حوليات آداب عين شمس المجلد 53 (عدد يوليو – سبتمبر 2025)
http://www.aafu.journals.ekb.eg
(دورية علمية محكمة)
جامعة عين شمس
كلية الآداب

مراتب الأصوات الاحتكاكية
دراسة فيزيائية

أ.م.د. آية علي ناصر محمد*

جامعة بغداد/ كلية التربية ابن رشد/ قسم اللغة العربية/ دكتوراه لغة عربية
aya.ali@ircoedu.uobaghdad.edu.iq

تاريخ الاستلام: 2025/03/10
تاريخ قبول البحث: 2025/06/01
تاريخ النشر: 2025/09/30

المستخلص:

تُعنى هذه الدراسة بالوقوف على صفة الاحتكاكيَّة التي تنماز بها مجموعة من الأصوات في العربيَّة، ونعني بهذه الصفة احتكاك الهواء من خلال الأعضاء المنتجة للصوت الاحتكاكيّ؛ بسبب ضعف الاعتماد على موضع خروجه وعدم إحكامه. وستحاول الباحثة من خلال هذه الدراسة رصد التفاوت في اكتساب الأصوات لهذه الصفة، ووضع تسلسل صوتيّ لها، وذلك استنادًا إلى معطيات الدراسة الفيزيائيَّة الذبذبيَّة والطيفيَّة، إذ جرى الحصول على عينة صوتيَّة للأصوات الاحتكاكيَّة من القرآن الكريم، ومعالجتها بالاعتماد على برنامج برات والادوب أدشن، لرصد طاقة هذه الأصوات وقيمة ذبذباتها الاهتزازيَّة، وقيمة بوانيها، ومدة الزمن المستغرق للنطق بها. وقد انتهت الدراسة التجريبيَّة إلى أنَّ الزمن المستغرق للنطق بصوت الهاء كان الأطولمن بقية الأصوات الاحتكاكيَّة، إذ بلغ (0.451)؛ ويمكن تعليل ذلك باتساع حجرة النطق بهذا الصوت، مما يشير إلى وجود علاقة بين اتساع الحجرة الصوتيَّة وطول زمن النطق بالصوت؛ بسبب ضعف الاحتكاك بمخرج الصوت. في حين كان الزمن المستغرق للنطق بالثاء هو الأقصر، إذ بلغ (0.131). وأنَّالأصوات الاحتكاكيَّة المجهورة (الغين، الظاء، الذال، الزاي) فاقت طاقتها الأصوات الاحتكاكيَّة المهموسة، وأدناها طاقة صوتا الفاء والثاء. استطاعت الباحثة بالاستناد إلى معطيات الدراسة الفيزيائيَّة ترتيب الأصوات بحسب درجة احتكاكيتها استنادًا إلى معدل درجات البواني لكل صوت، وهو على النحو الآتي: **(السين، الزاي، الثاء، الصاد، الخاء، الشين، الظاء، الفاء، الذال، الغين، الحاء، الهاء)**، وقد وافق هذا الترتيب التسلسل الذي وضعه الدكتور أنيس لمراتب الأصوات الاحتكاكيَّة، إذ حافظت الأصوات الصفيريَّة (الزاي، السين، الصاد) على الصدارة في معدل ترددها في البواني جميعها، فضلًا عن (الشين، الثاء)، و(الظاء، الفاء، الهاء)، لكن يلحظ تقدُّم الثاء على الصاد، وذلك لاتصاف الصاد بالإطباق، فضلًا عن تقدم الخاء على (الظاء، الفاء، الذال).

© جميع حقوق الطبع والنشر محفوظة لحولية كلية الآداب – جامعة عين شمس 2025.

المُقدِّمة:

يبقى المجال الصوتيّ خصبًا يتيح للدارسين فيه طرح الكثير من التساؤلات الصوتيَّة، والاجتهاد في الإجابة عنها، وكان منهج المتقدمين في ذلك قائم على الملاحظة الذاتية وتذوق الأصوات،وما يزال هذا المنهج سائدًا في البحث الصوتيّ العربيّ إلى وقتنا الحالي..

وقد بذل الأصواتيون جهودًا حثيثة في البحث عن أساليب أكثر دقة وموضوعيَّة في نتائجها للوقوف على الظواهر الصوتيَّة المدروسة، فظهرت اتجاهات جديدة تدعوا إلى الاستعانة بالعلوم الأخرى كالفيزياء والطب، ومحاولة تسخير أدواتهم بما يخدم البحث الصوتيّ، فتوجّهت جهود العلماء صوب دراسة الذبذبات والموجات الصوتيَّة الناتجة عن حركة أعضاء النطق وتحليلها للوقوف على الظواهر الصوتيَّة،وقد توصلوا في هذا الجانب إلى نتائج كثيرة اغنوا بها البحث الصوتيّ.

ومن الظواهر الصوتيَّة التي عني العلماء بدراستها صفة الاحتكاكيَّة، التي انمازت بها مجموعة من الأصوات في العربيَّة، إذ استند علماؤنا في دراستها ورصد طبائعها ومظاهرها إلى الجانب الفسيولوجيّ النطقيّ، فوجدوا أنَّ الأصوات الاحتكاكيَّة تتفاوت في درجة اكتسابها لهذه الصفة، وقد حاول بعضهم وضع تسلسل بمراتب هذه الصفة قوةً وضعفًا استنادًا إلى طبيعتها النطقيَّة والمخرجيَّة.

انطلاقًا من ذلك تحاول الباحثة من خلال هذه الدراسة الإجابة عن تساؤلين صوتيين هما: هل بالإمكان وضع تسلسل صوتيّ لصفة الاحتكاكيَّة، وهل بالإمكان رصد هذا التسلسل من خلال معطيات الدراسة الفيزيائيَّة؟

استعانت الباحثة للإجابة عن هذه الفروض الصوتيَّة بعينة من القرآن الكريم، تتضمن كلمات قرآنيَّة وردت فيها الأصوات الاحتكاكيَّة ساكنة، وقد جرى قطع هذه الكلمات الصوتيةً باستعمال برنامج الأدوب أدشن، وهو أحد برامج هندسة الصوت، ثم جرى عرض العينات الصوتيَّة المقطوعة على برنامج برات، وهو أحد البرامج الصوتيَّةالتي تُعنى بتحليل الموجات الصوتيَّة وتزويدنا بنتائج ذبذبيَّة وطيفيَّة للعينات الصوتيَّة المدروسة، بما تتضمنه من مظاهر متعددة، كالشدة والتردد والزمن وغير ذلك.

وستتضمن الدراسة ثلاثة مباحث، عني الأول منها ببيان مفهوم الدراسة الفيزيائيَّة للأصوات، وتناول الثاني: الأصوات الاحتكاكيَّة بين القدماء والمحدثين، وتناول الثالث: مراتب الأصوات الاحتكاكيَّة.

هدف البحث:يهدف البحث إلى الإجابة عن فرضين صوتيين هما: هل بالإمكان وضع تسلسل صوتيّ لصفة الاحتكاكيَّة، وهل بالإمكان رصد هذا التسلسل من خلال معطيات الدراسة الفيزيائيَّة؟

منهج البحث:اعتمدت الباحثة على المنهج الوصفيّ والتجريبيّ، وذلك من خلال وصف الأصوات الاحتكاكيَّة بالاستناد إلى المعطيات الذبذبيَّة والطيفيَّة التي نحصل عليها من خلال الدراسة الفيزيائية التي تمثل أحد المناهج التجريبيَّة في اللغة العربية.

المبحث الاول: الدراسة الفيزيائيَّة للأصوات:

إنَّ دراسة الصوت من منظور الصوتيات الفيزيائيَّة ينقل لنا مفهومًا جديدًا للصوت يختلف عن تعريف الأقدمين له، إدراكًا لهذه الحقيقة عرَّف أنيس الصوت بأنه: " ظاهرة طبيعية ندرك أثرها دون أن ندرك كنهها"[1]

وقد استطاع علم الأصوات الفيزيائيّ الوقوف على كنه الصوت من خلال رصد مجموعة من المعطيات الصوتيَّة التي تتصل به،كالذبذبة، والموجة، والتردد، والشدة (الطاقة الصوتيَّة)، ومستوى الطاقة التنغيميَّة، والزمن،وغير ذلك[2].

وقد أحدث علم الأصوات الفيزيائيّ–أو ما يسمى أيضًا بالأكوستيكيّ– ثورة كبيرة في مجال الدرس الصوتيّ من خلال اعتماده على آليات ووسائل جديدة لدراسة الأصوات ظهرت ثمارها من خلال ما يأتي[3]:

– المعالجة الرقميَّة للكلام، وإمكانية تحويل الكلام المنطوق إلى كلام مكتوب آليًا.

– تفسير بعض أنواع التطور التي لحقت بعض الأصوات بالاستناد إلى التحليل الفيزيائيّ لها.

– تعديل مناهج الدرس وطرائقه، فضلًا عن التغيير في الآراء والانطباعات السابقة عن الأصوات.

– تأييد بعض الحقائق التي توصل إليها العلماء قديمًا، ودحض بعضها الآخر،إذ أثبتت الدراسات الصوتيَّة الفيزيائيَّة أنَّ صوت القاف ومعه الطاء والهمزة أصوات مهموسة وليست مجهورة –كما اقرّ علماؤنا قديمًا–، وذلك بالاستناد إلى التحليل الطيفيّ والذبذبيّ الذي لم يُظهر نشاطًا للأوتار الصوتية[4].

ومن الجدير بالذكر أنَّ علم الأصوات الفيزيائيّ يُعدُّ أحد مناهج علم الأصوات التجريبيّ، القائم على تحليل المادة الصوتيَّة باستعمال الآلات والأجهزة، إلا أنَّ كثيرًا من هذه الآلات قد استعيض عنها ببرامج حاسوبيَّة وتطبيقات اختزلت كثيرًا من المعطيات التي يمكننا الحصول عليها باستعمال هذه الأجهزة. ومن بين هذه البرامج " Praat" وهو برنامج حاسوبيّ مرخَّص من قبل الهيئات العلميَّة للدراسة الطيفيَّة والاهتزازيَّة للأصوات اللغويَّة، إذ يشيع استعماله بين المشتغلين بالصوت اللغويّ والمعنيين بتحليل الإشارات الصوتيَّة ومعالجتها، حتى أنَّ بعضهم يصفه بأنه مختبر صوتيّ مختصر في تطبيق حاسوبيّ[5]. وسيجري الاعتماد على هذا التطبيق للإجابة عن الفروض الصوتيَّة التي جرى طرحها فيما سبق ذكره، وذلك من خلال عرض الصور الطيفيَّةللأصوات عينة الدراسة وتحليلها.

المبحث الثاني: الأصوات الاحتكاكيَّة بين القدماء والمحدثين:

تتكون الأصوات الاحتكاكيَّة بأن يضيق مجرى الهواء من خلال منفذ ضيّق نسبيًا يُحدِث خروجه احتكاكًا مسموعًا، والنقاط التي يضيق عندها مجرى الهواء كثيرة ومتعددة[6]. وقد اطلق المتقدمون على هذا النوع من الأصوات مصطلح الأصوات الرخوة، وهي: (الهاء، والحاء، والغين، والخاء، والشين، والصاد، والضاد، والزاي، والسين، والظاء، والثاء، والذال، والفاء)[7].

(والحرفُ الرِّخْو: هُوَ الَّذِي يَجْرِي فِيهِ الصَّوْتُ، ألا تَرَى أنك تَقُولُ المَسُّ والرَّشُّ والسَّحُّ وَنَحْوُ ذَلِكَ فَتَجِدُ الصَّوْتَ جَارِيًا مَعَ السِّينِ وَالشِّينِ وَالْحَاءِ؟)[8].

قال ابن جني في بيان طبيعة هذا النوع من الأصوات: "ألا تراك تقول في الدال والطاء واللام: اد. اط. ال. ولا تجد للصوت منفذا هناك: ثم تقول: اص. اس. ار. اث. اف، فتجد الصوت يتبع الحرف." [9].

أما المحدثون؛ فقد استعملوا مصطلح الاحتكاكيَّة وأصواته هي: الفاء والثاء والذال والظاء والسين والزاي والصاد والشين والخاء والغين والحاء والعين والهاء[10].

وعند مقارنة هذه الأصوات بين المتقدمين والمحدثين نجد أنَّ المتقدمين ضموا الضاد واخرجوا العين؛ لعدِّه صوتًا متوسطًا ولشبهه بالحاء [11].

وقد سبقت الإشارة إلى أنَّ حدوثَ الصوت الاحتكاكيّ ناتجٌ من اعتراض أعضاء النطق للهواء الخارج من الرئتين بنحو جزئي وغير كامل، فيبقى بين العضوين منفذ ضيّق يتسرب الهواء من خلاله، فيحدث الصوت من احتكاك الهواء في ذلك المنفذ الضيّق في أثناء خروجه من الفم [12]، ويذهب العلماء إلى أنَّ الأصوات التي تنتج بهذه الطريقة تتفاوت فيما بينها استنادًا إلى تفاوت مقدار التضييق في مجراها الصوتيّ، مما ينتج عنه اختلافها في السمع[13]، إذ يُحدِث نوعًا من الصفير أو الحفيف تختلف نسبته تبعًا لنسبة ضيق المجرى، فعلى قدر نسبة الصفير في الصوت تكون رخاوته، وعليه فأكثر الأصوات رخاوةً تلك التي سماها القدماء بأصوات الصفير، وهي:(السين والزاي والصاد)، وإذا اتسع الفراغ بين العضوين المنتجين للصوت الاحتكاكيّ قلَّت نسبة الصفير، وحينها يسمى حفيفًا، وقد مثَّل أنيس لذلك بصوت الفاء، فعند النطق به تلتقي الشفة العليا بالأسنان السفلى تاركة بينهما فراغًا كافيًا لمرور الهواء ويُحدِث الهواء حينها نوعًا من الحفيف نسمي صوت الفاء على أساسه صوتًا احتكاكيًّا [14].وبذلك يظهر لنا أنَّ المعيار الذي استند إليه العلماء في إدراك التفاوت بين هذه الاصوات يتمثل في رصدالجانب الفسيولوجيّ لهذه الأصوات، من ثمَّ تحديد مقدار التضييق الذي على أساسه رتّب أنيس الأصوات حسب درجة احتكاكيتهاعلى النحو الآتي: السين ثم الزاي ثم الصاد ثم الشين ثم الذال ثم الثاء ثم الظاء ثم الفاء ثم الهاء ثم الحاء ثم الخاء ثم الغين [15]، ويُلحظ من الترتيب أنه لم يذكر العين من بينها؛لأنه يذهب إلى ضعف ما يُسمع له من حفيف إذا قورن بالغين، غير أنَّ ضيق مجراه عند مخرجه أقل من ضيقه مع الغين، مما جعل العين أقل احتكاكًا من الغين [16]. والأصواتيون يعدّون هذا الصوت من الأصوات الرنانة[17] أو(المتوسطة أو البينية)كما ارتضى المتقدمون تسميتها[18]؛ لأنها تتصف بالجهر من جهة، والوضوح السمعيّ قياسًا بالأصوات الاحتكاكيَّة من جهة أخرى[19].

وقد عني الأصواتيون بدراسة صوت العين باستعمال الأجهزة المختبريَّة الحديثة، وتبيّن لهم أنَّ العين صوت رنينيّ، لوضوحه في السمع، مما اكسبه طاقة تصويتيَّة أعلى مما نجده في الأصوات الاحتكاكيَّة التي تتسم بضعف وضوحها السمعيّ،[20].

المبحث الثالث: مراتب الأصوات الاحتكاكيَّة:

تتمثل غاية الدراسة الفيزيائيَّة في امكانية استقراء الظواهر الصوتيَّة بطريقة علمية، بعيدًا عن الحدس والتخمين ، وفي هذا الجانب يذكر الأصواتيون أنَّ إنتاج الاصوات الاحتكاكيَّة يعتمد على أمرين: أضيق حجرة صوتيَّة لإحداث الاحتكاك، وأوسع حجرة صوتيَّة لإحداث الاحتكاك، وبينهما درجات متعددة، ينتج عنها مستويات من الضغطوسرعة الهواء وقوة الاحتكاك،[21] هذا يعني أنه كلما كانت الحجرة الصوتيَّة ضيقة كان الضغط وسرعة الهواء أقوى، وقوة الاحتكاك أكبر، والعكس صحيح، وهذا ما انتهى إليه العلماء عند دراسة هذه الأصوات من جانبها الفسيولوجيّ النطقيّ، وعلى هذا الأساس استند الدكتور إبراهيم أنيس في ترتيب الاصوات الاحتكاكيَّة بحسب درجة احتكاكيتها. ولنصل إلى غاية الدراسة لابُدَّ أن نطلع على الجانب الفيزيائيّ بوصفه ترجمة مختبريَّة للوصف الفسيولوجيّ النطقيّ، إذ من شأنه تأكيد هذه الحقائق أو تعدلها أو دحضها.

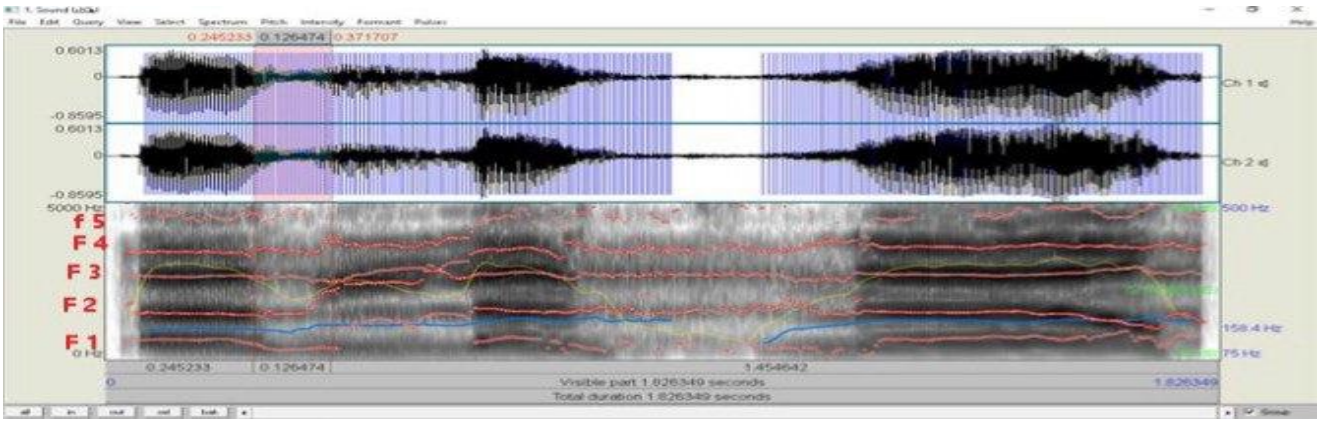
استنادًا إلى ما ذُكِرَ آنفًا سأتناول مراتب الأصوات الاحتكاكيَّة من منظور فيزيائيّ وطيفيّ، وستتضمن الدراسة عينات صوتيَّة لكل صوت احتكاكيّ، على أن يكون ساكنًا في الكلمة القرآنيَّة التي ورد فيها، فـــ "سبيلك إذا أردت اعتبار صدى الحروف، أن تأتي به ساكنًا لا متحركًا، لأنَّ الحركة تقلق الحرف عن موضعه، ومستقره، وتجتذبه إلى جهة الحرف التي هيبعضه" [22].

ويمكن تحديد المفهوم الفيزيائيّ للصوت الاحتكاكيّ من خلال المؤشرات الآتية:

1- تجمُّع ظلال في أعلى يسار الصوت مما يدلُّ على ارتفاع درجة توتر الصوت، وكلما كانت الظلال اكثر عتمة، دلَّ ذلك على قود احتكاك الصوت.

2- تحديد مكان تجمع الظلال عند أي بانية، F1 ، F2 ، F3، F4 ، F5، فارتفاع قيمة التوتر في هذه البواني يشير إلى ارتفاع قيمة تردد الصوت الاحتكاكيّ.

ويُعبَّر عن البواني الصوتيَّة بـــحرف **(F)**، وهو اختصار لكلمة **(Formant)**، ويتراوح مدى ترددها تقريبًا بين (5000-0 Hz)، فـــ (F1) تكون حدود ترددها (0-1000)، و(F2) تكون حدود ترددها (1000-2000)، و(F3) تكون حدود ترددها (2000-3000)، و(F4) تكون حدود ترددها (3000-4000)، و(F5) تكون حدود ترددها (4000-5000)، وتتمثل ملامح البواني الصوتيَّة الملونة ببقع حمراء تمثل مسار هذه البواني،[23]، ويكون ترتيبها على الصورة الطيفيَّة بالنحو الآتي:



3- تحديد طاقة الصوت،إذ تتمثل الشدة في برنامج برات بـــ (خط أصفر)، فكلما ارتفع الخط واستمر في مسار إلى نهاية الصوتدلَّ على ارتفاع طاقة الصوت. وكلما تمتع الصوت بصفات قوة أكثر كانت طاقته أعلى، ومن هذه الصفات: (الجهر، الشدة، الاطباق، الاستعلاء، القلقلة، الصفير، التكرار، التفشي، الانحراف، الغنة، الاستطالة)[24].

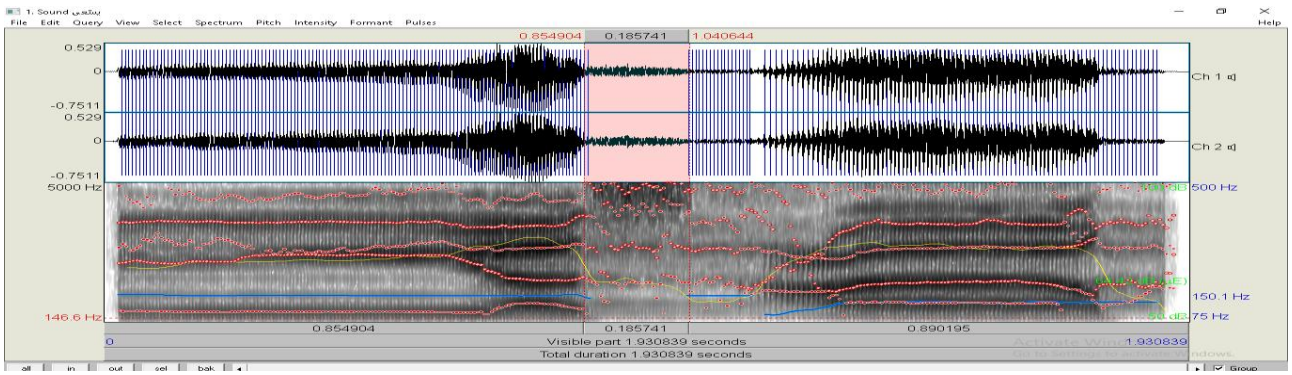
4- تظهر ذبذبات الصوت الاحتكاكيّ في هيأة تضاغطاتوتخلخلات في جزيئات الهواء، نتيجة التغيرات الحادة في ضغط الهواء، مما يؤدي إلى تضاغط وتقارب جزيئات الهواء، ويتمثل ذلك في الصورة الطيفيَّة في هيأة نقاط حمراء تتمركز في مناطق الضغط الذي يحدث نتيجة لصدور الصوت الاحتكاكيّ.

5- تتسم الموجة الصوتيَّة في الأصوات الاحتكاكيَّة بأنها مركبة غير منتظمة، تتولَّد من اجتماع موجات صوتيَّة ذات ترددات متباينة. [25].

6- تتسم الأصوات الاحتكاكيَّة بخاصية الحركة العشوائية لجزيئات الهواء، التي ينتج عنها الاضطراب الاحتكاكيّ مع الأصوات الاحتكاكيَّة، مما يتولَّد عنه الصوت الضجيجيّNoise sound [26].

والأصوات الاحتكاكيَّة على نوعين، الأوّل: يكون مهموس، ذا موجة مركبة غير منتظمة، تعتمد في مصدر إنتاجها على توليد الضجيج العشوائيّ بفعل احتكاك جزيئات الهواء بجدران الممر الضيّق أو اصطدامها بالعوائق الصوتيَّة. والآخر: يكون مجهور، ذا موجة مركبة مختلطة، تعتمد في مصدر إنتاجها على كل من الحَنجرة وموضع التضييق[27].

1- السين: صوت أسنانيّ لثويّ، احتكاكيّ مهموس، صفيريّ



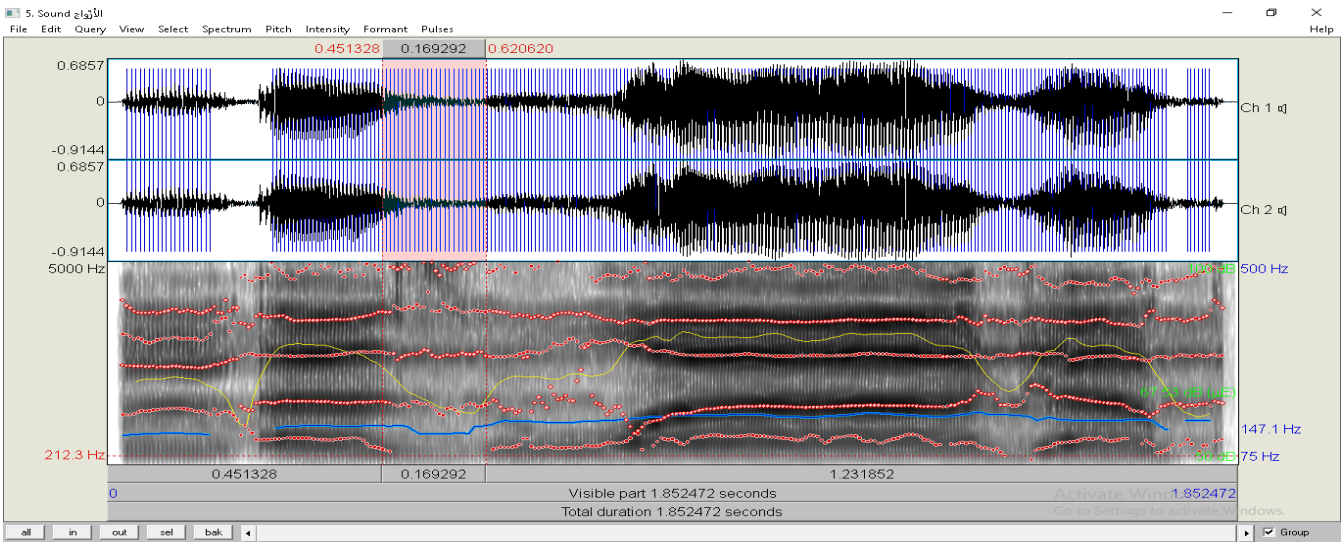
الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت السين في كلمة (يسْعى)، [يس: 20] بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

-المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من اقتراب الأسنان العليا من السفلى، فيكون بينهما منفذ ضيّق جدًّا، من دون أن يصحبه تذبذب للأوتار الصوتيَّة، ويقدر زمنه بـــ (0.185) ثا، وهو نشاط ذبذبيّ غير دوريّ، غير منتظم ضوضائيّ؛ مما يدلُّ على أنَّ الصوت احتكاكيّ. وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة قدرها (152.408 Hz).

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجّل قيمة قدرها (63.995dB)، ويلحظ أنَّ شريط الطاقة بدأمرتفعًا ثم أخذ بالانخفاض، وذلك بسبب أنَّ الصوت لايملك من صفات القوة إلا صفة الصفير فيه.

- المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا تتمركز في الجزء الأعلى من المسار الصوتيّ لصوت السين، مما يشير إلى صفة الصفير في الصوت، فضلًا عن تزاحم النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت عند البانية الرابعة التي سجلت قيمة مرتفعة قدرها (4735 Hz).

2- الزاي: صوت أسنانيّ لثويّ، احتكاكيّ مجهور، صفيريّ



الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت الزاي في كلمة (الأزْواج) [يس: 36]، بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

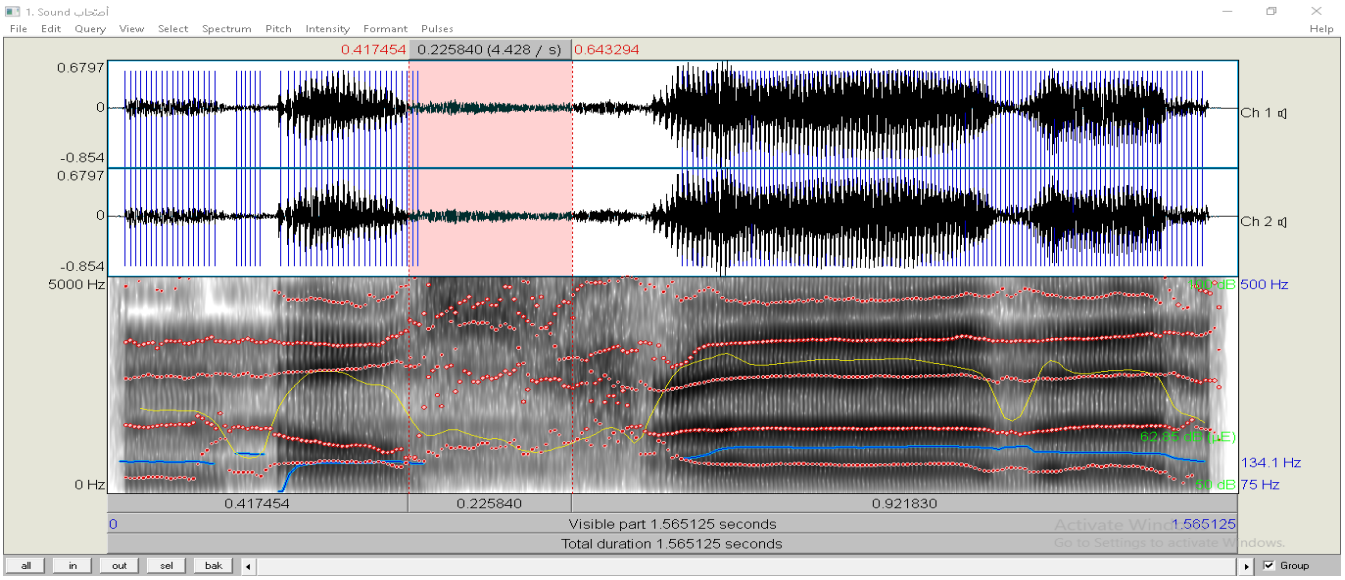
-المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من اقتراب الأسنان العليا من السفلى، فيكون بينهما منفذ ضيّق جدًّا، ويقدر زمنه بـــ (0.169) ثا، وهو نشاط ذبذبيّ دوريّ منتظم؛ نتيجة اختلاط ذبذبات دورية مع ذبذبات أخرى؛ فعملية إنتاجه تتولد من تشكيل نغمة دورية ناتجة من ذبذبة الوترين الصوتيين من جانب، وتشكّل احتكاك ضجيجيّ عشوائيّ من جهة أخرى، ناتج من مصدر التضييق المتولد من التقاء الأسنان العليا بالسفلى،

فيكون الصوت عندها خليطًا من النغمة الدورية والضجيج العشوائيّ،[28]، وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة قدرها (147.095 Hz).

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجل قيمة قدرها (67.534dB)، ويلحظ أنَّ شريط الطاقة بدأمرتفعًا ثم أخذ بالانخفاض تدريجيًا، مما يدلُّ على أنَّ طاقة هذا الصوت أعلى من طاقة صوت السين؛ وذلك لامتلاكه صفتي الجهر والصفير.

– المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا تتمركز في الجزء الأعلى من يسار المسار الصوتيّ للزاي؛ مما يشير إلى صفة الصفير في الصوت، ولكن يلحظ أنَّ هذه الظلال أخفُّ من الظلال التي نجدها في صوت السين، فضلًا عن تزاحم النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت عند البانية الرابعة التي سجلت قيمة مرتفعة قدرها (4783 Hz).

3– الصاد: صوت أسناني لثوي، احتكاكي مهموس مطبق، مستعلٍ صفيري



الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت الصاد في كلمة (أصْحاب) [يس: 13]، بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

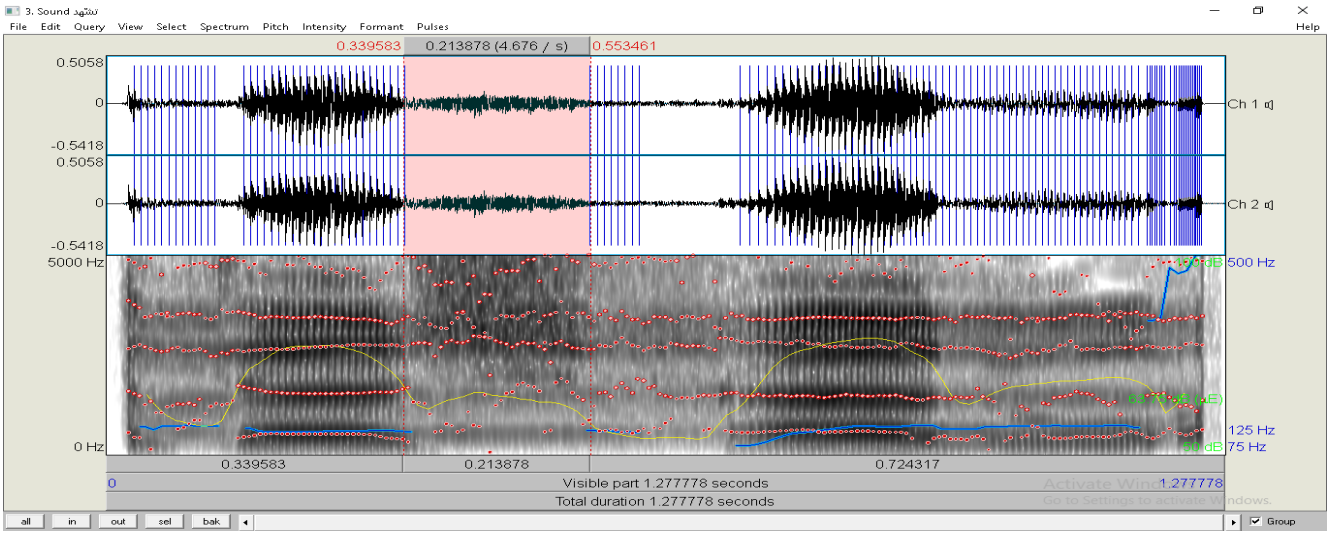
–المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من اقتراب الأسنان العليا من السفلى، فيكون بينهما منفذ ضيّق جدًّا، والصاد يشبه السين في كل شيء، سوى أنَّ اللسان يتخذ مع الصاد وضعًا مخالفًا لوضعه مع السين، إذ يكون مقعَّرًا منطبقًا على الحنك الأعلى، مع تصعُّد أقصى اللسان وطرفه نحو الحنك، نتيجة لاتصافه بالإطباق[29]، من دون أن يصحبه تذبذب للأوتار الصوتية، ويقدر زمنه بـــ (0.225) ثا، وهو نشاط ذبذبيّ غير دوريّ عشوائيّ؛ وتشكل احتكاك ضجيجيّ عشوائيّ ناتج من مصدر التضييق المتولد من التقاء الأسنان العليا بالسفلى.

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجل قيمة قدرها (63.598dB)، ويلحظ أنَّ شريط الطاقة يشبه في مساره صوت السين، إذ يبدأ بارتفاع متوسط يستمر في سريانه مسافة ثم يبدأ بالانخفاض، مما يدل على أنَّ طاقة هذا

الصوت ليست عالية كالزاي مثلًا،؛ وذلك لأنه لا يمتلك من صفات القوة سوى الصفير والاطباق. وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة قدرها (134.777 Hz)

– المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا تتمركز في الجزء الأعلى من المسار الصوتيّ للصاد، وتستمر في ظهورها نحو الاسفل؛ مما يشير إلى صفة الصفير في الصوت، فضلًا عن تزاحم النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت عند البانية الثالثة والرابعة التي سجلت قيمة مرتفعة قدرها (3558 Hz) وقيمة أخرى قدرها (4319 Hz).

4– الشين: صوت لثويّ(وسط حنكيّ)، احتكاكيّ، مهموس، متفشٍ.



الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت الشين في كلمة (تشْهدُ)، [يس: 65] بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

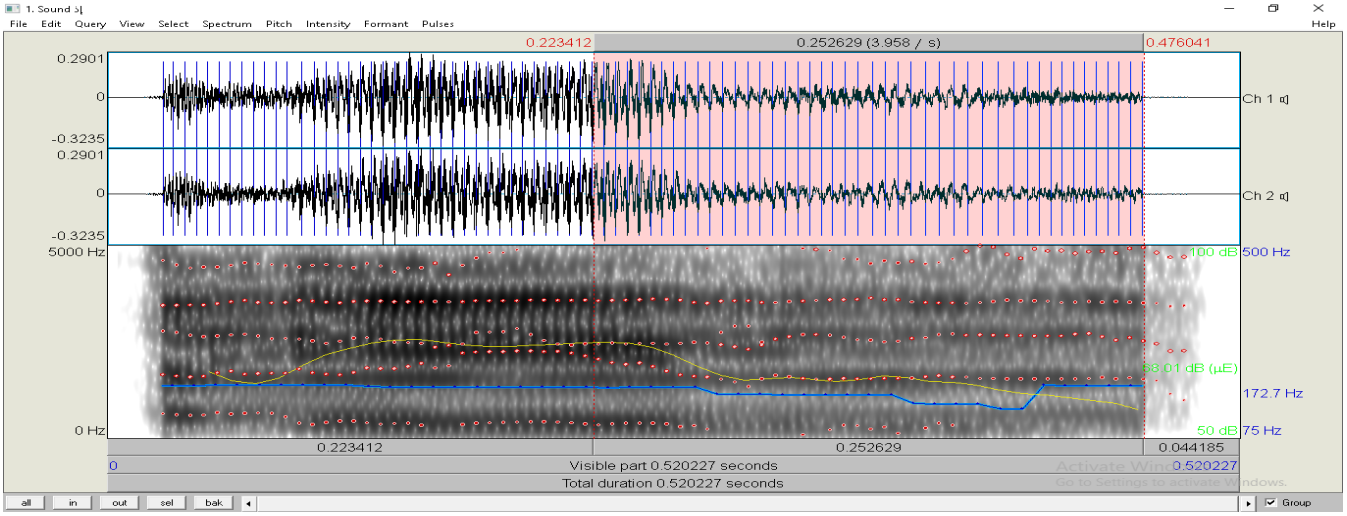
–المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من تضييق حجرة الفم، نتيجة التقاء أول اللسان وجزء من وسطه بوسط الحنك الاعلى، واقتراب الأسنان العليا من السفلى، فيترك بين الأعضاء الملتقية فراغًا ضيّقًا يُسبب نوعًا من الصفير، غير أنه أقلُّ من صفير السين، وذلك لأنَّ مجرى السين أضيق من مجرى الشين [30]،ويحدث ذلك من دون أن يصحبه تذبذب للأوتار الصوتيَّة، ويقدر زمنه بـــ (0.213) ثا، وهو نشاط ذبذبيّ غير دوريّ عشوائيّ؛ وتشكّل احتكاك ضجيجيّ عشوائيّ ناتج من مصدر التضييق المتولد من التقاء الأسنان العليا بالسفلى، وكثرة انتشار النفس الخارج من الفم عند النطق بالشين.

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجل قيمة قدرها (63.747dB)، ويلحظ أنَّ شريط الطاقة يشبه في مساره صوت السين، إذ يبدأ بارتفاع متوسط يستمر في سريانه مسافة ثم يبدأ بالانخفاض، مما يدلُّ على أنَّ طاقة هذا الصوت ليست عالية كالزاي مثلًا،؛ وذلك لأنه لا يمتلك من صفات القوة سوى التفشي. وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة قدرها (124.969 Hz).

– المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا تنشر على طول المسار الصوتيّ للشين، وتستمر في ظهورها نحو الأسفل؛ مما يشير إلى صفة الاحتكاك في الصوت، فضلًا عن تزاحم النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت عند البانية الثانية

والثالثة والرابعة، التي سجلت قيمة مرتفعة قدرها (2662 Hz)، وقيمة ثالثة قدرها (3295 Hz)، وقيمة رابعة قدرها (4384 Hz).

5- الذال: صوت أسنانيّ، احتكاكيّ مجهور



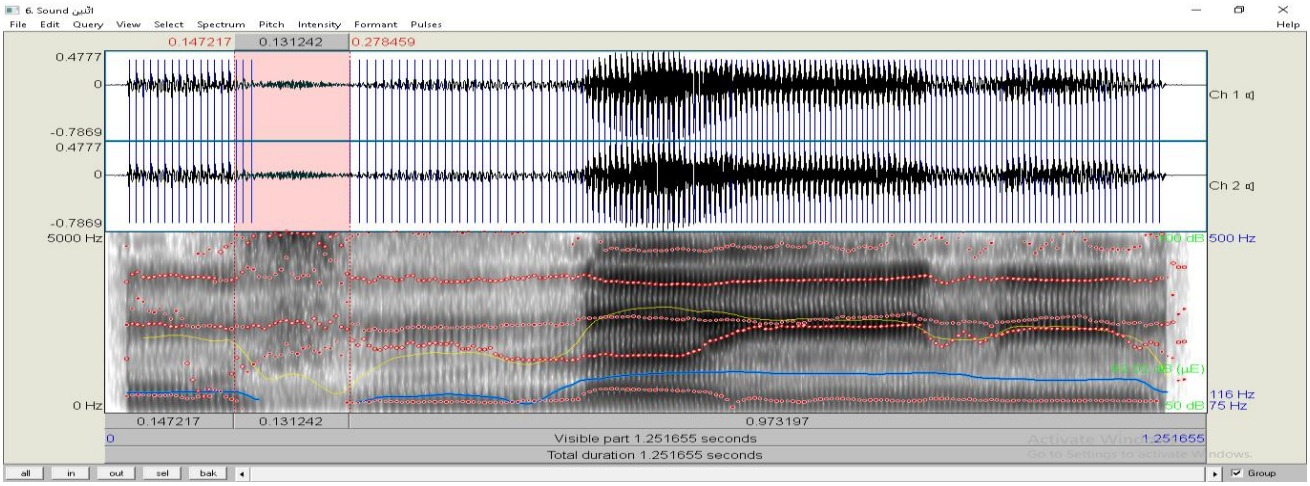
الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت الذال في كلمة (إذْ) [النور: 12]، بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

-المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من التقاء طرف اللسان والأسنان العليا، فيضيق المجرى ويُحدِث الهواء الخارج نوعًا قويًا من الحفيف [31]، ويقدر زمنه بـــ (0.252) ثا، وهو نشاط ذبذبيّ دوريّ غير منتظم؛ نتيجة اختلاط ذبذبات دورية مع ذبذبات أخرى؛ فعملية إنتاجه تتولد من تشكيل نغمة دورية ناتجة من ذبذبة الوترين الصوتيين من جانب، وتشكل احتكاك ضجيجيّ عشوائيّ من جانب آخر، ناتج من مصدر التضييق المتولد من التقاء طرف اللسان بالأسنان العليا.

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجل قيمة قدرها (68.013dB)، ويلحظ أنَّ شريط الطاقة بدأ مرتفعًا ثم أخذ بالانخفاض تدريجيًا، مما يدل على أنَّ طاقة هذا الصوت عالية؛ وذلك لامتلاكه صفة الجهر. وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة مرتفعة قدرها (172.684 Hz).

- المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا تتمركز في وسط المسار الصوتيّ للذالومتجهةً نحو الاسفل؛ مما يشير إلى صفة الاحتكاك في الصوت، ولكن يلحظ أنَّ هذه الظلال أخفُّ في بدايتها وتتمركز في الأجزاء السفلية من المسار الصوتيّ، فضلًا عن تزاحم النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت عند البانية الأولىوالثانية والثالثة، أما البانية الأولى؛فقد سجلت قيمة قدرها (956 Hz)، في حين سجلت البناية الثانية قيمة قدرها (2156 Hz)، وسجلت البانية الثالثة قيمة قدرها (2983 Hz)، وسجلت البناية الرابعة قيمة قدرها (4067 Hz). مما يدل على أنَّ قيمة البواني تتزايد كلما اتجهنا نحو الأعلى، متأثرةًبترددات الجهر.

6- الثاء: صوت أسنانيّ، احتكاكيّ، مهموس



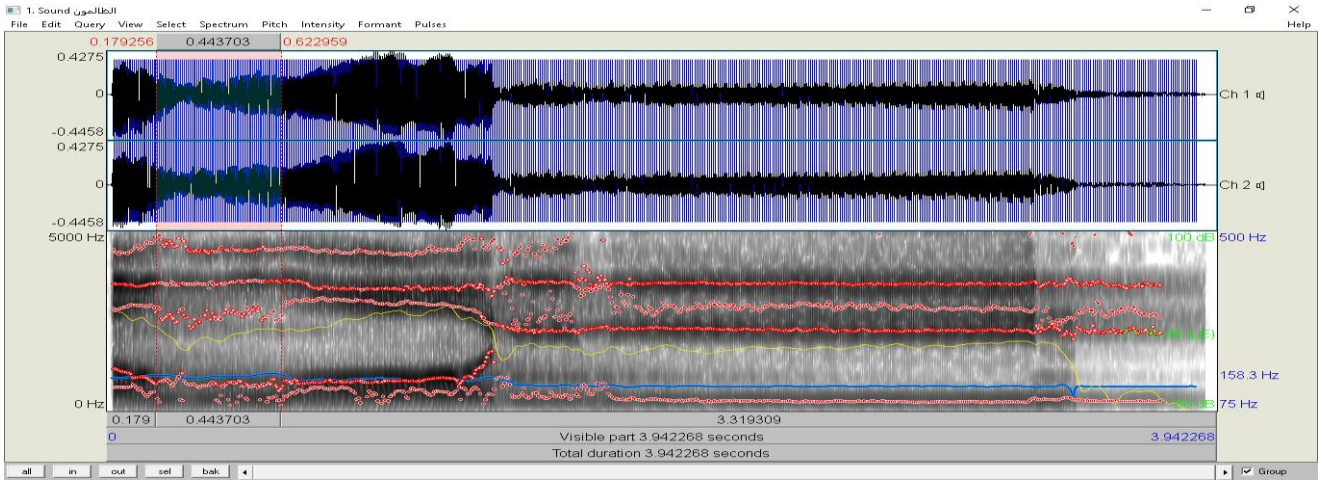
الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت الثاء، في كلمة (اثنين) [يس: 14]، بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

-المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من التقاء طرف اللسان والأسنان العليا، فيضيق المجرى ويُحدِث الهواء الخارج نوعًا قويًا من الحفيف، من دون أن يصحبه تذبذب للأوتار الصوتيَّة، ويقدر زمنه بـــ (0.131) ثا. ولا فرق بين الثاء والذال إلا في أنَّ الثاء مهموس، والذال نظيره المجهور، واحتكام التقاء اللسان مع الأسنان العليا عند النطق بالثاء أخفُّ قياسًا بصوت الذال. أما النشاط الذبذبيّ للصوت؛ فهو غير دوريّ عشوائيّ؛ إذ تشكل احتكاك ضجيجيّ عشوائيّ ناتج من مصدر التضييق المتولد من التقاء اللسان بالأسنان العليا.

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجل قيمة قدرها (62.024 dB)، ويلحظ أنَّ شريط الطاقة يبدأ مرتفعًاثم يأخذ بالانخفاض نحو الاسفل، مما يدل على أنَّ طاقة هذا الصوتضعيفة؛ وذلك لأنه لا يمتلك من صفات القوة شيئًا. وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة قدرها (115.998 Hz).

- المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا تنشر في أعلى المسار الصوتيّ للثاء، وتتلاشى هذه الظلال كلما اتجهنا نحو الأسفل؛ مما يشير إلى صفة الاحتكاك في الصوت، وانتشار الظلال أعلى المسر الصوتيّ يدل على صفة التفشي نتيجة الضيق الحاصل في المسار، وقد انتهت إلى هذه النتيجة دراسات صوتيَّة تطبيقيَّة [32]، فضلًا عن تزاحم النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت، إذ تتركز عند البانية الرابعة التي سجلت قيمة مرتفعة قدرها (4720 Hz)، وقيمة ثانية قدرها (2337 Hz)، وقيمة ثالثة قدرها (3708 Hz).

7- الظاء: صوت أسنانيّ، احتكاكيّ، مجهور، مطبق، مستعلٍ



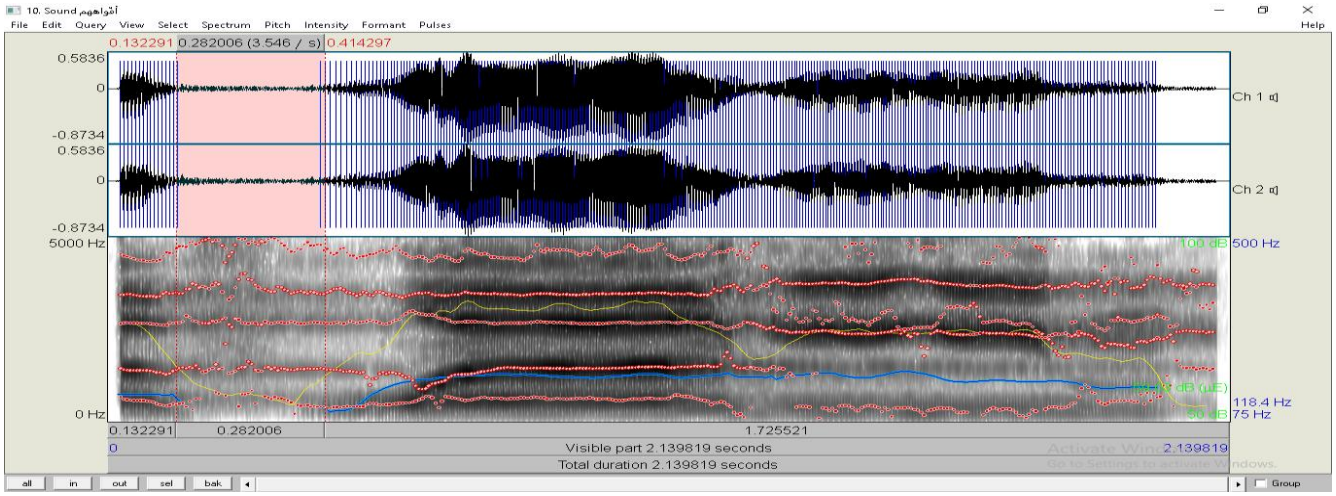
الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت الظاء المدغم في كلمة (الظَّالم)،[الفرقان: 27] بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

-المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من التقاء طرف اللسان بالأسنان العليا، فيكون بينهما منفذ ضيّق جدًّا، والظاء يشبه الذال في كل شيء، سوى أنَّ اللسان يتخذ مع الظاء شكلًا مقعّرًا، نتيجة لاتصافه بالإطباق[33]، ويقدر زمنه بـــ (0.443) ثا، وهو نشاط ذبذبيّ دوريّ غير منتظم؛ نتيجة اختلاط ذبذبات دورية مع ذبذبات أخرى؛ فعملية إنتاجه تتولد من تشكيل نغمة دورية ناتجة من ذبذبة الوترين الصوتيين من جانب، وتشكُّل احتكاك ضجيجيّ عشوائيّ من جانب آخر، ناتج من مصدر التضييق المتولد من التقاء طرف اللسان بالأسنان العليا.

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجل قيمة قدرها (71.155 dB)، ويلحظ أنَّ شريط الطاقة بدأ مرتفعًا ثم انخفض قليلًا، ثم اكمل مساره إلى نهاية الصوت، مما يدل على أنَّ طاقة هذا الصوت عالية؛ وذلك لأنه يمتلك من صفات القوة الجهر والإطباق. وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة مرتفعة قدرها (158.255 Hz).

- المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا تتمركز في وسط المسار الصوتي للظاء، في حين تكون الظلال خفيفة في الجزء الأعلى منه،فضلًا عن تزاحم النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت، تحديدًا عند البانية الأولى والثالثة التي سجلت قيمة قدرها (596 Hz)، وقيمة أخرى قدرها (3249 Hz).

8- الفاء: صوت شفويّ أسنانيّ، احتكاكيّ، مهموس



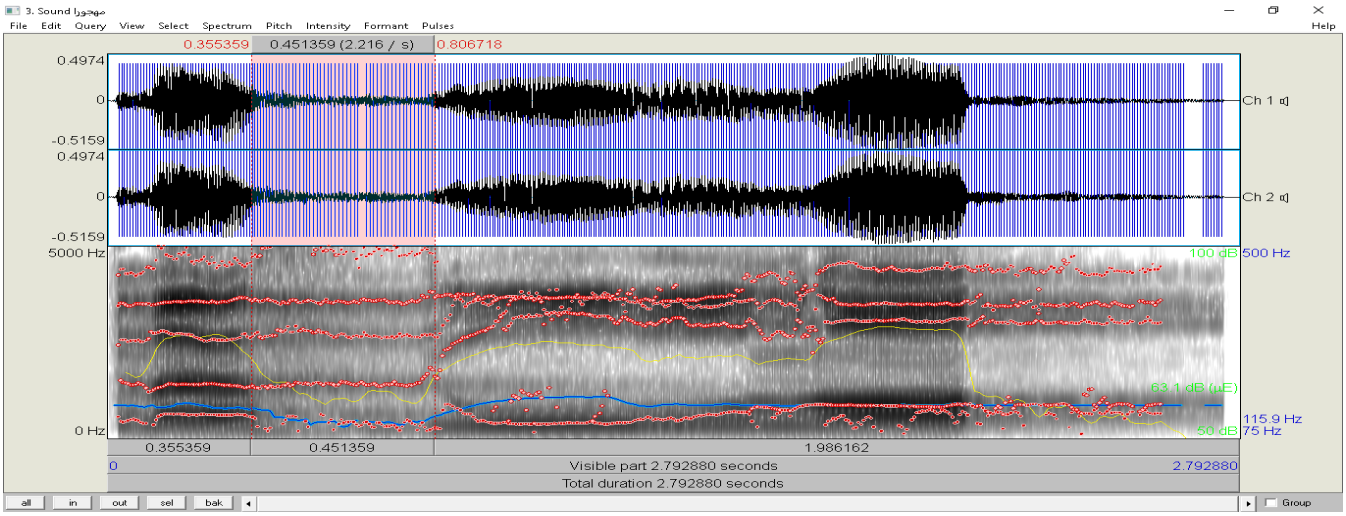
الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت الفاء في كلمة (أفواههم)، [يس: 65] بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

-المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من التقاء الشفة السفلى والأسنان العليا، فيضيق المجرى ويُحدِث الهواء الخارج نوعًا عاليًا من الحفيف، من دون أن يصحبه تذبذب للأوتار الصوتيَّة، ويقدر زمنه بـــ (0.282) ثا. أما النشاط الذبذبيّ للصوت؛ فهو غير دوريّ عشوائيّ؛ إذ تشكل احتكاك ضجيجيّ عشوائيّ ناتج من مصدر التضييق العالي المتولد من التقاء الشفة السفلى والأسنان العليا.

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجل قيمة قدرها (59.027 dB)، ويلحظ أنَّ شريط الطاقة بدأ مرتفعًا ثم أخذ بالانخفاض تدريجيًا ثم انتهى بالارتفاع قليلًا، مما يدلُّ على أنَّ طاقة هذا الصوت ضعيفة؛ وذلك لأنه لا يمتلك من صفات القوة شيئًا. وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة قدرها (118.436 Hz).

- المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا بدى لونها أخفّ مما وجدناه في الأصوات الاحتكاكيَّة الأخرى، تنتشر في الجزء الأعلى من المسار الصوتيّ للفاء، تأخذ بالانتشار قليلًا كلما اتجهنا نحو الاسفل؛ مما يشير إلى صفة الاحتكاك في الصوت، فضلًا عن تزاحم النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت، إذ بلغت قيمة البانية الأولى (728 Hz)،وبلغت قيمة البانية الثانية (1727 Hz)، وقيمة ثالثة (2878 Hz). مما يعني أنَّ قيمة هذه البواني تزداد كلما اتجهنا نحو الأسفل.

9- الهاء:صوت حَنجريّ، احتكاكيّ، مهموس



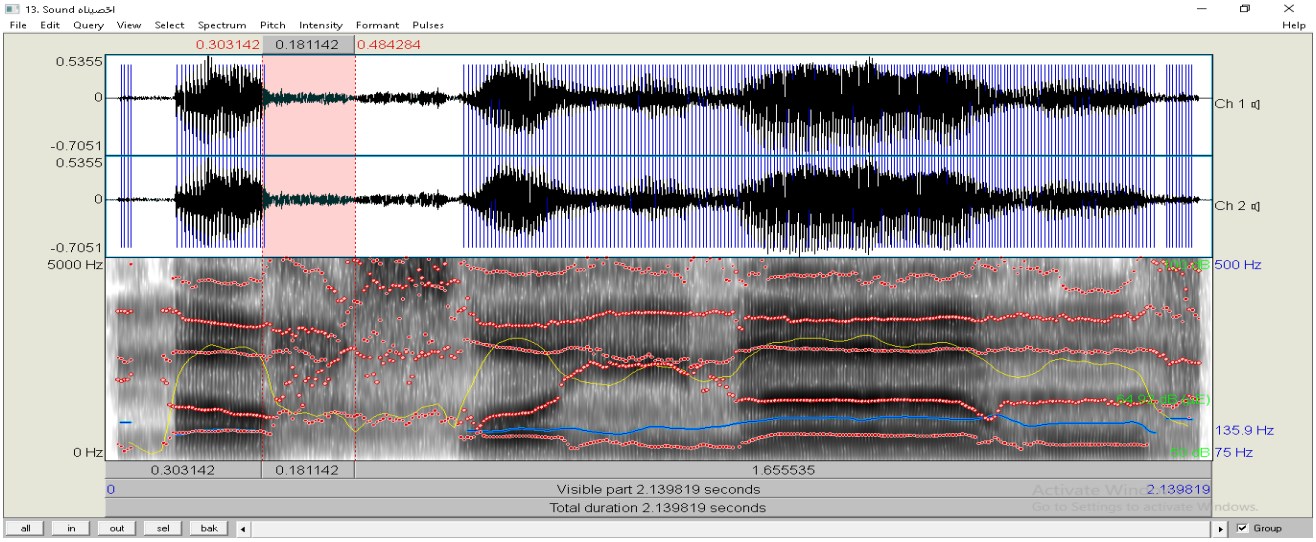
الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت الهاء في كلمة (مهْجورا)، [الفرقان: 30] بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

-المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من اندفاع الهواء خلال الانفراج الواسع الناتج من تباعد الوترين في الحَنجرة مُحدِثًا نوعًا من الحفيف يُسمع في أقصى الحلق، من دون أن يصحبه تذبذب للأوتار الصوتيَّة ، ويقدر زمنه بـــ (0.451) ثا. أما النشاط الذبذبيّ للصوت؛ فهو غير دوريّ عشوائيّ؛ إذ تشكل احتكاك ضجيجيّ عشوائيّ ناتج من مصدر التضييق العالي المتولد من اندفاع الهواء خلال الممرات الصوتيَّة.

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجل قيمة قدرها (63.096 dB)، ويلحظ أنَّ شريط الطاقة يبدو مرتفعًا في بدايته ثم يأخذ بالانخفاض تدريجيًا ثم يأخذ بالارتفاع قليلًا، مشابهًا بذلك ما وجدناه في صوت الفاء، مما يدل على أنَّ طاقة هذا الصوت ضعيفة؛ وذلك لأنه لا يمتلك من صفات القوة شيئًا. وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة قدرها (115.935 Hz).

- المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا بدى لونها أخفّ مما وجدناه في الأصوات الاحتكاكيَّة الأخرى، تنتشر في الجزء الأعلى من يسار المسار الصوتيّ للهاء، مما يشير إلى صفة الاحتكاكيَّة في الصوت، فضلًا عن تجمع بعض النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت، إذ بلغت البانية الأولى قيمة متدنية بلغت (570 Hz)، وبلغت البانية الثانية قيمة قدرها (1676 Hz)، وبلغت الثالثة قيمة قدرها (2852 Hz). مما يعني أن قيمة هذه البواني تزداد كلما اتجهنا نحو الأسفل.

10- الحاء:صوت حلقيّ، احتكاكيّ، مهموس



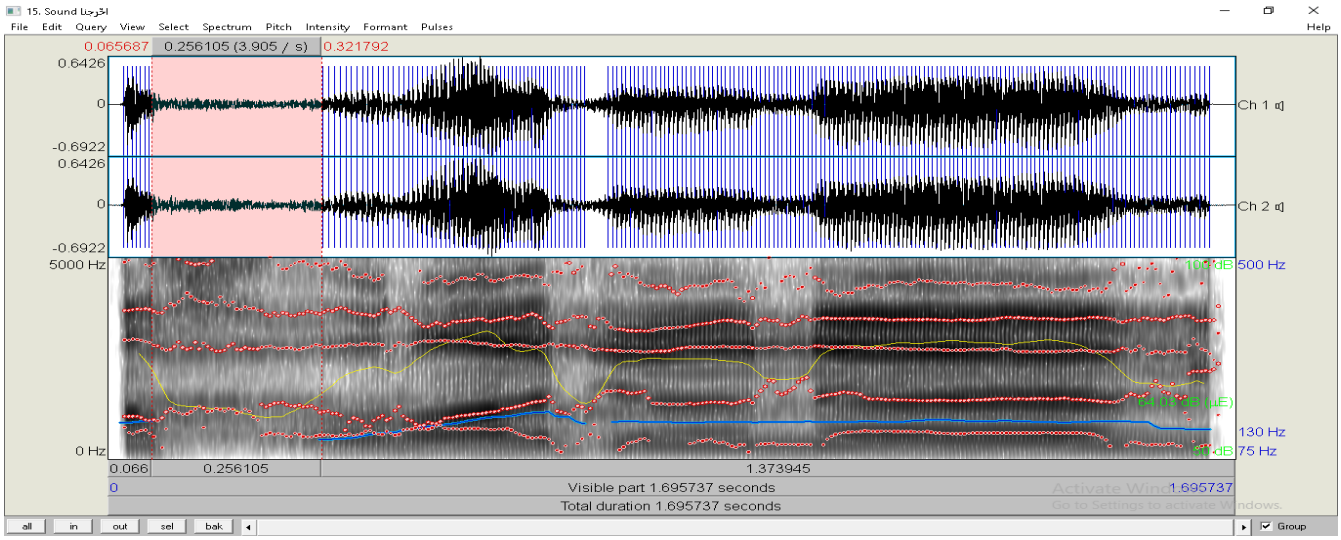
الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت الحاء في كلمة (احْصيناه)، [يس: 12] بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

-المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من اندفاع الهواء عند مروره في الفراغ الحلقيّ مع حدوث تضييق يؤدي إلى احتكاك الهواء، وحدوث حفيف مسموع، من دون أن يصحبه تذبذب للأوتار الصوتيَّة، ويقدر زمنه بـــ (0.181) ثا. أما النشاط الذبذبيّ للصوت؛ فهو غير دوريّ عشوائيّ؛ إذ تشكل احتكاك ضجيجيّ عشوائيّ ناتج من مصدر التضييق المتولد من اندفاع الهواء خلال الممرات الصوتيَّة وسطالحلق.

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجل قيمة قدرها (64.923 dB)، ويلحظ أنَّ شريط الطاقة يبدو مرتفعًا في بدايته ثم يأخذ بالانخفاض تدريجيًا نحو الأسفل، مما يدلُّ على أنَّ طاقة هذا الصوت ضعيفة؛ وذلك لأنه لا يمتلك من صفات القوة شيئًا. وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة قدرها (135.945 Hz).

- المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا بدى لونها أخفّ مما وجدناه في الأصوات الاحتكاكيَّة الأخرى، تنشر في الجزء الأعلى من يسار المسار الصوتيّ للحاء وفي وسطه؛ مما يشير إلى صفة الاحتكاكيَّة في الصوت، فضلًا عن تزاحم بعض النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت، ولاسيّما في وسط المسار الصوتيّ للحاء، إذ بلغت البانية الأولى قيمة قدرها (1072 Hz)، وبلغت البانية الثانية قيمة قدرها (2039 Hz)، وبلغت البانية الثالثة قيمة قدرها (2886 Hz).

11- الخاء: صوت حلقيّ، احتكاكيّ، مهموس، مستعلٍ



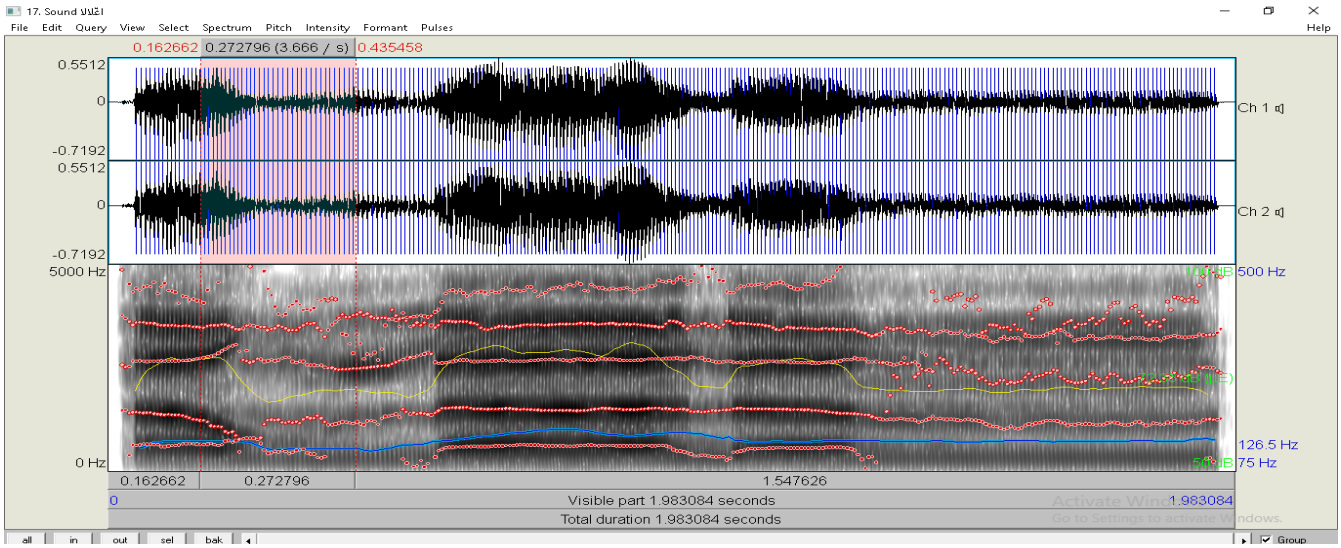
الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت الخاء، في كلمة (اخْرجنا)، [يس: 33] بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

-المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من ارتفاع أقصى اللسان مُحدثًا فراغًا ضيّقًا يسمح بمرور الهواء مع حدوث احتكاك مسموع، من دون أن يصحبه تذبذب للأوتار الصوتيَّة، ويقدر زمنه بـــ (0.256) ثا. أما النشاط الذبذبيّ للصوت؛ فهو غير دوريّ عشوائيّ؛ إذ تشكل احتكاك ضجيجيّ عشوائيّ ناتج من مصدر التضييق المتولد من اندفاع الهواء خلال الممرات الصوتيَّةفي أقصى الحنك.

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجل قيمة قدرها (64.032 dB)، ويلحظ أنَّ شريط الطاقة يبدو مرتفعًا في بدايته ثم يأخذ بالانخفاض خلال المسار الصوتيّ ثم ينتهي مرتفعًا قليلًا، مما يدل على أنَّ طاقة هذا الصوت ضعيفة؛ وذلك لأنه لا يمتلك من صفات القوة سوى صفة الاستعلاء. وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة قدرها (130.030 Hz).

- المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا تتمركز في الجزء الأعلى من يسار المسار الصوتيّ للخاء؛ مما يشير إلى صفة الاحتكاك في الصوت، فضلًا عن تزاحم بعض النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت، إذ سجلت البانية الأولى قيمة متدنية بلغت (896 Hz)، وقيمة ثانية بلغت (2065 Hz)، وقيمة ثالثة بلغت (3345 Hz). مما يعني أنَّ قيمة هذه البواني بدت منخفضة، ولكنها أخذت بالارتفاع، ولاسيّما عند البانية الثالثة.

12- الغين: صوت حلقيّ، احتكاكيّ، مجهور، مستعلٍ



الجزء المُظلل باللون الأحمر يمثل صوت الغين في كلمة (أغْلالًا)، [يس: 8] بقراءة الشيخ محمود الحصريّ.

-المؤشرات الذبذبيَّة: تُظهر الصورة الطيفيَّة نشاطًا صوتيًا ينشأ من ضغط الهواء الناتج من ارتفاع أقصى اللسان مُحدِثًا فراغًا ضيّقًا يسمح بمرور الهواء مع حدوث احتكاك مسموع، ويقدر زمنه بـــ (0.272) ثا، وهو نشاط ذبذبيّ دوريّ غير منتظم؛ نتيجة اختلاط ذبذبات دورية مع ذبذبات أخرى؛ فعملية إنتاجه تتولد من تشكيل نغمة دورية ناتجة من ذبذبة الوترين الصوتيين من جانب، وتشكل احتكاك ضجيجيّ عشوائيّ من جانب آخر، ناتج من مصدر التضييق المتولد من اندفاع الهواء خلال الممرات الصوتيَّةفي أقصى اللسان، فيكون الصوت عندها خليطًا من النغمة الدورية والضجيج العشوائيّ.

أما شريط الطاقة المتمثل بالخط الأصفر؛ فسجل قيمة قدرها (72.360 dB)، ويلحظ أنَّه بدأ مرتفعًا ثم انخفض قليلًا، وبقي مستقرًا في منتصف المسار الصوتي للغين حتى نهايته، مما يدل على أنَّ طاقة هذا الصوت عالية؛ وذلك لأنه يمتلك من صفات القوة الجهر والاستعلاء. وقد بلغت الذبذبات الاهتزازيَّة للصوت قيمة قدرها (126.534 Hz).

- المؤشرات الطيفيَّة: تظهر ظلالًا تتمركز في وسط المسار الصوتيّ للغين؛ مما يشير إلى صفة الاحتكاك فيه، فضلًا عن تزاحم النقاط الحمراء الدالة على النشاط الذبذبيّ للصوت عند البانية الثانية والثالثة، إذ سجلت البانية الأولى قيمة متدنية قدرها (668 Hz)، في حين سجلت البانية الثانية قيمة قدرها (1549 Hz)، وسجلت البانية الثالثة قيمة قدرها (2912 Hz).

وفيما يأتي جدول رقم (1) يبين لنا نتائج الدراسة الفيزيائيَّة الطيفيَّة للأصوات عينة الدراسة:

الصوت	العينة	زمن النطق	تردد الصوت	طاقة الصوت	F1	F2	F3	F4	
س	يسْعى	0.185	152.408 Hz	63.995 dB	1270	2520	3823	4735	12348
ز	الأزْواج	0.169	147.095 Hz	67.534 dB	1319	2592	3736	4783	12430
ص	أصْحاب	0.225	134.777 Hz	63.598 dB	1037	2488	3558	4319	11402
ش	تشْهد	0.213	124.969 Hz	63.747 dB	1139	2662	3295	4384	11480
ذ	إذْ	0.252	172.684 Hz	68.013 dB	956	2156	2983	4067	10162
ث	اثنين	0.131	115.998 Hz	62.024 dB	1437	2337	3708	4720	12202
ظ	الظالم	0.443	158.255 Hz	71.155 dB	596	1975	3249	4180	10000
ف	نفْس	0.198	151.306 Hz	62.233 dB	968	2085	3155	4285	10493
ه	مهْجورا	0.451	115.935 Hz	63.096 dB	570	1676	2852	3841	8939
ح	احْصيناه	0.181	135.945 Hz	64.923 dB	1072	2039	2886	3597	9594
خ	أخْرجنا	0.256	130.030 Hz	64.032 dB	896	2065	3345	4373	10679
غ	أغْلالا	0.272	126.534 Hz	72.360 dB	668	1549	2912	3584	8713

نتائج الدراسة:

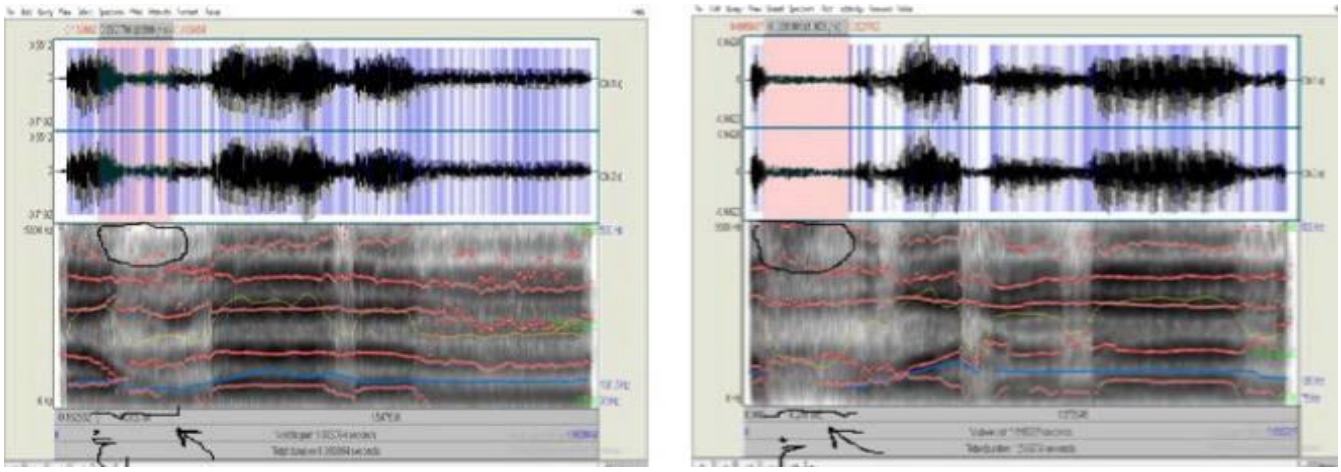
من خلال الدراسة الفيزيائيَّة يمكن تحديد مرتبة الصوت الاحتكاكيّ استنادًا إلى الاعتبارات الآتية:

– **باعتبار زمن النطق بالصوت:** عند استقراء نتائج الجدول أعلاه يمكن ترتيب الأصوات الاحتكاكيَّة تنازليًا باعتبار الزمن المُستغرق للنطق بها ساكنة بالنحو الآتي: (هــ، ظ، غ، خ، ذ، ص، ش، ف، س، ح، ز، ث)، ويظهر لنا أنَّ الزمنالستغرق للنطق بصوت الهاء هو الأطولمن بقية الأصوات الاحتكاكيَّة، إذ بلغ (0.451)؛ ويمكن تعليل ذلك باتساع حجرة النطق بهذا الصوت، مما يشير إلى وجود علاقة بين اتساع الحجرة الصوتيَّة وطول زمن النطق بالصوت؛ بسبب ضعف الاحتكاك. في حين كان الزمن المستغرق للنطق بالثاءهو الأقصر، إذ بلغ (0.131).

– **باعتبار طاقة الصوت (Intensity):**عند استقراء نتائج الجدول أعلاه يمكن ترتيب الأصوات الاحتكاكيَّة تنازليًا باعتبار طاقة الصوت وهو ساكنةً بالنحو الآتي: (غ، ظ، ذ، ز، ح، خ، س، ش، ص، هــ، ف، ث)، ويظهر من هذا الترتيب أنَّ الأصوات الاحتكاكيَّة المجهورة (غ، ظ، ذ، ز) فاقت طاقتها الأصوات الاحتكاكيَّة المهموسة، وأدناها طاقة صوتا الفاء والثاء.

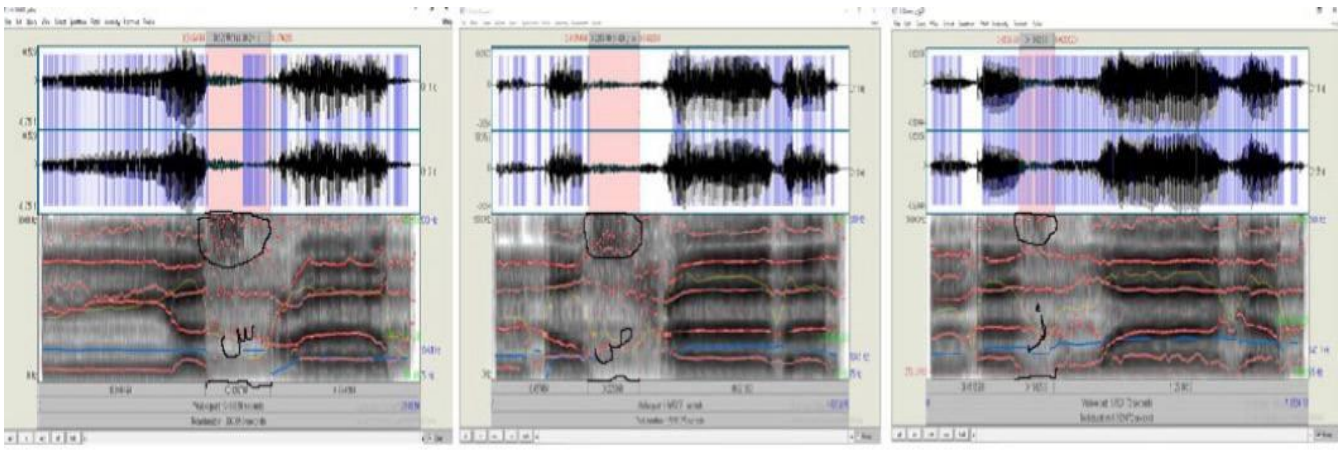
– **باعتبار درجة التردد (Pitch):** عند استقراء نتائج الجدول أعلاه يمكن ترتيب الأصوات الاحتكاكيَّة تنازليًا باعتبار درجة تردد الصوت وهو ساكنةً بالنحو الآتي: (ذ، ظ، س، ف، ز، ح، ص، خ، غ، ش، ث، هــ)، نلحظ من خلال هذا الترتيب أنَّ أعلى تردد سجله صوت الذال، وأقل تردد سجله صوت الهاء. والتردد يمثل درجة الصوت التي يسمعها الإنسان وكلما زاد التردد علت الدرجة، والعكس صحيح[34].

- **باعتبار قوة الظلال:**يذكر العلماء أنَّ الاحتكاك ملمح صوتيّيظهر في الصورة الطيفيَّة من خلال تجمع الظلال المعتمة في أعلى يسار المسار الصوتيّللاحتكاكيات[35]، ويمكن أن نلحظ من خلال الصور الطيفيَّة للدراسة أنَّ الأصوات المجهورة تقل فيها الظلال المعتمة في المنطقة المحددة، وتزداد كلما اتجهنا نحو الاسفل، ولاسيّما عند البانيةالثانية والثالثة. أما الاحتكاكيات المهموسة؛ فتظهر الظلال المعتمة في أعلى يسار المسار الصوتي لها. وفيما يأتي صورة طيفية نقارن فيها ظهور الظلال بين صوت الخاء (المهموس)، وصوت الغين (المجهور)، نلحظ فيها أنَّ الظلال التي تظهر في صوت الخاء أكثر عتمة من الظلال في صوت الغين.

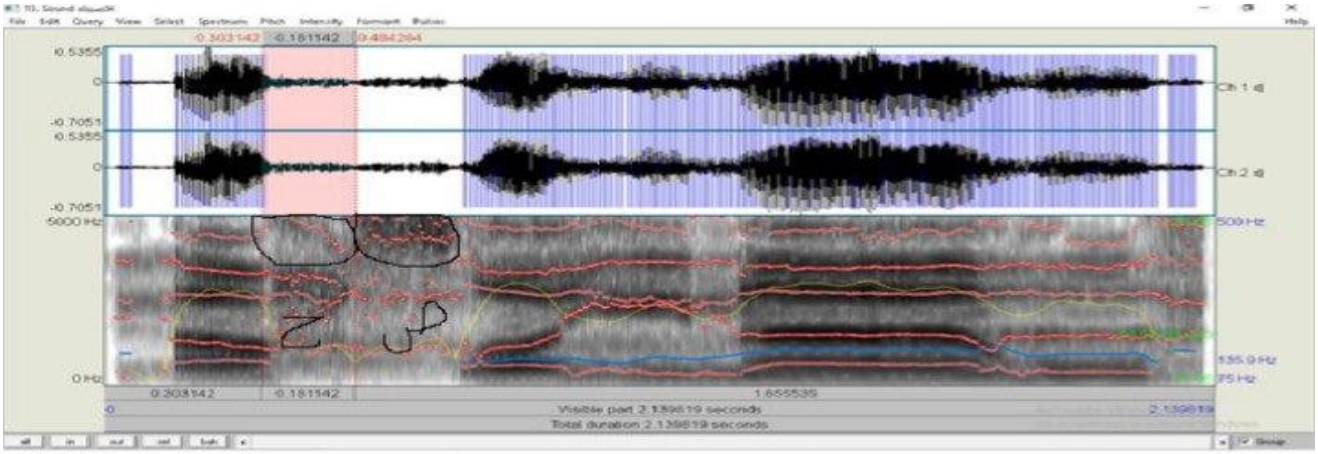


وأظهرت الصورالطيفيَّة أيضًا أنَّ ظلال الشين كانت الأكثر عتمة، إذ تنتشر الظلال على طول المسار الصوتيّ له؛ وربما يعود ذلك إلى اتصافه بالتفشيّ وانتشار النفس مما يزيد صفة الاحتكاك فيه.

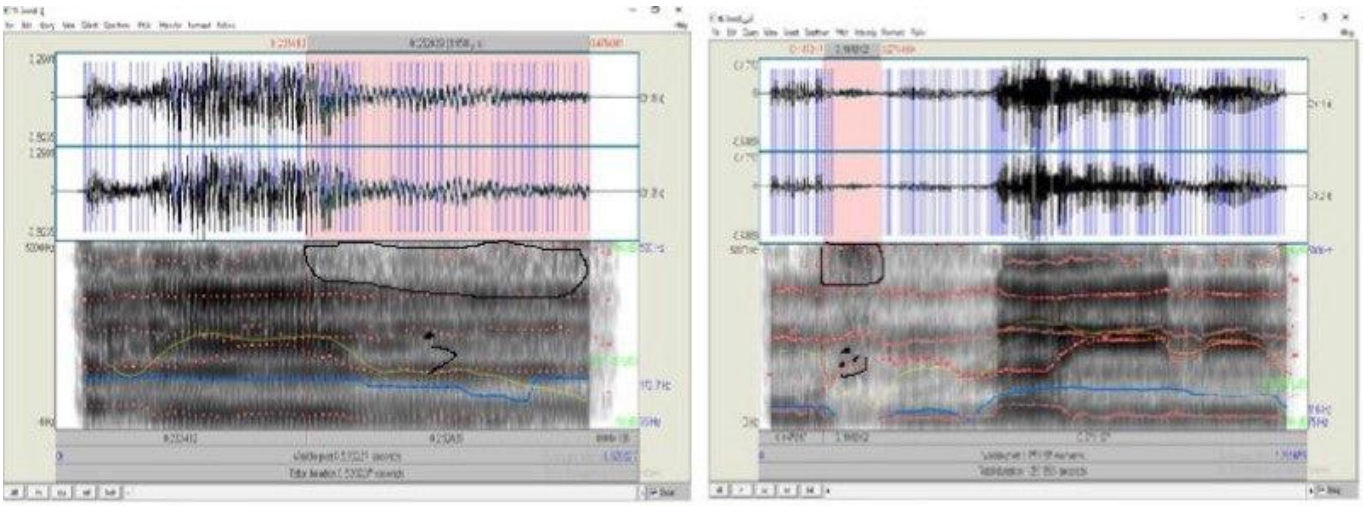
أما الأصوات الصفيريَّة؛ فنلحظ أنَّ الظلال الموجودة في صوت السين هي الأكثر عتمة، يليه الصاد ثم الزاي، ويبدو أنَّ اتصاف الزاي بالجهر على خلاف السين والصاد جعله أقل احتكاكية منهما، كما يلحظ من خلال الصورة الطيفيَّة أدناه:



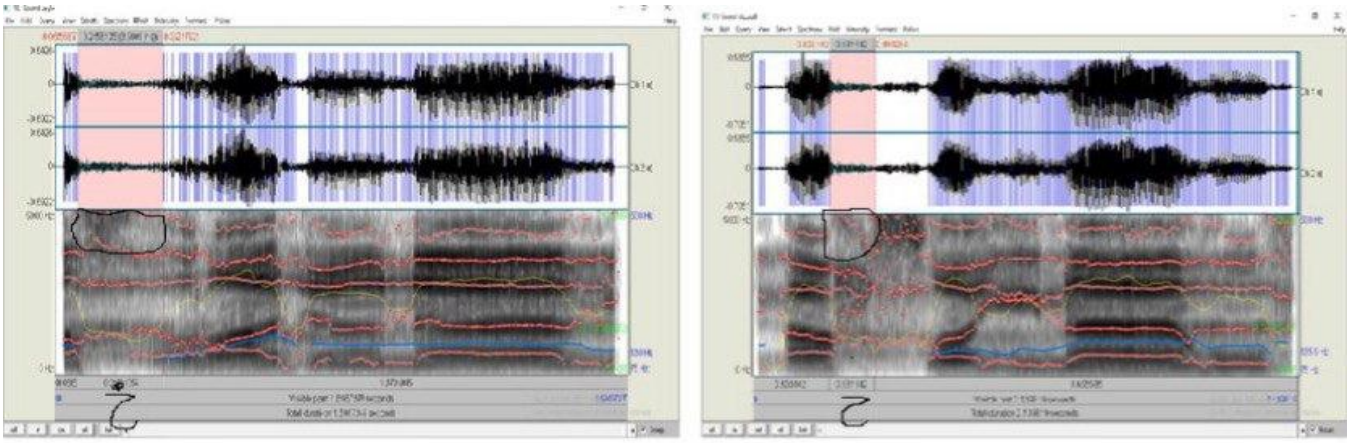
نلحظ أيضًا أننا عند مقارنة صوتين مهموسين تتباين شدة عتمة الظلال من صوت احتكاكيّ إلى آخر، كما في كلمة (احصيناه) التي تجاور فيها صوتا الحاء والصاد، وكلاهما احتكاكيان مهموسان،وذلك يعلل صوتيًا بشدة احتكاكية الصاد قياسًا بالحاء، نتيجة لضيق المجرى الصوتيّ في الصاد، مما يزيد من احتكاكيته. كما نلحظ في الصورة الطيفيَّة أدناه:



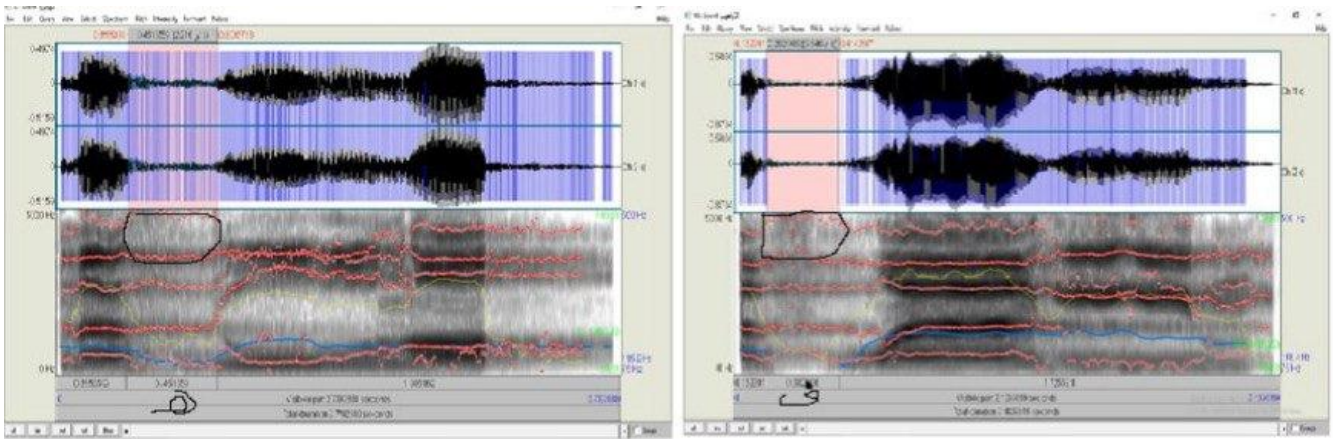
ونلحظ هذا الأمر كذلك عند مقارنة صوتي الثاء والذال، ولا فرق بين الصوتين إلا في أنَّ الذال مجهور والثاء نظيره المهموس[36]، إذ تبدو الظلال في الصورة الطيفيَّة أكثر عتمة، وتقل كلما اتجهنا نحو الأسفل عند النطق بالثاء وهو مهموس، في حين تكون الظلال أقل عتمة وتزداد كلما اتجهنا نحو الأسفل عند النطق بالذال، وهو مجهور، بفعل زيادة الترددات والذبذبات الناتجة عن حركة الوترين الصوتين. وما يؤيد ذلك أن صوت الذال سجل درجة تردد قدرها (172.684 Hz)، في حين سجل الثاء درجة تردد (115.998 Hz). وبذلك ننتهي إلى تأثُّر ظهور الظلال بكون الصوت مجهورًا أو مهموسًا. وفي أدناه صورة طيفية لصوتي الذال والثاء.



نلحظ كذلك أنَّ صوتي الحاء والخاء كلاهما احتكاكيّ مهموس، ولا فرق بينهما سوى أنَّ الخاء من أصوات الاستعلاء والحاء لا يتصف بذلك، والذي يظهر في الصورة الطيفيَّة أنَّ الظلال أكثر عتمة مع صوت الخاء، وأقل عتمة مع صوت الحاء، مما يعني أنَّ صفة الاحتكاكية في صوت الخاء أقوىمما نجده في صوت الحاء، كما نلحظ في الصورة أدناه:



نلحظ كذلك أنَّ أقلَّ الظلال عتمة نجدها في صوتي الفاء والهاء، غير أنَّ الفاء يزيد على الهاء قليلًا في كون ظلاله أشد عتمة مما نجده في الهاء، مما يدلُّ على أنَّ صفة الاحتكاكيَّة في الفاء أقوى من الهاء، كما نلحظ في الصورة أدناه:



- باعتبار درجة تردد البواني:

1- عند استقراء نتائج جدول رقم (1)نجد أنَّ ترتيب الأصوات الاحتكاكيَّة تنازليًا باعتبار درجة تردد البانية الأولى يكون بالنحو الآتي: (ث، ز، س، ش، ح، ص، ف، ذ، خ، غ، ظ، ه)، وترتيبها باعتبار درجة تردد البانية الثانية يكون بالنحو الآتي: (ش، ز، س، ص، ث، ذ، ف، خ، ح، ظ، ه، غ)، إذ يُلحظ أنَّ هناك تقارب كبير في تردد الأصوات الاحتكاكيَّة في البانية الأولى والثانية.

2- عند استقراء نتائج جدول رقم (1)نجد أنَّ ترتيب الأصوات الاحتكاكيَّة تنازليًا باعتبار درجة تردد البانية الثالثة يكون بالنحو الآتي: (س، ز، ث، ص، خ، ش، ظ، ف، ذ، غ، ح، ه)،وترتيبها باعتبار درجة تردد البانية الرابعة يكون بالنحو الآتي: (ز، س، ث، ش، خ، ص، ف، ظ، ذ، ه، ح، غ)، إذ يُلحظ أنَّ هناك تقارب كبير في تردد الأصوات الاحتكاكيَّة في البانية الثالثة والرابعة. وهذا الترتيب هو ما يهمنا في هذه الدراسة؛ لأنه يمثل مراتب الأصوات الاحتكاكيَّة؛لأنَّ هذه الترددات هي الأقرب إلى مكان تجمع الظلال التي تشير إلى صفة الاحتكاكيَّة.

وفيما يأتي ترتيب الأصوات بحسب درجة احتكاكيتها استنادًا إلى معدل درجات البواني لكل صوت: **(س، ز، ث، ص، خ، ش، ظ، ف، ذ، غ، ح، ه)**، إذ يوافق هذا الترتيب ما ذهب إليه الدكتور أنيس في حفاظ الأصوات الصفيرية (ز، س، ص) على الصدارة في معدل ترددها في البواني جميعها، فضلًا عن (ش، ث)،و(ظ، ف، هــ)، لكن يلحظ تقدُّم الثاء على الصاد، وذلك يعود ذلك إلى صفة الإطباق في الصاد، فضلًا عن تقدُّم الخاء على (ظ، ف، ذ).

Abstract

Fricative sounds ranks A physical study

By Aya Ali Naser mohammed

This study examines the fricative property that characterizes a group of sounds in Arabic. This property refers to the friction of air through the organs that produce the fricative sound, due to the weak dependence on the point of articulation and the lack of precision. Through this study, the researcher will attempt to monitor the variation in the acquisition of this property by sounds and establish a sound sequence for them, based on data from the vibrational and spectral physics study. An audio sample of fricative sounds from the Holy Quran was obtained and processed using Pratt and Adobe Audition to monitor the energy of these sounds, the value of their vibrational oscillations, the value of their pitch, and the length of time required to pronounce them. The experimental study concluded that the time required to pronounce the "ha" sound was the longest of all fricative sounds, reaching 0.451. This can be explained by the wideness of the vocal tract for this sound, indicating a relationship between the wideness of the vocal tract and the length of time required to pronounce the sound, due to the weak friction at the point of articulation. While the time taken to pronounce the letter “tha” was the shortest, reaching (0.131). The voiced fricatives (ghain, dha, thal, zay) had more energy than the voiceless fricatives, and the lowest energy was the sounds of fa and tha. Based on the data of the physical study, the researcher was able to arrange the sounds according to their degree of friction based on the average degrees of the vowels for each sound, which is as follows: (seen, zay, tha, sad, kha, sheen, tha, fa, thal, ghayn, ha, ha). This arrangement was in accordance with the sequence established by Dr. Anis for the ranks of the fricative sounds, as the sibilant sounds (zay, seen, sad) maintained the lead in their frequency rate in all vowels, in addition to (shin, tha), and (dha, fa, ha). However, it is noted that tha precedes sad, due to sad being characterized by closure, in addition to kha precedence over (dha, fa, thal).

مصادر البحث ومراجعه:

أولًا: القرآن الكريم

ثانيًا: الكتب والمراجع

1- الأصوات اللغوية، إبراهيم أنيس، مكتبة نهضة مصر ومطبعتها، (د ط) (د ت).

8-الأصوات اللغويّة، رؤية عضويّة ونطقيّة وفيزيائيّة، أ.د. سمير شريف استيتية، دار وائل للنشر والتوزيع، عمان الأردن، ط1، 2002م.

7- التشكيل الصوتيّ في اللغة العربية، فونولوجيا العربية، د. سلمان العانيّ، ترجمة د. ياسر الملاح، مراجعة د. محمد محمود غالي، النادي الأدبي الثقافيّ، المملكة العربية السعودية جدة، ط1، 1403هـ-1983م.

3-دراسة السمع والكلام، صوتيات اللغة من الإنتاج إلى الإدراك، د. سعد عبد العزيز مصلوح، عالم الكتب، مصر القاهرة، ط1، 1426هـ-2005م.

4-دليل مستعمل تطبيق تحليل الإشارات الصوتية برات (Praat)، د. بن عيسى كبير، كراسات المركز، سلسلة يصدرها مركز البحث العلمي والتقني لتطوير اللغة العربية، العدد التاسع، 2019م.

5- الرعاية لتجويد القراءة وتحقيق لفظ التلاوة، بعلم مراتب الحروف وخارجها وصفاتها وألقابها وتفسير معانيها وتعليلها وبيان الحركات التي تلزمها، لابي محمد مكي بن أبي طالب القيسيّ (ت 347هـ)، ت: د. أحمد حسن فرحات، دار عمار للنشر والتوزيع، عمان الأردن، ط3، 1417هـ-1996م.

6-سر صناعة الإعراب، ابو الفتح عثمان بن جني الموصلي (ت 392هـ)،منشورات دار الكتب العلمية، بيروتلبنان، ط1، 1421هـ-2000م.

2- علم الأصوات، د. كمال بشر، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، مصر القاهرة، 2000م.

9- الكتاب، عمرو بن عثمان بن قنبر الحارثي بالولاء، أبو بشر، الملقب بسيبويه (ت 180هـ)، ت: عبد السلام محمد هارون، منشورات مكتبة الخانجي، القاهرة، ط3، 1408هـ- 1988م.

10-لسان العرب، محمد بن مكرم بن علي أبو الفضل جمال الدين ابن منظور الأنصاري (ت711هـ)، منشورات دار صادر، بيروت، الطبعة الثالثة، 1414هـ.

12- مدخل إلى التصوير الطيفي للكلام، إرنستبولجرام، ترجمة وتقديم الدكتور سعد عبد العزيز مصلوح، منشورات عالم الكتب، 1422هـ-2002م.

11-المدخل إلى علم أصوات العربية، د. غانم قدوري الحمد، منشورات المجمع العلمي، 1423هـ-2002م.

ثالثًا: البحوث

1-الأصوات الاحتكاكية في العربية، بين الأداء والكمية، د. سمير شريف استيتية، مجلة العلوم الإنسانية، العدد 23، 2014.

رابعًا: الرسائل والأطاريح

1- برامج القراءة الآلية في اللغة العربية، دراسة وتحليل، للطالبة جمانة خالد المشهداني، بإشراف الدكتور مزيد نعيم، والدكتور تحسين الوزان، والدكتور ندى غنيم، جامعة دمشق، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، قسم اللغة العربية، للعام الدراسي 2014-2015.

2- التحليل الفيزيائي لصفات أصوات العربية، دراسة مخبرية، أطروحة دكتوراه، للطالب لخضر ديلمي، بإشراف الدكتور عز الدين صحراوي، الجمهورية الجزائرية، كلية اللغة والأدب العربي والفنون، قسم اللغة والأدب العربي، للعام الدراسي 2017-2018.

3- الخصائص النطقية والفيزيائية للصوامت الاحتكاكية في العربية، اطروحة دكتوراه، للطالبة ابتسام حسين جميل، بإشراف الدكتور اسماعيل احمد عمايرة، جامعة الاردن، كلية الدراسات العليا، العام 2002م.

الهوامش:

(1) ينظر: الأصوات اللغوية، أنيس، 5.

(2) ينظر: دراسة السمع والكلام، 20-40.

(3) ينظر: علم الأصوات، بشر، 50-54، والمدخل إلى علم أصوات العربية، 18.

(4) ينظر: التحليل الفيزيائي لصفات أصوات العربية، دراسة مخبرية، أطروحة دكتوراه، 159.

(5) ينظر: دليل مستعمل برنامج برات، 53، التحليل الفيزيائي لصفات أصوات العربية، 145.

(6) ينظر: علم الأصوات، بشر، 297، والأصوات اللغوية، أنيس، 25، ودراسة السمع والكلام، 184.

(7) ينظر: الكتاب، لسيبويه، 4/434-435.

(8) لسان العرب، 315/14.

(9) سر صناعة الاعراب، 20/1.

(10) ينظر: علم الأصوات، بشر، 297، والمدخل إلى علم أصوات العربية، 112، والتشكيل الصوتي في اللغة العربية، 56.

(11) ينظر: الكتاب، 4/ 434.

(12) ينظر: المدخل إلى علم أصوات العربية، 65.

(13) ينظر: المصدر نفسه، والصحيفة نفسها

(14) ينظر: الأصوات اللغوية، أنيس، 25-26.

(15) ينظر: المصدر نفسه، 26.

(16) ينظر: الأصوات اللغوية، أنيس، 75، وعلم الأصوات، بشر، 304.

(17) ينظر: الأصوات اللغوية، استيتية، 138.

(18) ينظر: الكتاب، 435/4.

(19) ينظر: برامج القراءة الآلية في اللغة العربية، اطروحة دكتوراه، 191.

(20)ينظر: الأصوات اللغوية، استيتية، 140، برامج القراءة الآلية في اللغة العربية، 193.

(21) ينظر: الاصوات الاحتكاكية في العربية بين الأداء والكمية، بحث، 125.

(22) سر صناعة الاعراب، 19/1-20.

(23) ينظر: دليل مستعمل برنامج برات، 55.

(24) ينظر: الرعاية، 120، وبرامج القراءة الآلية في اللغة العربية، 177.

(25) ينظر: الخصائص النطقية والفيزيائية للصوامت الاحتكاكية في العربية، 219.

(26) ينظر: المصدر نفسه، 220.

(27) ينظر: المصدر نفسه، 222-223، والتحليل الفيزيائي لصفات أصوات العربية، 160.

(28) ينظر: الخصائص النطقية والفيزيائية للصوامت الاحتكاكية في العربية، 221.

(29) ينظر: الأصوات اللغوية، أنيس، 67-69.

(30) ينظر: المصدر نفسه، 69.

(31) ينظر: المصدر نفسه، 49-50.

(32) ينظر: برامج القراءة الآلية في اللغة العربية، 175.

(33) ينظر: الأصوات اللغوية، أنيس، 50.

(34) ينظر: مدخل إلى التصوير الطيفي للكلام، 38.

(35) برامج القراءة الآلية في اللغة العربية، 173.

(36) ينظر: الأصوات اللغوية، أنيس، 50.