

الدراسة الصوتية الآلية الحاسوبية - حركة الفتحة العربية أنموذجاً -

Computer-automated acoustic study
- the Arab vowel (Al fatha) as a model -

موسى حرحوز

Harhouz Moussa

كلية اللغة العربية وآدابها واللغات الشرقية. جامعة الجزائر-2-

University of Algiers -2- Algeria

moussaharhouz@gmail.com

تاريخ النشر: 2021/11/25

تاريخ القبول: 2021/06/19

تاريخ الإرسال: 2020/11/09

ملخص البحث

كان لظهور التطبيقات الحاسوبية في العقود الأخيرة، الأثر الكبير في تطور الدراسات والبحوث العلمية وانتشارها في أنحاء المعمورة، ولعل مجال الدراسات الصوتية كان هو المستفيد الأكبر في الحصول على مخابر آلية حاسوبية. ولكن ما يجعل هاته التطبيقات الآلية الحاسوبية معقدة، وصعبة لدى كثير من الباحثين لدينا، هو وجودها بلغات أجنبية، مما يعيق الدراسات الصوتية التطبيقية، على الخصوص.

وعطفاً على ما سبق، يسعى هذا البحث إلى التعريف أكثر بوسائل الدراسة الحاسوبية الصوتية، وكذا القيام بدراسة تطبيقية؛ لبيان مراحل التحليل الصوتي الآلي، وذلك بالاعتماد على أحد أهم برامجها، من خلال دراسة فيزيائية، لحركة الفتحة العربية، فكيف تكون الدراسة الآلية لحركة الفتحة وللأصوات اللغوية؟ وكيف يمكن أن يستفيد الدارسون من البرامج الآلية الحاسوبية؟ ولماذا يجب الاستفادة القصوى من هاته البرامج الحاسوبية، واعتمادها كمنهج في الدراسات الصوتية التطبيقية؟

الكلمات المفتاحية: آلية؛ حاسوبية؛ دراسة؛ صوتية؛ عربية؛ فتحة

Abstract:

The appearance of computer applications in recent decades had a significant impact, on the development and spread of scientific studies and research around the globe, and perhaps the field of acoustic studies has been the greatest beneficiary in obtaining computer automated laboratories. But what makes these computer applications complex and difficult for many of our researchers, is their presence in foreign languages, which hinders applied phonetic studies, in particular.

* موسى حرحوز: moussaharhouz@gmail.com

In addition to the foregoing, this research seeks to introduce more means of computational phonetic studies, and to carry out an applied research to show the steps of automated analysis, through a physical study, of the Arab "Fatha" vowel, so how will the automated study of the Arab "Fatha" be? How can learners benefit from computational software? Why should such software be adopted as a method for acoustic studies?

Keywords: acoustic – Arab -automated - computer - study - vowel



مقدمة:

تعد الصوتيات من أهم العلوم الإنسانية التي انبثقت عن اللسانيات العامة، التي تعتمد على التجارب المخبرية منهجاً، منذ عشرينيات القرن الماضي تقريباً، عندما اعتمد الباحثون على الوسائل العلمية الجديدة والمبتكرة حين ذاك، في تحليل الأصوات فيزيائياً وفيزيولوجياً. حيث استفادت من تطور العلوم المختلفة، وعلى الخصوص من علمي الفيزياء والطبيعيات عموماً، وعلم التشريح منها على التحديد. لا شك الآن أن معلوماتنا عن أعضاء النطق علماً وتشريحاً، تفوق ما كان يعرفه الأقدمون عن ذلك، ومرد ذلك أننا نملك من وسائل الملاحظة والاختبار، ومن وسائل تسجيل وتحليل البيانات الدراسية ما لم يكونوا يملكون. ولعل أعظم اختراع عرفته الإنسانية في وقتنا الراهن، هو الحاسب الآلي الذي يمكن أن يقوم مقام المخبر الصوتي من خلال برامج خاصة software، متطورة ودقيقة أعدت لعلم الأصوات من أجل الدراسات والأبحاث المختلفة، تسمح بدراسة أكثر دقة وموضوعية، سواء في البحث الفيزيولوجي أو الفيزيائي، في سرعة ويسر، ليس هذا فحسب بل غدا ميدان دراسة الصوتيات التجريبية متاحاً للجميع من الباحثين والدارسين.

ونظراً لأهمية وفاعلية هاته البرامج الحاسوبية الآلية في دراسة الأصوات اللغوية أولاً، ثم لقلة الدراسات والأبحاث في هذا المجال ثانياً، اخترنا هاته الإشكالية موضوعاً لبحثنا هذا. والذي نروم من خلاله إلى تسليط الضوء أكثر على مقارنة حديثة في معالجة الأصوات اللغوية، ألا وهي المعالجة الآلية الحاسوبية، بدءاً بالتعريف أكثر ببرامج التحليل الآلي وأنواعها، ثم بكيفية خطوات المعالجة الآلية، ووصولاً إلى بيان أهمية الدراسة الآلية بغية حث الباحثين والدارسين على إعطاء أولوية أكبرى للدراسات الحاسوبية. وعلى الرغم من وجود العديد من الدراسات الصوتية الآلية، إلا أنها لم تتناول الكثير من خطوات البرنامج التحليلية في معظمها — فيما أعلم — كما أن كثيراً منها لم تجمع بين الدراسة النظرية والآلية جنباً إلى

جنب. ولتوضيح خطوات المعالجة الآلية الحاسوبية، عن كثب اخترنا مدونة صغيرة، ومحدودة علّها تناسب الورقات البحثية هذه، والتي وُثِّمناها بالدراسة الآلية الحاسوبية حركة الفتحة العربية — أمودجا — وقد أفلت علينا عناصر هذا البحث منهجًا، يجمع بين الدراسة النظرية والتطبيقية واقتضته فرضيات هذا البحث التالية: كيف تكون الدراسة الآلية لحركة الفتحة خصوصًا، وبالتالي للأصوات اللغوية عموماً ببرنامج (Praat)؟ وكيف يمكن أن يستفيد الدارسون من البرامج الآلية الحاسوبية؟ ولما نقشة قضايا بحثنا تلك، وكذا الإحاطة بعناصر الإشكالية أكثر، لابد من التطرق إلى مفاهيم صوتية أولية، لا مناص من تناولها في بداية كل دراسة بحثية كهاته.

1- مفهوم الدراسة الآلية وأنواعها:

لعل أول ما يجب التعرض إليه في مستهل أي دراسة كهذه، هو التطرق إلى بعض مفاهيمها الأولية ومصطلحاتها؛ ذلك لأنها هي مفاتيح العلوم، فهي تحدد معاني الدلالات المستعملة في ذلك الميدان وتوضحها، مثلما يُقال "من المهم توضيح المقصود بالمصطلحات المستعملة بالبحث حتى لا يُساء فهمها أو تُفهم بدلالة غير الدلالة الواردة في هذه الدراسة"¹، فالبحث في هذه الوسائل الآلية وطرق استخدامها، موضوعها الدراسة الصوتية التجريبية، حيث يُطلق على هذا العلم بصوتيات الأجهزة المخبرية instrumental phonetics²، مثلما استعملها اللساني الأمريكي لورنس تراسك Lawrence Trask في معجمه الصوتي، أما محمود السعران، فقد استعمل مصطلح "الدراسة الصوتية الآلية"³، ثم أخذ المخبر الصوتي، يتطور شيئاً فشيئاً مع مرور الوقت، فبعد أن كانت تلك الآلات المستعملة بسيطة، لا تتعدى الشوكة الرنانة وحجرات الرنين المتنوعة لدراسة النغمات المناسبة لأشكال تجويف الفم، وكذلك بعض المسجلات الميكانيكية البسيطة للذبذبات⁴.

لقد بات في وقتنا الراهن المخبر الصوتي يحتوي على وسائل غاية في الدقة والتطور، تسمح بدراسة أكثر موضوعية ومصادقية، سواء في البحث الفيزيولوجي أو الفيزيائي، بعدما دخل الحاسوب في العقود الأخيرة هذا المجال، حيث أصبح بالإمكان تثبيت برامج صوتيات متخصصة ورخيصة عليه توفر للباحث عناء التنقل والبحث المضي. إن الثورة الرقمية الحديثة تطورت بشكل مثير للدهشة، فامتدت إلى أنظمة آلية جديدة كالهواتف اللمسية، واللوحات المحمولة، والتي تحمل بداخلها برامج apk ومخابر صوتية، تُمكن من إجراء أعقد الدراسات الفيزيائية والفيزيولوجية، كما تسمح بالحصول على جميع التحليلات، والبيانات،

والإحصاءات الوافية، وعلى الرغم من حداثتها، فلقد تمكنت هذه البرامج من انتشارها، واشتهارها بين الباحثين والطلاب المتخصصين على حد سواء.

كما يوجد لكل دراسة صوتية أجهزة معينة تختص بها، فهناك الآلات الفيزيولوجية التي تُستخدم في دراسة مخارج الحروف وصيغاتها وتتبع مختلف حركات أعضاء النطق، أما الآلات الفيزيائية فتهتم بدراسة الصوت اللغوي أثناء انتقاله في الجو من المتكلم إلى المستمع، وهناك نوع ثالث يُطلق عليها بآلات إنتاج الأصوات الصناعية. وطالما أن مدار هذا البحث هو تحليل مخبري فيزيائي ببرنامج محدد، فلذلك سنقوم باستعراض لكل الآلات المخبرية بنوعها الفيزيولوجي والفيزيائي بإيجاز، ثم نركز على الدراسة الفيزيائية الحاسوبية بإسهاب كبير وهذا عرض عن تلك الوسائل:

1-1- أجهزة الدراسة الفيزيولوجية physiological instruments

تتوفر المخابر الصوتية على العديد من الأجهزة الفيزيولوجية، سنكتفي بذكر أشهرها:

- جهاز الرسم الحنجري Laryngograph جهاز الكتروني يقوم باستنتاج حالي الفتح والغلق للأوتار الصوتية، وتسجيل التردد الأساسي للأوتار الصوتية أثناء الكلام⁵.
- الكيموغراف الإلكتروني Electrograph يقوم بتسجيل تحركات العضلات النطقية، أثناء الكلام، كما يقوم برسم وقياس كمية جريان الهواء⁶.

- الأحناك الصناعية Artificial Palates يُحدد مواضع التقاء اللسان مع سقف الحنك.
- أشعة أكس X Ray تُستخدم الأشعة السينية في تصوير أعضاء الجهاز الصوتي أثناء النطق. ونظرا لخطورة الأشعة... فإن هذه الطريقة لم تعد تلقى استحسانا كبيرا من علماء الأصوات⁷.

2-1- الدراسة الفيزيائية Acoustic Instruments

تطورت الأدوات الفيزيائية والمعروفة بالآلات الأكوستيكية وتعددت كثيرا، في المدة الأخيرة، حيث تقوم بدراسة وتحليل إما ذبذبات الصوت أو تقوم برسم طيفي لها، ومن هاته الأجهزة نذكر:

- راسم الذبذبات Oscillograph " ويقوم بتسجيل مرئي لذبذبات الأصوات. وقد زُود مؤخراً بفيلم صوتي ومرشح، وراسم طيفي ومكثف كلامي⁸.

- المطياف أو الراسم الطيفي Spectrograph يعتبر الراسم الطيفي، من أفضل الأجهزة في مجال الصوتيات الأكوستيكية، لأن الأجهزة الأخرى لا تقدم كل التفاصيل المتعلقة بالصوت، بينما يمكن للمطياف أن يقدم أبعاد عديدة للصوت المرسوم: كالتردد، والشدة، والزمن⁹. حيث يُظهر الزمن في خط

أفقي، والتردد في خط عمودي محدد مقياسه بين 0-8000 هرتز أو بين 0-5000 هرتز كما هو موجود في بعض البرامج. أما الشدة فتبدو على شكل بقع متفاوتة السواد¹⁰. كما ظهرت مؤخرا برامج حاسوبية، تجمع بين وظيفة البرنامجين السابقين، إذ يكفي تثبيت برنامج صغير software فيه، وتزويده ببعض الملحقات hardware والمدونة الصوتية المراد تحليلها حتى يعمل بكفاءة عالية جدا. ومن ضمن البرامج الحاسوبية العديدة نذكر منها على سبيل المثال: Cool edit pro، و sound forge، wave surfer، وبرات Praat.

2- منهجية التحليل الحاسوبي الفيزيائي وإجراءاتها

ولأجل إجراء الدراسات المختلفة من تحليلات ومقارنات، نحتاج إلى أجهزة مخبرية للقيام بالتجارب المختلفة؛ سواء أكانت الفيزيولوجية أم الفيزيائية، وإلى مدونة صوتية محدودة وواضحة. فهي مرحلة هامة وخطوة إجرائية لا بد منها، " وهي الطريقة التي يجب فيها الباحث عن أسئلة الدراسة أو يختبر فيها فرضياتها... ويمثل تصميم الدراسة عنصرا مهما في الطريقة والإجراءات"¹¹ ولذلك سنعتمد على برنامج Praat التطبيق الحاسوبي المخبري في ذلك.

2-1- التعريف ببرنامج الدراسة:

برات Praat* وهو البرنامج الحاسوبي الذي اعتمدنا عليه للقيام بالتجارب الفيزيائية المختلفة، حيث يقوم مقام المخبر الصوتي، واختارناه نظرا لأنه يجمع بين وظائف البرنامجين السابقين في المقام الأول، بالإضافة إلى كونه مجاني، يمكن استعماله دون قيود وحقوق، وتعني برات باللغة الهولندية- تكلم - البرنامج برات هو برنامج حاسوبي متطور جدا، صُنع خصيصا منذ سنة 1992 لأجل الدراسات الصوتية، في جامعة أمستردام الهولندية، من طرف (Paul Boersma، David Weenink) بول بورسما ودفيد فينيك، وهما أستاذان وباحثان في معهد الأصوات واللسانيات التطبيقية في جامعة أمستردام، وفي إطار عمل مشترك بين الباحثين من جهة والجامعة الهولندية من جهة ثانية، قاما بتحقيق الفكرة وتنفيذها في الواقع. حيث قاما على اختراع هذا البرنامج المخبري الصوتي وتطويره ولا يزالان يعملان على تطويره وتحسينه حتى الآن. وهو أشمل البرامج مثلما يزعم صاحبه " ربما هو أفضل البرنامج الصوتية المتكاملة، والمتاحة عالميا حاليا، التي يعتمد عليها الباحثون في أبحاثهم"¹²، للتذكير فإن هذا البرنامج يعمل على أنظمة تشغيل عديدة كويندوز وماك وحتى الأنظمة الجديدة مثل لينيكس وأندرويد.

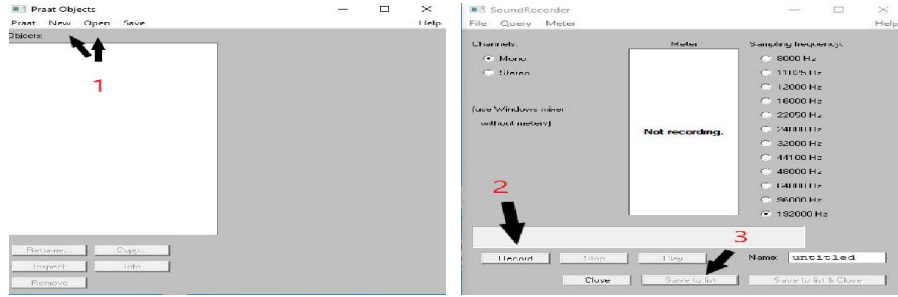
2-2- نوافذ البرنامج الرئيسية:

بمجرد النقر مرتين على أيقونة برات -اللسان الأحمر - شكل (1) تنبثق ثلاث نوافذ رئيسة من برنامج برات: نافذة (About)، وهي حول البرنامج تُظهر رقم النسخة، وموقع البرنامج... إلخ شكل (2)، أما نافذة (Praat objects) وهي واجهة الكائنات شكل (3)؛ فتحتوي على أربعة نوافذ، ثم نافذة (sound...) وهي صوت المدونة المسجل، ونافذة التطبيقات الأساسية المختلفة والتي تحتوي على عشر نوافذ تظهر بشكل أفقي فوق الصورة الذبذبية والطيفية.



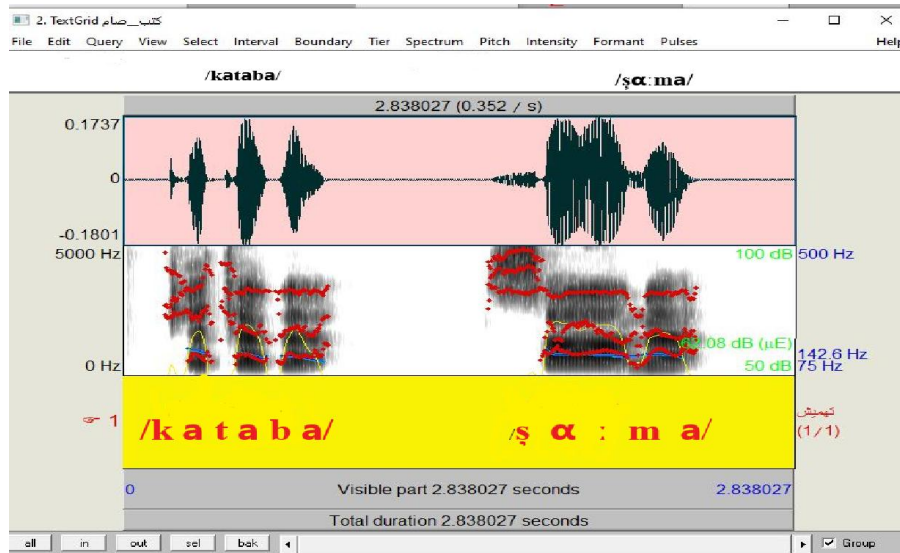
شكل (1) واجهة البرنامج
 شكل (2) حول البرنامج: (v.6.0.22) شكل (3)
 الإجراءات الحاسوبية المخبرية:
 2-3-1 تسجيل المدونة الصوتية:

نقوم بتسجيل الملف الصوتي مباشرة على ميكروفون البرنامج، حيث نضغط مرة واحدة بزر الفأرة الأيسر على جديد New، أو open إذا ما كان هناك ملفا صوتيا محفوظا من قبل، شكل (3) من شريط القوائم، لتظهر لنا قائمة منسدلة نختار Record mono sound ومن هاته القائمة نضغط على زر Record شكل (4)، لكي نبدأ بتسجيل كلمات المدونة التي اخترناه للدراسة: الفتحة المرققة: في كَتَبَ /kataba/، والمفخمة والطويلة في: صام /ṣā:ma/.



شكل: (4) نافذة الميكروفون. شكل: (3) نافذة الكائنات (Praat Objects)

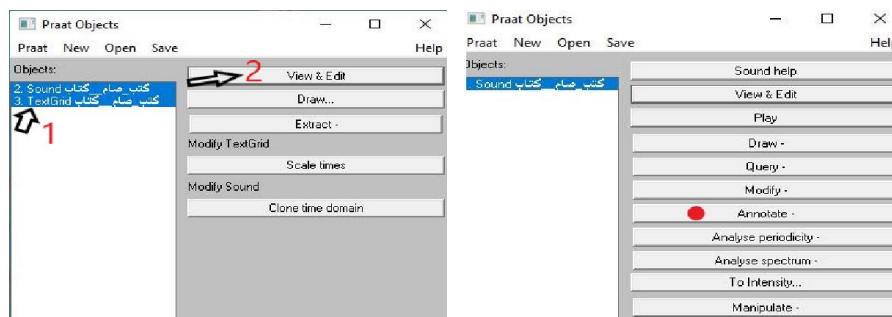
فيظهر الملف الصوتي للمدونة الذي قمنا بتسجيله بمسجل البرنامج، ثم نسميها بما نشاء.....sound. ثم نحفظ الملف (save). وقد اعتمدنا على الرمز الصوتي رقم (5) من الأبجدية الصوتية العالمية للفتحة المفتحة، مثلما يراه بعض المتخصصين،¹³ كمقارب للفتحة المفتحة العربية؛ رغبة منا في استعمال الرموز الصوتية الموحدة.



شكل: (5) تهميش annotation لمدونة كلمات الفتحة.

2-3-2 استخراج بيانات حركة الفتحة الطيفية الفيزيائية:

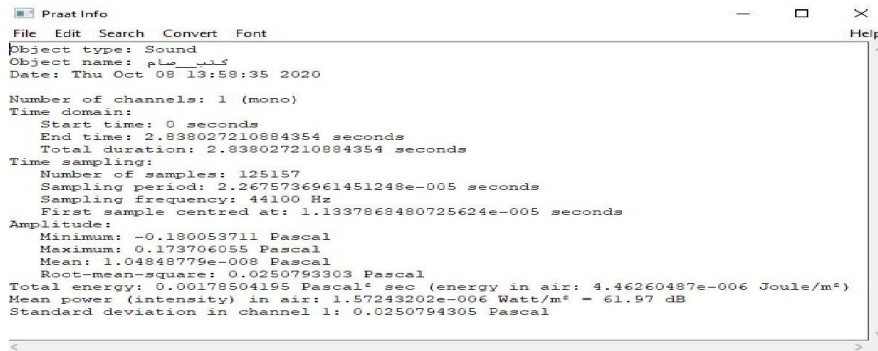
نقوم بإنشاء ملف التهميش text grid بالضغط على نافذة annotate من القائمة المنبثقة شكل (6)، فيخرج الملف text grid، بعد ذلك نسحب الملف هذا مع ملف المدونة حتى يزرقا ثم نضغط



على يسار الماوس على view & edit شكل (7)، فتنبثق نافذة المدونة من اليسار الفتحة المرققة: في كُتِبَ، ثم المفحمة والطويلة في: صام. ثم نقر على نافذة help الموجودة في أقصى اليمين من الشكل (Praat Picture)، وذلك لنقوم بالكتابة الصوتية لكلمات المدونة، من القائمة المنسدلة نختار العنوان الفرعي الرابع phonetic symbols، والذي يتضمن الرموز الدولية للمنظمة الصوتية العالمية (IPA) ، نكتب التهميش ليظهر في الطبقة الصفراء (tier) شكل (5).

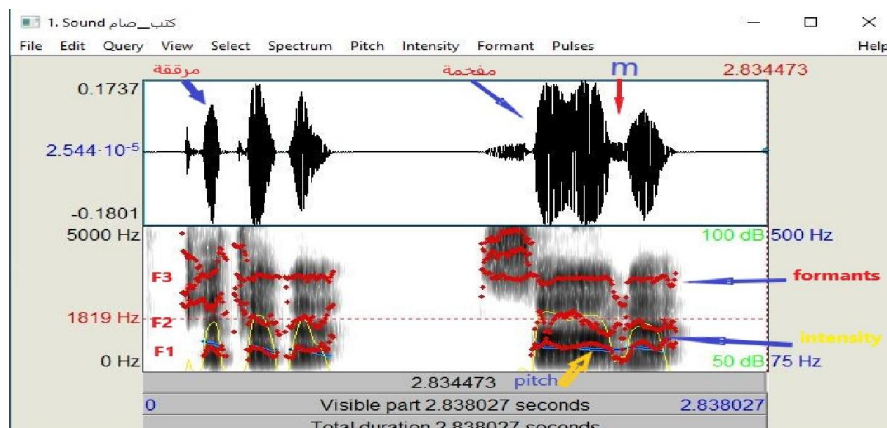
شكل: (6) استخراج ملف. textgrid شكل (7): ملف textgrid والمدونة
2-3-3- تحليل بيانات حركة الفتحة الطيفية:

إذا كانت مدونة الكلمات التي بين أيدينا هي عبارة عن مجموعة أصوات، والصوت بدوره يتكون من عناصر متعددة؛ نفسية، فيزيولوجية فيزيائية ولا يمكن معرفة خصائص ومميزات أي صوت إلا من خلال دراسة مكوناته المختلفة كطول موجته، شدته، وتردده بالهرتز وما إلى ذلك، فلذلك سنقوم بجمع كل البيانات المتعلقة بالمدونة واستخراج المعطيات الصوتية أولاً، سواء أكانت رسوم طيفية أو قيم فيزيائية، ثم دراستها وتحليلها ولا يتسنى ذلك إلا باستعمال مخبر أو برنامج حاسوبي — كبرات — هذا.



شكل: (7) داتا المدونة praat info عليها التاريخ، الزمن، المدى.

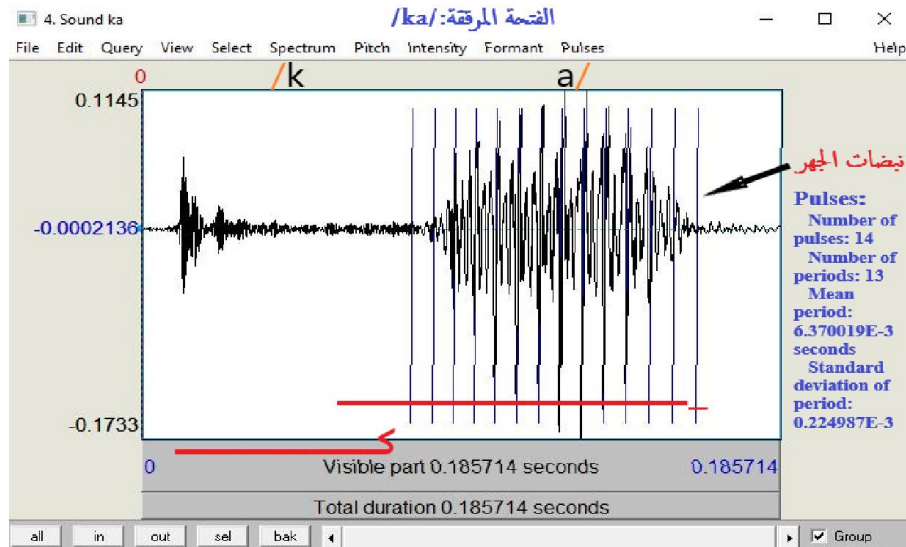
ولاستخراج المعلومات العامة، حول الملف الصوتي praat info، نقر على النافذة query من واجهة الملف الصوتي شكل (8)، فيظهر تاريخ، ومدة التسجيل الصوتي بالثواني، الذي كان 2.838 ثواني شكل (7)، أما الصورة الطيفية spectrogram ذات الواجهتين، فتُظهر الواجهة العلوية شكل (8) لأبعاد الموجة على شكل ذبذبات waveform سعتها Amplitude تراوحت من ناقص 0.180 إلى 0.1737 Pascal ، ويمكن أن نرى امتداد قيمها بالأرقام على يسار النافذة



عمودياً باللون الأسود، كما تُظهر الصورة الذبذبية الفروق الكبيرة لنفس الفونيم عندما يكون في سياقات مختلفة، فمثلاً الفتحة في مقطع /ka/ من كتب، تظهر أقل عرضاً وسعة؛ أي صغيرة بالمقارنة مع الفتحة الموجودة بعد الصاد من كلمة صام في مقطع /ṣa/ ينظر شكل (8) من الصورة الذبذبية.

شكل (8): صورة طيفية عليها: البواني، الشدة، والتردد الأساسي.

كما يمكن التعرف بدقة على عدد الذبذبات Number of pulses في الأصوات المجهورة، وذلك عندما ننقر على النافذة pulses من واجهة الملف الصوتي شكل (9)، فنلاحظ فيها خطوطاً زرقاء عمودية دلالة على الجهر في الأصوات المجهورة كالحركات، حيث كل خط يساوي نبضة في كل جزء من المثلثانية، ثم ننقر على show pulses من النافذة المسدلة، لتظهر جميع بيانات Praat info، للتعرف على عدد تواتر ونبضات الحنجرة بالضبط حال إنتاجها للحركة.



شكل (9): عدد النبضات المسجلة ببرات، في حركة الفتحة من المقطع الأول في كتب.

أما الواجهة الثانية السفلية فتعكس الخصائص الفيزيائية الدقيقة والمميزة للصوت، في منحنيات أفقية بألوان مختلفة، فالمنحنى الأصفر يمثل الشدة intensity ، والأزرق يعكس الجهر؛ أي مواضع تردد الحنجرة pitch، أما المنحنى الأحمر المتقطع على شكل نقاط فيعكس قيم البواني formants؛ أي مكان حدوث كل صوت من الجهاز النطقي. إذ يمتد من أضعف تردد إلى أعلى تردد بمقياس الهرتز، الذي يظهر على اليسار عمودياً في الواجهة الثانية ما بين 0 إلى 5000 هرتز، كما يمكن أن نشاهد أيضاً

الطاقة المبذولة من الجهاز النطقي أثناء إنتاج الصوت المجهور في شكل سواد مظلم ، أما إذا كان الصوت الملتقط خافه وضعيفا، فيمكن أن نغير في إعدادات الصورة الطيفية ونرفعها إلى أعلى قيمة حتى تظهر جلية مثلا إلى 6000 هرتز أو أكثر، وذلك بالنقر على spectrum من شريط القوائم الأفقي للصوت شكل (8)، ومن النافذة المنسدلة ننقر فوق spectrogram فتخرج نافذة فنكتب القيمة التي نريد. للإشارة فإنه يمكن الحصول على أي قيمة تعكسها الصورة الطيفية بطريقة مباشرة أخرى، وذلك بالنقر على الصورة برأس الماوس cursor في المكان الذي نحدده.

هذه فقط بعض المعلومات السطحية عن الصورة الطيفية، وسنعود بتفصيل أكثر لتلك العناصر، عندما نقوم بتحليل الخصائص الفيزيائية المميزة للفتحة على حدة.

4- الخصائص الفيزيائية المميزة لحركة الفتحة:

لعل أفضل بداية نتكلم فيها عن وصف الحركة العربية، هو تقديم ما ذكره المتخصصون، من الناحية النطقية الفيزيولوجية البحتة يقول أحدهم الفتحة صائت وسطي قصير، تُكتب الفتحة حسب الرموز العالمية (a)، وهي قريبة في تصنيف جونز إلى الرقمين (4) و(5)... لكنها ليست مثل ما وصف جونز، لأن اللسان مع الفتحة العربية يكاد يكون مستويا في قاع الفم مع ارتفاع خفيف في وسطه¹⁴. ولتقديم الوصف الحاسوبي الفيزيائي لحركة الفتحة، لابد من تقديم تحليل البيانات المختلفة المسجلة للخصائص الأساسية المميزة لها.

مقطع الفتحة	الزمن بالثانية	متوسط الشدة dB	المدى Pascal	البواني Hz : F1	النبر Hz
ka / كتب	0.074 (قصير)	59.700	0.1764- 0.1661 إلى	521.114	148.06
/ʃɑ:/ صام	0.358 (طويل)	51.01	0.1800- 0.1737 إلى	682.627	137.806

جدول (1) يلخص قيم الفتحة في مقطع قصير وآخر طويل.

4-1 شدة الصوت intensity:

الشدة مصطلح فيزيائي لقياس الصوت، إذ يعبر عن سمات القوة والتأثير، الذي يميز الأصوات فيما بينها. فهي " كمية الطاقة الكامنة في الموجة الصوتية، والتي تُقاس بالديسيبال decibels وإدراكها مرتبط

بعلو وارتفاع الصوت¹⁵، وللحصول على بيانات شدة حركة الفتحة؛ نحدد المقطع /ka/ من كتب أولاً، ثم نضغط على أيقونة Intensity ومن القائمة المنسدلة نختار Show intensity، فنظهر لنا الشدة في التحليل الطيفي على شكل منحى أصفر رفيع: شكل (8)، حيث كان معدل شدة حركة الفتحة، في المقطع الأول هو 59.86 dB، هذا المقياس الذي يبدأ من 0←100dB و سمة الشدة تسم الصوت المجهور دون المهموس، حيث يجعله يمتاز بالوضوح السمعي sonority، مما يجعله غير ملتبس ببقية الأصوات. ثم نقوم بذات الشيء مع المقطع المفخم، وهذه أول صفة تميز الحركة عمومًا، وللتعرف على السمات الأخرى لابد من تناول الخصائص المتبقية.

4-2 - النبر Pitch:

ويطلق عليه بالنبر نظرًا لبروزه ووضوحه السمعي، وللوصول لبيانات النبر المتعلقة بالفتحة، نحدد أولاً المقطع على النافذة الطيفية برأس الماوس، ثم نضغط على Pitch في النافذة الرئيسية للصوت، ثم من القائمة المنسدلة ننقر على get minimum pitch، فتظهر ترددات حركة الفتحة كصوت مجهور على طول خط نقطي أزرق اللون ومستقيم أفقيًا، شكل (8)، بمعدل ثابت بلغ 149.380Hz على 500Hz، ويتعلق التنغيم بالرنين resonance الصادر بسبب اهتزاز الأوتار الصوتية مع الأصوات المجهورة عمومًا، حيث كلما كان معدل التنغيم ضعيفًا كان عميقًا وواضحًا ومسموعًا، وذلك بسبب حدوثه في أقرب نقطة رنينية من الحنجرة. وهو ما يُعرف صوتيًا. fundamental frequency (F0) "وكلما كانت الترددات مرتفعة كان الصوت أقل وضوحًا، وذلك بسبب سرعة اهتزاز الحبال الصوتية" the vocal folds¹⁶، وهو عكس حركة فتحة الصاد المطبقة في المقطع الأول /sa:/ من كلمة صام، حيث كان معدل ترددها 137.877 Hz وبالتالي جاءت مفخمة، والصوت المفخم يكون أكثر وضوحًا، كما هو معلوم. لذلك فهو سمة جمالية تميز الصوت المنبور عن بقية الأصوات.

4-3 - البواني formants:

إذا كانت الخصائص السابقة تتعلق بنوعية الصوت وصفاته، فإن البواني ترتبط بمواضع وهيئات نطق الأصوات على طول الجهاز النطقي. وتُظهر الصورة الطيفية معالم البواني على شكل طبقات من النقاط الحمراء والمتدرجة أفقيًا، شكل (8) "ورنين resonance الأوتار الصوتية هو الذي يسمى Formants¹⁷، وللحصول على قيم البواني العديدة بتعدد الحجات الرنينية، ننقر على النافذة Formant في شريط قوائم الصوت لحركة الفتحة، ومن النافذة المنسدلة نضغط get formant

listing فينبثق ملف بقيم البواني F1, F2, F3, 4، إلا أن الثلاث الأولى هي الأهم التي تخضع للتحليل لدى المتخصصين، وكل بانية تتعلق بمنطقة وهيئة معينة، فالبانية الأولى F1 مثلا ترتبط بموضع حركة اللسان انخفاضاً وانسباً في الحجرة الفموية، فكلما كان اللسان مرتفعاً قلت قيمة البانية والعكس صحيح، وقياس البواني يكون بالهرتز، أما F2 فتربط بحركة اللسان الخلفية والأمامية¹⁸، ولا يمكن أن أقدم معلومات كبيرة، عن كل بانية نظراً لأن هذه الدراسة هي تعليمية بالدرجة الأولى، لكيفية استعمال البرنامج الحاسوبي فحسب، ولا يتسع المقام لأكثر من ذلك.

وللتعرف على كثير من حيثيات حركة الفتحة من الناحية الفيزيائية، يكفي فقط ملاحظة البانيتين f1، f2؛ فمثلاً انخفاض وتقارب قيم هاتين البانيتين جدول (1)، يدل على انخفاض اللسان في تجويف الفم، وهو ما يؤكد معظم الباحثين في علم الأصوات في وصف الحركة العربية، أما فيما يخص الارتفاع النسبي الملحوظ في قيم البواني من مقطع / α : β / في صام، مقارنة بالمقطع /ka/ من كتب، من نفس الجدول، فذلك كان بسبب التفخيم الموجود في المقطع الأول من صام لوجود الإطباق في صوت الصاد. كما لاحظنا أيضاً ارتفاعاً في جميع القيم، المتعلقة بالعوامل الفيزيائية الأخرى المؤثرة في تشكيل حركة الفتحة المطبقة عموماً، إذ كان متوسط قيمة الشدة 55.58 Bd مرتفعة قليلاً بالمقارنة مع الفتحة المرققة، والناظر لأول وهلة في الجدول (1) قد لا ينتبه إلى أن مقطع الحركة المطبقة طويل، ولذلك جاءت قيم الشدة والنبر مرتفعة بالنسبة للحركة القصيرة.

5- خاتمة:

علم الأصوات من العلوم التي تطورت كثيراً، وأثبتت جداتها بين العلوم الإنسانية، واقتربت جداً أو كادت من نتائج العلوم الدقيقة، ولعل الفضل يعود في ذلك لما قدمته الثورة التكنولوجية، وخاصة الحاسوبية في العقدين الأخيرين، ببرامجها التي هيئت للباحثين وللدارسين دراسة علم الأصوات في كل يسر. وخير دليل على ذلك البرنامج الحاسوبي Praat الذي استعرضنا كثيراً من خدماته في التحليل الصوتي هذا، كما ووقفنا على العديد من مزاياه، وهذه بعض النتائج عن فوائد الدراسة الحاسوبية بهذا البرنامج:

- سهولة استخدامه؛ فهو مجاني ومفتوح المصدر إذا به واجهة المساعدة help، فيها كل التفاصيل، كما أنه مرن الاستعمال ذلك لأنه يمكن أن يشتغل على كل الأنظمة الحاسوبية تقريباً؛ كويندوز وماك وحتى الأنظمة الجديدة.

- يقدم للباحث كل البيانات والإحصاءات وحتى الخرائط الصوتية، من خلال الضغط على Praat info والمتعلقة بكل عنصر صوتي.

- من خلاله يمكن للباحث أن يقوم بتسجيل، وتركيب، ودمج وحذف أي جزء صوتي من المدونة، ولا داعي لإعادة تسجيل صوتي جديد. كما يمكن إنشاء صور عالية الجودة والدقة لإدراجها في أطروحات التخرج، والمقالات العلمية أيضًا.

- يمكن الباحث من الكتابة الصوتية العالمية مباشرة من البرنامج ذاته، كما يمكنه إدراج التعليقات والتهميشات على واجهة الصور والخرائط، وبكل خطوط الوارد وبألوانه وحجمه المختلفة.

أما فيما يخص نتائج الدراسة الحاسوبية الآلية المتعلقة بحركة الفتحة العربية فيمكن أن نجعلها في التالي:

- يلاحظ تقارب في قيم البانيتين الأولى والثانية، مما يدل على انخفاض اللسان في تجويف الفم، وهو ما يوافق وصف القدامى والمحدثين في علم الأصوات بالنسبة لحركة الفتحة العربية.

- لا فرق بين الحركة القصيرة والطويلة إلا من حيث المدة الزمنية.

- يكون معدل الشدة والنبر مرتفعًا في حركة الفتحة المطبقة قليلًا، بالمقارنة مع الفتحة المرفقة. مما يجعلها أكثر وضوحًا وسماعًا.

أما فيما يتعلق بالمقترحات الختامية لوريقات هذا البحث، فإنه من الضروري الاستفادة القصوى من مخرجات هاته المعالجات الآلية والحاسوبية كإبراز أو غيرها، من أجل قراءة جديدة في أصوات لغتنا العربية، ذلك لأن دراستنا القديمة تم تحليلها ووصفها وفق منهج سماعي بحث، وكما هو معروف أن الأذن تلتقط الأصوات بالخطأ أحيانًا، وخاصة فيما تعلق بالأصوات المهموسة والمتقاربة، عكس البرنامج الآلي الذي يلتقط الأصوات بكل أمانة.

وقد حاولنا في هذا المقال المتواضع الإجابة عن السؤال الرئيسي للإشكالية، ألا وهو كيفية استخدام البرنامج الحاسوبي والاستفادة منه في الدراسات الصوتية. إلا أن محدودية أوراق البحث هذا حالت دون تغطية العديد من جوانبه، مما يترك الباب واسعًا لمزيد من البحوث والمقالات للباحثين والدارسين في المستقبل.

هوامش:

- ¹ -العزاوي رحيم يونس، منهج البحث العلمي، دار دجلة، عمان، ط1، 2008، ص50.
- ² -R. L -Trask, A dictionary of phonetics and phonology, Taylor & Francis Routledge, uk,1996, p181
- ³ - محمود السعران، علم اللغة مقدمة للقارئ العربي، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت 1962، ص 89.
- ⁴ - يُنظر: أحمد مختار عمر، دراسة الصوت اللغوي، عالم الكتاب، 28 عبد الخالق ثروت، القاهرة، 1997. ص54.
- ⁵ -Ibid: R. L -Trask, A dictionary of phonetics and phonology, p 197.
- ⁶ - يُنظر: أحمد مختار عمر، دراسة الصوت اللغوي، ص58. يُنظر أيضا: - محمود السعران، علم اللغة مقدّمة للقارئ العربي، ص109.
- ⁷ - منصور محمد الغامدي، الصوتيات العربية، مكتبة التوبة، الرياض، الطبعة الأولى، 2001، ص181.
- ⁸ - يُنظر: أحمد مختار عمر، دراسة الصوت اللغوي، ص55.
- ⁹ - يُنظر الغامدي، الصوتيات العربية، ص183، 184.
- ¹⁰ - محمد منصف القماطي، الأصوات ووظائفها، منشورات جامعة الفاتح، الطبعة الثانية، طرابلس، 1986، ص34.
- ¹¹ -العزاوي رحيم يونس، منهج البحث العلمي، ص51.
- * - برات Praat هو برنامج مجاني متوفر على الموقع الإلكتروني: www.praat.org، وبكل النسخ والنسخة المستعملة في هذا البحث نسخة من الجيل الأخير (V: 6.0.22)، يُستعمل برات أساسا في مجال الصوتيات والفونولوجيا، لكنه يستعمل بشكل واسع في ميادين أخرى تتعلق باللسانيات، وكذا علوم أخرى كعلم النفس والأنثروبولوجيا وعلوم البحار والموسيقى.
- ¹² - Boersma, P., & Van Heuven, V. (2001). Speak and unSpeak with PRAAT. Glot International, 5(9/10),p 345.
- ¹³ - يُنظر كمال بشر، علم الأصوات، دار غريب للطباعة والنشر القاهرة، 2000، ص 230.
- * - المنظمة الصوتية العالمية (International Phonetic Association) أو (IPA) اختصارًا، وهي جمعية دولية تضم علماء أصوات من مختلف بلدان العالم، وضعت رموزًا صوتية أو أبجدية صوتية عالمية، موحدة تمكن جميع اللسانيين - بغض النظر عن انتماءاتهم اللغوية واللهجية- من التعرف على الأصوات اللغوية لأي لغة بشرية من هذا العالم، حيث يعكس كل رمز فيها صوتا لغويا، بما يناسب صوت كل لغة أو لهجة.
- ¹⁴ - عصام نور الدين، علم الأصوات اللغوية الفونيتيكا، دار الفكر اللبناني، بيروت، ط1، لبنان، 1992.
- ¹⁵ -R. l Trask, A dictionary of phonetics and phonology p181.

¹⁶ Ibid.p278

¹⁷ – Peter Ladefoged and Sandra Ferrari Disner ،Vowels and Consonants, third edition, 2012, uk. p34

¹⁸ – سمير شريف إستيتية، الأصوات اللغوية رؤية عضوية ونطقية وفيزيائية، دار وائل للنشر، عمان، الأردن، الطبعة الأولى، 2003، ص 314.