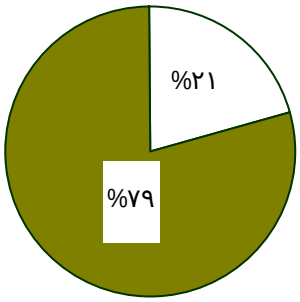
/ك/ المجموعة الأولى



/ك/ المجموعة الثانية



/ط/ المجموعة الأولى



/ط/ المجموعة الثانية

٥. الخاتمة

بينت هذه الدراسة مدى أهمية الأمد الزمني في التعرف على المتحدثين والتفريق بين أصواتهم. فالمتحدثون يختلفون فيما بينهم في أمد بداية التصويت عند نطق الصوامت /ت ك/ ويختلفون كذلك في أمد الغلق وأمد فتح المزمار عند نطق الأصوات /ت ك ط/. كما بينت الدراسة مدى تأثير اللغة الأجنبية على أمد بداية التصويت وأمد الغلق وكيف أن أمد بداية التصويت في الصوامت /ت ك/ يقصر عند المتحدثين العرب عند استخدامهم للغة الإنجليزية، وعكس ذلك يطول أمد الغلق في الصامتين المشار إليهما، بينما لا يتأثر أمد بداية التصويت ولا أمد الغلق عند نطق الصامت /ط/.

هذا يعني أنه يمكن استخدام أمد بداية التصويت وأمد الغلق وأمد فتح المزمار في التحقق من هوية الشخص ومعرفة خبرته في استخدام اللغات الأجنبية.

٥. المراجع

قاعدة بيانات الصوتيات العربية، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية، الرياض، ١٤٢٠هـ.

Alghamdi, M. Analysis, Synthesis and Perception of Voicing in Arabic. *Al-Toubah Bookshop*. Riyadh. 2004. P. 50.

Alghamdi, M. KACST Arabic Phonetics Database, The Fifteenth International Congress of Phonetics Science, Barcelona, 3109-3112. 2003.

Allen, J., J. Miller, and D. DeSteno. Individual talker differences in voice-onset-time. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 113. 544-552. 2003.

Baum, S. R. Age differences in the influence of metrical structure on phonetic identification. *Speech Communication*. 39. 231-242. 2003.

Benki, J. R. Place of Articulation and First Formant Transition Pattern both Affect perception of voicing in English. *Journal of Phonetics*. 29, 1-22. 2000.

Carrillo, M. C. Continuous Biometric Authentication for Authorized Aircraft Personnel: A Proposed Design. MSCS Thesis. *Naval Postgraduate School*. 2003.

Cho, T. and P. Ladefoged. Variation and Universals in VOT: Evidence from 18 Languages. *Journal of Phonetics*. 27, 207-229. 1999.

Fant, G. Stops in CV Syllables. In *Speech Sounds and Features* (G. Fant, editor), MIT Press. 1973.

Fischer-Jorgensen, E. Acoustic Analysis of Stop Consonants. *Miscellanea Phonetica*. 2. 42-59. 1954.

Flege, J. E. and W. Eefting, Cross-language switching in stop consonant perception and production by Dutch speakers of English. *Speech Communication*. 6, 185-202. 1987.

Flege. J. Age of learning affects the authenticity of voice-onset time (VOT) in stop consonants produced in a second language. *Journal of Acoustic Society of America*. 89. 395-411. 1991.

Hillman, R. and H. Gilbert. Voice onset time for voiceless stop consonants in the fluent reading of stutterers and nonstutterers. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 61. 610-611. 1977.

Hoit. J, N. Solomon and T. Hixon. Effect of lung volume on voice onset time (VOT). *Journal of Speech Hearing Research*. 36. 516-520. 1993.

http://bioenabletech.com/biometrics/voicerecognition.htm

http://www.biometricgroup.com

http://www.koreapowervoice.com

Kehoe, M., L. Conxita and R. Martin. Voice onset time in bilingual German-Spanish children. Bilingualism: *Language and Cognition*. 7 71–88. 2004.

Kessinger, R. H. and S. E. Blumstein. Effects of speaking rate on voice-onset time and vowel production: Some implications for perception studies. *Journal of Phonetics*. 26. 117-128.

Lisker, L. and A. Abramson. A Cross-language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustic Measurements. *Word 20*. 1964. 384-442.

Lofqvist A. Acoustic and aerodynamic effects of interarticulator timing in voiceless consonants. *Language and Speech*. 35. 15-28. 1992.

McCrea, C. R. and R. J. Morris. Comparisons of Voice Onset Time for Trained Male Singers and Male Nonsingers during Speaking and Singing. *Journal of Voice*. 2004.

Nathan, G. S. On Second-language Acquisition of Voiced Stops. *Journal of Phonetics*. 15. 313-332. 1987.
Neiman, G., R. Klich, E. Shuey. Voice onset time in young and 70-year-old women. *Journal of Speech and Hearing Research*. 26. 118-23. 1983.
O'Shaughnessy, D. A Study of French Vowel and Consonant Durations. *Journal of Phonetics* 9. 385-406. 1981.
Ryalls, J., A. Zipprer, and P. Baldauff. A Preliminary Investigation of the Effects of Gender and Race on Voice Onset Time. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 3. 642. 1997.
Ryalls, J., M. Simon and J. Thomason. Voice Onset Time production in older Caucasian- and African-Americans. *Journal of Multilingual Communication* Disorders. 2. 61-67. 2004.
Simos, P. and R. Diehlc. Differential brain activation patterns during perception of voice and tone onset time series: a MEG study. *NeuroImage* 18. 448–459. 2003.
Sweeting P and R. Baken. Voice onset time in normal-aged population. *Journal of Speech and Hearing Research*. 25. 129-134. 1982.
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.
Ulla Sundberg, F. L. Voice Onset Time in Speech to Infants and Adults. *Phonetica*. 56. 186-199. 1999.

كلمة شكر:

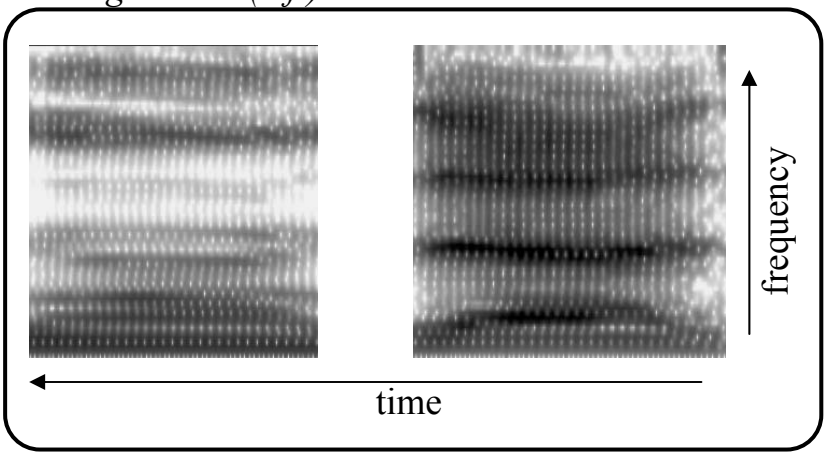
يود الباحث أن يتقدم بالشكر لمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية على دعمها لبحوث الصوتيات العربية التي أسهمت في إخراج "قاعدة بيانات الصوتيات العربية" والتي اعتمد عليها الباحث في هذه الورقة في تحليل الموجات الصوتية. كما يتقدم الباحث بالشكر لجامعة نايف العربية للعلوم الأمنية لما تنظمه من برامج تدريبية في مجال التعرف على المتحدث، ساهم الكاتب في تنفيذ بعض منها وكان لها الأثر في إخراج هذه البحث.

"Voice Print": Voice Onset Time as a Model

Mansour M. Alghamdi[1]

Utilizing the right acoustic cues in speaker identification cases is one of the challenges that face speech analysts. A speech analyst usually uses spectrograms to search for acoustic cues in the speaker identification process. A spectrogram shows the acoustic signal in a three dimensional graph (frequency, intensity and time). An acoustic cue can be related to the frequency, intensity or time. A combination of different acoustic cues would help a speech analyst to come up with the right decision. However, the frequency and intensity of a speech acoustic signal can be seriously affected by background noise and/or reverberation. A mask, for example, would dislocate the formant frequencies of vowels (Figure 1).

Figure 1. *The long low vowel /a/ produced by the same speaker in a quiet environment (right) and while wearing a mask (left)*[2].



Temporal acoustic cues are useful when analyzing speech especially when its spectrum is somehow affected. One of the most salient temporal acoustic cues is voice onset time (VOT). It is the time between the release of articulators and the onset of the vocal fold vibration. For example, in the case of /p/ production in a word such as "peak", VOT is the period between the release of the two lips (end of closure) to the period that the vocal folds start vibrating to produce the vowel. Since VOT is a result of a complicated timing procedure where the glottis coordinates with supraglottal organs, it has been found that speakers do not consciously control the VOT duration[3].

---

[1] Associate Professor in Phonetics at King Abdulaziz City for Science and Technology

[2] Arabic Phonetic Database, KACST (2000)

[3] Lofqvist A. Acoustic and aerodynamic effects of interarticulator timing in voiceless consonants. Language and Speech. 35. 15-28. 1992.

VOT has attracted researchers from different backgrounds: language typology[1], language acquisition[2], psychology[3], phonetics[4], second language effect on the first language[5] and speaker identification[6]. The results of these studies and other similar studies contribute to the human knowledge in their related fields.

The objective of this paper is to investigate the role of VOT in speaker identification and the effect of the second language on the mother-tongue language. The subjects consist of 16 Arabic speakers who are native Saudis. 8 of the speakers (Group I) have less contact with English as a second language, and the other 8 speakers (Group II) have studied, lived and gained their Ph. D. degrees in an English speaking country. The target consonants are the alveolar voiceless stop /ت/, the velar voiceless stop /ك/ and the emphatic alveolar voiceless stop /ط/. The first two consonants are in both the Arabic and English consonant inventories. The last consonant occurs only in the Arabic consonant inventory. The consonants were written in the carrier CV-VC where C is /z/, V is /a/ and - is the target consonant. A list of the consonants within their carrier token was made where each consonant is repeated 6 times and the list is randomly made. Not two tokens of the same consonant were in sequence. The results of the recording are: 3 consonants X 6 repetitions X 16 speakers = 288 tokens.

The recording was made using the Kay Elemetrics Multi-Speech system (Model 3700) in a sound-proof chamber in the Speech Center at King Abdulaziz City for Science and Technology. The same system was used to display the spectrograms of the tokens. VOT and closure duration were manually measured. The results of the measurements were statistically analyzed.

The results of the study show that speakers differ in terms of VOT production in the three consonants. That is, speakers produce the target consonants with different VOT duration ranging in average from 21 milliseconds (ms) to 78 ms for /ت/, 21 ms to 55 ms for /ك/ and 14 ms to 33 ms for /ط/.The speakers also differ in terms of closure duration ranging

[1] Lisker, L. and A. Abramson. A Cross-language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustic Measurements. Word 20. 1964. 384-442.

[2] Kehoe, M., L. Conxita and R. Martin. Voice onset time in bilingual German-Spanish children. Bilingualism: Language and Cognition. 7 71–88. 2004.

[3] Simos, P. and R. Diehlc. Differential brain activation patterns during perception of voice and tone onset time series: a MEG study. NeuroImage 18. 448–459. 2003.

[4] Kessinger, R. H. and S. E. Blumstein. E¤ects of speaking rate on voice-onset time and vowel production: Some implications for perception studies. Journal of Phonetics. 26. 117-128.

[5] Flege, J. E. and W. Eefting, Cross-language switching in stop consonant perception and production by Dutch speakers of English. Speech Communication. e 6, 185-202. 1987.

[6] Allen, J., J. Miller, and D. DeSteno. Individual talker differences in voice-onset-time. The Journal of the Acoustical Society of America. 113. 544-552. 2003.

from 51 ms to 81 ms for /ت/, 59 ms to 84 ms for /ك/ and 62 ms to 93 ms for /ط/.

The two groups show different measurement results. Group I show VOT longer in average than that of Group II when the shared consonants (/ك ت/) are produced. This means that Group II which is more exposed to English show shorter VOT when producing the sounds that are present in the two languages, Arabic and English. Hence, English has a negative affect on Arabic VOT of the shared consonants. This probably is due to the fact that native English speakers show longer VOT than native Arabic speakers when producing voiceless stops in their languages[1]. Therefore, Arabic native speakers who learn English as a second language show, unconsciously, that the two languages are phonetically different by maximizing their VOT difference. The result is a shorter VOT for Arabic voiceless stops that are shared in the two languages, but the VOT of the non-shared stop is unaffected.

Many of the studies on bilingualism focus on the effects of the first language on the second language; what is called language transfer[2]. For example, the phonological transfer of the Arabic /b/ by Arabic native speakers when they speak English words with the /p/ consonant. However, only a few studies have been conducted on the reverse effect, i.e. the effect of the second language on the first language[3].

In summary, the results of this study show the presence of individual differences among Arabic speakers in terms of VOT variations. The results also show that a phonetic difference between the first language and the second language is maximized when the speakers are more fluent in the second language. Thus, it is found that a fluent Arabic speaker of English produces Arabic voiceless stops with shorter VOT than a non-fluent Arabic speaker of English. This means that it can be predicted from Arabic speech that the speaker is fluent in a foreign language with long VOT such as English.

---

[1] Flege, J. E. and R. Port. Cross-language phonetic interference: Arabic to English, Language and Speech 24, 125-146. 1981.

[2] Albert, M., and L. Obler. The Bilingual Brain: Neuropsychological and Neurolinguistic Aspects of Bilingualism. New York. Academic Press. 1978.
Wade-Woolley, L. First Language Influences on Second Language Word Reading: All Roads Lead to Rome. Language Learning. 49:447-471. 1999.

[3] Flege, J. E. and W. Eefting, Cross-language switching in stop consonant perception and production by Dutch speakers of English. Speech Communication. e 6, 185-202. 1987.