

الأصوات الاحتكاكية في العربية بين الأداء والكمية

أ.د. سمير شريف استيتية *

E.mail: steitiya@yahoo.com

✽ قسم اللغة العربية - جامعة اليرموك

الأصوات الاحتكاكية في العربية بين الأداء والكمية

أ.د. سمير شريف استيتية

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى تحديد السمات الأدائية في نطق الأصوات الاحتكاكية في اللغة العربية وكمياتها الفيزيائية. أما السمات الأدائية فتشمل كيفية إنتاج هذه المجموعة من الأصوات ضمن عدد من العمليات النطقية المتتابعة كالتضيق، واحتكاك الهواء بموضع النطق.

وأما الكمية فتشمل قياس زمن تردد هذه الأصوات، وقياس الترددات الأولى F1 والثاني F2، وقياس طاقتها وضغطها. ودرس البحث أثر السياق الصوتي في زيادة زمن التردد، والطاقة، والضغط أو نقصها.

اختار الباحث عينة من السياقات الصوتية للاحتكاكات في العربية، واستخدم مختبر النطق الحاسوبي CSL لقياس الخصائص الفيزيائية لهذه الأصوات.

توصلت الدراسة إلى نتائج كثيرة أهمها ما يأتي:

1. العين ليس صوتاً احتكاكياً كما هو شائع، ولكنه صوت رنيني resonant، واضح سمعياً sonorant، متوتر tense.
2. ثمة علاقة ظاهرة بين الهمس في خمسة من الأصوات الاحتكاكية المهموسة الآتية وعلو زمن تردها: الحاء، والخاء، والسين، والشين، والصاد.
3. ثمة علاقة بين الهمس وعلو متوسط الترددات F1 وF2 للصوت الاحتكاكي المهموس.
4. طاقة الأصوات الاحتكاكية عالية فلم ينزل أدناها طاقة عن 24.39 ديسيبل.
5. ضغط معظم الأصوات الاحتكاكية متوسط وبعضها ضعيف.
6. يؤثر السياق الصوتي في ارتفاع زمن تردد الأصوات الاحتكاكية، وزيادة طاقتها، وعلو ضغطها.

مصطلحات أساسية: الأصوات الاحتكاكية، أصوات العربية، الأداء والكمية

Performance and Quantity of the Fricatives in Arabic

Prof. Dr. Sameer Sharif

Abstract:

This study aimed at investigating the articulatory and acoustic characteristics of the fricatives in Arabic. As for the articulatory characteristics the study described them according to their category and production.

As for the acoustic characteristics of fricatives their time of vibration, frequency, energy, and pressure were measured by the computer speech lab (CSL) across some chosen phonetic contexts.

The study arrived at the following conclusions::

1. There is a correlation between the degree of the voiceless fricatives in Arabic and their being voiceless.
2. There is a correlation between voicelessness and frequency.
3. The energy of fricatives in Arabic is generally high.
4. The pressure of fricatives in Arabic is medium.
5. There is a correlation between the phonetic context of the fricatives in Arabic and their degree in vibration, energy, and pressure.

Keywords: fricatives in Arabic, articulatory characteristics

مقدمة :

أتى على الدرس الصوتي العربي الحديث حين من الدهر كان البحث فيه - أحياناً كثيرة - مقتصرًا على الوصف النطقي للأصوات وكيفية إنتاجها. وربما كان لذلك بعض العذر؛ فإن الوصف النطقي هو أساس بناء علم الأصوات بفروعه كلها بل عليه مدارها. وكان الوصف الفيزيائي للأصوات في حاجة إلى أجهزة صوتية متطورة، وهو أمر لم يكن كثير من الجامعات العربية يحظى به أو يفكر فيه، وكان البحث في الأصوات على النحو التفصيلي الدقيق الذي نجده في المختبرات والأجهزة الصوتية خارج دائرة اهتمام كثير من الباحثين في هذا الموضوع، أو ربما كانوا في حاجة إلى إعداد وتأهيل مثل هذا البحث .

ومع التسليم بأهمية الوصف الأدائي النطقي للأصوات وكيفية إنتاجها فإن الحاجة ماسة كذلك إلى الوصف الفيزيائي الكمي الذي يعتمد على الأجهزة الصوتية الحديثة المتطورة؛ لأنها هي التي تمكنا من الوصول إلى تفسير كثير من المسائل النطقية التي يدور النقاش حولها ولم نكن نعرف تفسيرها باعتماد الوصف النطقي وحده، وهي التي تهيئ السبيل إلى اكتشاف آفاق جديدة في الأصوات ربما لم تكن تدور في خلد أحد من الباحثين من قبل. وإن كثيراً من القضايا الصوتية في العربية على المستويات الصوتية والصرفية والنحوية في حاجة إلى استخدام هذه الأجهزة لأجل الوصول إلى نتائج علمية يمكن اعتمادها في فهم أصوات العربية. وعلى ذلك يكون الجمع بين المستويين النطقي والكمي الفيزيائي في دراسة أصوات العربية أمراً في غاية الأهمية، وهو الذي سعينا إليه في هذه الدراسة

لمعرفة خصائص الأصوات الاحتكاكية في العربية.

مشكلة الدراسة :

يهدف هذا البحث - إذن - إلى دراسة الأصوات الاحتكاكية في العربية في المجالين الأدائي والكمي. أما في المجال الأدائي فقد حرص الباحث على وصف العملية التي يتم بها إنتاج هذه المجموعة من الأصوات، وتصويتها phonation، مع التركيز على وصف التفصيلات التي تميزها باعتبارها مجموعة واحدة، وتميز كل صوت في المجموعة نفسها بسماته الخاصة.

وأما في المجال الفيزيائي الكمي فقد تناول البحث زمن تردد كل صوت احتكاكي وتردده: الأول F1، والثاني F2 ومتوسطهما، وكذلك طاقته، وضغطه. واستخدمت من أجل الوصول إلى هذا الهدف جهاز المختبر الصوتي المحوسب (Computer) CSL Speech Lab. واخترت لكل صوت عدداً من الكلمات التي تمثل مواقع الصوت فيها أولاً، ووسطاً، وآخر، متبوعاً بحركة قصيرة أو طويلة، وساكناً في وسط الكلمة وآخرها، كل ذلك إلى جانب موقعه منعزلاً.

الدراسات السابقة :

خطا البحث في دراسة الأصوات في اللغات الغربية في العقود الثلاثة الأخيرة خطوات كبيرة باستخدام الأجهزة الصوتية الحديثة. وقد خدمت اللغات الغربية خدمات جلي بدراسة الظواهر الصوتية فيها سواء أكانت من خصائص الاحتكاكيات أم من غيرها. وقد أفاد هذا البحث مما وصل إليه الدرس الصوتي في قياس بعض خصائص الاحتكاك

ومتوسطهما في تلك السياقات، وأنه قاس طاقة كل صوت احتكاكي وضغطه في السياقات المشار إليها، وأنه وقف على العلاقة بين هذه المتغيرات في دراسة الأصوات الاحتكاكية في العربية. وهذه أمور لم تقف على جوانبها أية دراسة أخرى على النحو الذي هي عليه في هذا البحث. ولذلك فإن في هذا البحث من النتائج ما لم تتوصل إليه دراسة أخرى .

ثانياً: بعض ما كتب في الإنجليزية عن الاحتكاكيات ما كتب عن الاحتكاكيات في الإنجليزية كثير نسبياً. ولكن أكثرها لم يتناول بالدراسة والتحليل العلاقة بين السياق الصوتي للصوت الاحتكاكي والمتغيرات الفيزيائية الآتية: زمن التردد، والتردد الأول والثاني ومتوسطهما، والطاقة، والضغط . وقد اخترت من بينها دراستين رأيت أنهما مفيدتان جداً في دراسة الاحتكاك. تمثل الأولى منها دراسة الاحتكاكيات المهموسة، وتمثل الثانية الاحتكاكيات في اللغة الإنجليزية. هاتان الدراستان هما:

Gordon، وبارثماير - Ba

على مستوى الإسهامات النظرية وأدبيات الدراسة والأعمال التجريبية المخبرية. ولكن لكل لغة ما يميّز أصواتها؛ ولذلك كان قياس الظواهر الصوتية فيها أمراً في غاية الأهمية، ولا يكفيها - نحن العرب - ما كتب في هذه اللغات عن ظاهرة الاحتكاك بعامه، وما كتب في لغة غربية ما عن أصواتها، وإن كان ذلك - على كل حال - مفيداً لمن يبحث في مثل هذه الموضوعات.

وقد ظهرت دراسات أجراها أصحابها على بعض أصوات العربية ومنها الاحتكاكيات طبعاً ، واستُخدمت الأجهزة الصوتية. وهذا حديث موجز عن بعض هذه الدراسات.

أولاً: ما كتب في العربية عن الاحتكاكيات

في العربية دراسة واحدة عن الأصوات الاحتكاكية في العربية هي دراسة ابتسام حسين جميل: الخصائص النطقية والفيزيائية للصوامت الاحتكاكية في العربية. هذا العمل دراسة استكملت بها صاحبها متطلبات الحصول على درجة الدكتوراه من الجامعة الأردنية سنة 2003. درست الباحثة في هذه الأطروحة مسائل معينة من الجانب النطقي للاحتكاكيات كالجهر والهمس وأثرهما في قوة الاحتكاك وضعفه. وتناولت الظاهرة النطقية للاحتكاكيات على أساس مواضع النطق. وعُنت الباحثة بالراسم الموجي وخصائص الطيف المتكوّن في الرسومات الطيفية spectrographs ، والشدة intensity ، وزمن النطق duration.

يختلف هذا البحث عن دراسة ابتسام حسين جميل في أنه درس زمن تردد كل صوت احتكاكي في سياقاته السيارة، وأنه قاس الترددات الأول والثاني

وأما المنهج التجريبي فقد اتخذته الدراسة سبيلا إلى القياس المخبري باستخدام جهاز النطق الحاسوبي CSL للوقوف على الخصائص الفيزيائية الكمية الآتية للأصوات الاحتكاكية في العربية: زمن التردد، والترددان الأول F1 والثاني F2، والطاقة، والضغط.

وأما المنهج الإحصائي فقد اتخذته الدراسة سبيلا إلى تصنيف النتائج وتحليلها بمقتضى المفاهيم الإحصائية المستخدمة في علم الإحصاء، وفي البحوث التي تعتمد على المنهج الإحصائي، ودرست العلاقة الإحصائية بين كل خصيصة وسائر الخصائص.

الوصف الأدائي للأصوات الاحتكاكية:

ربما كان وصف الطريقة التي يتم بها إنتاج الأصوات الاحتكاكية ونطقها أنسب مدخل إلى بيان حقيقتها واستخراج خصائصها. عندما ننطق أي صوت من أصوات هذه المجموعة يتم تضيق مجرى الهواء في موضع نطق الصوت تضيقاً كافياً لإحداث حفيف مسموع. وتيار الهواء ذو الطاقة المنخفضة لا يتأتى له المرور بتدفق لإحداث الحفيف. وهذا يعني أن الاحتكاك حتى يحدث لا بد له من تضيق كافٍ، وطاقة عالية، وضغط مناسب من أجل تمكينه من التدفق وإحداث الحفيف المسموع. وإذا لم يحدث التضيق بالدرجة المطلوبة لكل صوت احتكاكي لا يحدث الاحتكاك، حتى وإن استمرّ دفع تيار الهواء.

إن استمرار دفع تيار الهواء عند نطق الاحتكاكيات fricatives هو الذي جعل ديفيد كريستال David Crystal يطلق عليها مصطلح الانسيابية spirant

الأشكال، وأن زمن التردد كان أقل تأثيراً في إحداث الفروق بين الأصوات الاحتكاكية .

2. دراسة يونغمان Jongman وون Wang وسيرينو Sereno ، وهذه الدراسة منشورة على الشبكة العنكبوتية بعنوان:

Acoustic and perceptual properties of English fricatives

تناولت هذه الدراسة البحث في إدراك العلاقة بين الصوت الاحتكاكي وخصائصه الطيفية، وأثر سعة الصوت، وسعة الضجيج، والسعة النسبية في تشكيل الصورة النطقية للأصوات الاحتكاكية في الإنجليزية. وقد درس الباحثون هذه الأصوات في مقاطع. وأسفرت الدراسة عن أن سعة الضجيج والسعة النسبية أكثر تأثيراً في بيان سمات الصوت الاحتكاكي في الإنجليزية.

منهج الدراسة :

تجمع هذه الدراسة بين المنهج الوصفي التحليلي، والمنهج التجريبي الذي يعتمد على القياسات المخبرية، والمنهج الإحصائي. أما المنهج الوصفي التحليلي فقد اتخذته الدراسة سبيلا إلى توصيف ظاهرة الاحتكاك من الناحية النطقية بالاعتماد على ما قرره علماء الأصوات المتقدمون والمتأخرون، وناقش البحث مقولات بعض العلماء العرب المتأخرين في إثبات الاحتكاك لأصوات جعلوها في قائمة الاحتكاكيات وليست منها. وعلاوة على أن البحث يجمع بين التراث والمعاصرة في محاكاة عملية التوصيف الصوتي فإنه يحاول أن يجد سبيلا إلى استقلال التصور في ما ليس له سابقة هنا أو هناك، فكانت النتائج التي توصل إليها البحث.

الاحتكاكية ودرجات ضغط الأصوات الوقفية، فكان الفرق بينهما كبيراً، وليس هذا البحث مجالاً للحديث عن المقابلة بين هاتين الفئتين من الأصوات. بذلك ننتهي إلى الأمور الآتية التي تميّز إنتاج الصوت الاحتكاكيّ :

1. إبقاء مجرى الهواء مفتوحاً في موضع النطق طيلة مدة نطقه.

2. إبقاء التضييق على الدرجة التي تؤدي إلى احتكاك، فإذا لم يؤدّ هذا التضييق إلى احتكاك لا يمكن أن يكون الصوت احتكاكياً.

3. التحكم بدرجة التوسعة والتضييق مع إبقاء أقصى درجة في التوسعة قابلة لإحداث احتكاك. وتختلف حجرة تضييق الصوت الاحتكاكي من صوت إلى آخر، ومن كيفية في النطق إلى كيفية أخرى. فحجرة التضييق عند نطق السين مثلاً يبلغ حجمها 2 ملم³، ويتراوح حجم حجرة التضييق في سائر الاحتكاكيات بين 6 - 12 ملم³. وعند توسعة التضييق في نطق الصوت الاحتكاكي على النحو التقريبي⁽³⁾ تصل سعة الحجرة إلى 20 ملم³، كما جاء في إحدى الدراسات⁽⁴⁾. هذا يعني أن هناك غايتين في إنتاج الأصوات الاحتكاكية هما: أضييق حجرة لإحداث الاحتكاك، وأوسع حجرة كافية لإحداثه. وبين هاتين الغايتين درجات متعددة للتضييق، ينجم عنها درجات متعددة في الضغط، وسرعة الهواء، وقوة الاحتكاك. فإذا زاد التضييق إلى غايته الممكنة ازداد مستوى ضغط الصوت؛ لأنّ الضغط يتناسب عكسياً مع الحجم، وينجم عن ذلك أيضاً أن تزداد سرعة الهواء، فتزداد قوة الاحتكاك. فهي عمليات متصلة متعاقبة، لكنّ الإنسان يحسّ كأنها تحدث متزامنة في وقت واحد بسبب السرعة

⁽¹⁾ بحجة أنّ الهواء لا يتوقف عند نطقها، وأنه تبعاً لذلك يصحّ أن توصف بأحد المصطلحين. والصحيح أنّ الانسياب يحدث عند نطق كل صوت استمراري continuant سواء أكان احتكاكياً أم غير احتكاكي، مثال ذلك ما يحدث في نطق نصف الحركة الأمامي (الياء غير المدّية)، وفي نطق نصف الحركة الخلفي (الواو غير المدية).

إنّ ثمة اختلافاً بين دفق الاحتكاكيات ودفق سائر الصوامت الاستمرارية، وهو أنّ دفق الهواء يكون أقوى في نطق الصوت الاحتكاكي مما يكون عليه في نطق سائر الصوامت الاستمرارية. ويقاس دفق الصوت بالأجهزة الصوتية الحديثة بدقة بالغة، وكذلك سرعة الهواء. ويتناسب الدفق والسرعة طردياً مع درجة التضييق؛ فكلما زاد التضييق زادت سرعة الهواء، وزاد دفته في موضع النطق. وإن عبور الهواء بسرعة عبّر التضييق يوضح لنا كيف أنّ موضع النطق في الأصوات الاحتكاكية هو محلّ مضاعفة الدفق. والأمر مختلف تماماً عند نطق الأصوات الوقفية stop sounds مثلاً، فموضع نطق الصوت الوقفي هو محلّ إعادة تعبئة هذا الصوت؛ بمعنى أنّ توقف الهواء خلف موضع النطق في الأصوات الوقفية يجعل الضغط يصل لحظياً momentarily إلى درجة الصفر، فيحدث ما يسمى الضغط السالب negative pressure؛ ويصبح الضغط عند أدنى درجاته minimum pressure أقل من درجة المحيط الخارجي⁽²⁾، على الرغم من وجود طاقة كبيرة نسبياً في نطق الصوت الوقفي، ولا يكون كذلك ضغط الصوت الاحتكاكي؛ إذ لا يكون ضغطه أقل من ضغط المحيط الخارجي. وقد قست ذلك بنفسه في جهاز CSL، وقابلت بين درجات ضغط الأصوات

في التعاقب.

هذا أن يؤدي إلى صبغ الصوت الاحتكاكي بما تكون عليه درجة الرطوبة في موضع نطقه. وحتى أوضح هذه المسألة أقول: إن سرعة الهواء عند نطق الشين تجف شياً من الرطوبة في موضع النطق، فيظهر الشين خشناً جافاً. ويحدث تجفيف شياً من رطوبة الهواء عند نطق الفاء في موضع نطقه بين الأسنان العليا وباطن الشفة السفلى. يظهر هذا عند مقابلة نطق الفاء بأصوات احتكاكية أخرى، فيظهر في الفاء دفق جاف لا نجد مثله في السين والزاي مثلاً .

يقسم بعض علماء الأصوات الاحتكاك - بحسب شكل التضييق - قسمين⁽⁵⁾: أولهما الاحتكاك المقعر grooved friction، وهو الذي يصحب حدوثه - في موضع نطق الصوت - وهدة أو تقعر في الطرف الأمامي للسان، ويكون هذا التقعر ضيقاً أفقياً، متسعاً رأسياً (نسبياً)، فلا يكون لهذا التقعر امتداد أفقي ظاهر، فيقرب أن يكون انتشار الهواء عمودياً، ويكون أكثر احتكاك جزئيات الهواء بما لا مسها أعلى التقعر وأسفله أي على نحو مما يأتي :

(أ) بين اللسان وما يقابله من اللثة، كما يحدث في احتكاك الأصوات الصفيرية: السين والصاد والزاي .

(ب) بين اللسان وما قابله من مقدمة الغار كما يحدث في احتكاك الشين.

وثانيهما الاحتكاك المسطح slit friction، وهو الذي يكون فيه ممر الهواء متسعاً أفقياً (نسبياً) ، ضيقاً رأسياً ، فيكون أظهر احتكاك جزئيات الهواء بما لامسته من موضع النطق من بدايته إلى نهايته أفقياً ، ويظهر هذا في نطق سائر الاحتكاكيات.

ويقسم علماء آخرون الاحتكاك - من حيث محيطه - قسمين: احتكاك موضعي، واحتكاك

أما الغاية الثانية فهي في توسعة منطقة التضييق إلى أقصى درجة ممكنة من التوسعة، بشرط ألا يتلاشى الاحتكاك. في هذه الحال يقل الضغط بسبب اتساع موضع النطق، وتقل سرعة الهواء، ويضعف الاحتكاك. وبين هاتين الغايتين كما قلنا درجات من التضييق. وأهم ما نلاحظه في الكلام العادي أننا لا نبلغ بأي صوت احتكاكي غايته القصوى في التضييق والضغط وقوة الاحتكاك، كما لا نبلغ الدرجة القصوى في التوسعة وقلة الضغط، وضعف الاحتكاك. هذا في الكلام العادي طبعاً. لكننا عندما نطق الصوت الاحتكاكي مفرداً، بخاصة في المواقف التعليمية، فقد نبلغ به غايته القصوى في التضييق أو قريباً منها، ويتولد ضغط أعلى، وسرعة أكبر، واحتكاك أقوى.

من المعلوم أن الاحتكاك يجري في وسط رطب. وهذا من شأنه أن يجعل الأصوات الاحتكاكية إجمالاً متأثرة بهذا الوسط الرطب. صحيح أن الأصوات اللغوية كلها تجري في وسط رطب هو القناة الصوتية من أول نقطة فيها إلى آخر نقطة. لكن الهواء عند نطق الأصوات الاحتكاكية يكون تماسه بالوسط الذي يمر فيه، أكبر من التماس الذي يكون عند نطق الأصوات الأخرى، وحسبنا دليلاً على ذلك الحفيف نفسه؛ فتؤثر الرطوبة - لدى احتكاك الهواء بما لأمس من القناة الصوتية - في الأصوات الاحتكاكية تأثيراً واضحاً. وعلى الرغم من القفل التام الذي يحدث عند نطق الأصوات الوقفية، فإن التماس التفاعلي الذي تحدثه رطوبة القناة الصوتية عند نطق هذه المجموعة لا يكون كالذي يحدث عند نطق الأصوات الاحتكاكية . تتفاوت درجات الرطوبة عند إنتاج الأصوات الاحتكاكية من صوت إلى آخر. ومن شأن

وثانيتها إدخال الضاد في قائمة الأصوات الرخوة إدخالاً لا يقبل التأويل. وما قاله سيبويه في هاتين القضيتين صحيح لا غبار عليه بمقتضى المفاهيم الصوتية المعاصرة. ولا آخذ بقول من يتسرع بتخطئة سيبويه في هاتين القضيتين أو إحداهما. هذا الفهم الدقيق الذي نجده عند سيبويه في وصف العين قد لا نجد شبيهاً له عند بعض المعاصرين؛ فأكثرهم على القول إن العين صوت احتكاكي، ولا دليل لأي واحد منهم على صحة ذلك، بل إن الدليل العلمي يثبت خلاف ذلك؛ فالأجهزة الصوتية تثبت عدم وجود احتكاك عند نطق العين.

يوشك المعاصرون أن يجمعوا على كون العين صوتاً احتكاكياً. ولكن الدكتور كمال بشر يرى أنه أقل الاحتكاكيات احتكاكاً؛ ربما لأن حسه الدقيق يتوقف عن إطلاق الوصف بأنه احتكاكي، ولكنه لا يملك الدليل القاطع على نفي الاحتكاك عنه فذهب إلى ما قاله الآخرون، مع تخفيف الحكم بأن جعل العين أقل احتكاكاً، يقول الأستاذ بشر: «والحق أن تكوين العين فيه غموض لم يتضح لنا تفسيره بعد، وهي أقل الأصوات الاحتكاكية احتكاكاً»⁽⁸⁾.

قلت: أما أن في العين غموضاً فنعم إذا كان الغموض في الفهم لا في الصوت نفسه، ودليل وجود هذا الغموض عند المعاصرين ما يشبه الإجماع على القول باحتكاكيته. وأما قوله: لم يتضح تفسيره ففيه نظر؛ ذلك أنه عند نطق العين تتوتر عضلات الحلق، وينجم عن ذلك توتر عمود الهواء، وزيادة تردداته. وإن الصوت الذي يحدثه توتر عمود الهواء وعلو تردده هو الذي نسميه عيناً. ألا ترى أن المرء إذا استفرغ توتر حلقه فكان مع ذلك توتر تيار الهواء فيسمع العين؟ في هذا التوتر درجة عالية

حجرة. ويوضح ذلك أستاذنا كينيث بايك Kenneth Pike فيقول: الاحتكاك الموضوعي هو الذي يكون في موضع نطق الصوت، واحتكاك الحجرة هو الذي يكون في الحجرة الفموية⁽⁶⁾. والحق أن احتكاك الحجرة لا وجود له؛ إذ إن الهواء في الحجرة الفموية عند نطق الأصوات غير الاحتكاكية يتحرك على سعة نسبية، ولا يكون في هذه الحركة ما يؤدي إلى حفيف مسموع فأنى يكون في هذه الحالة احتكاك؟ إن أهم ما ينبغي أن نعرفه في وجود الاحتكاك هو ملازمة الهواء لموضع النطق ملازمة حكّ وحفيف مسموع، وليس مجرد ارتطام كما يحدث في الأصوات غير الاحتكاكية.

أما من حيث الجهر والهمس ففي العربية اثنا عشر صوتاً احتكاكياً منها أربعة مجهورة هي: الذال، والزاي، والظاء، والغين. وأما سائرها - وهي ثمانية - فهي مهموسة أعني: التاء، والحاء، والخاء، والسين، والشين، والصاد، والفاء، والهاء. بهذا التقسيم تكون العين خارج دائرة الاحتكاك. وأجد من الضروري قبل الحديث عن أدلة خروجها من دائرة الاحتكاك أن أورد ما قاله سيبويه بشأن هذا الموضوع؛ فقد ذكر الأصوات الرخوة - والرخوة مصطلح يقابل الاحتكاكيات في أيامنا هذه - فأخرج منها العين وقال «ومنها الرخوة وهي: الهاء، والحاء، والغين، والخاء، والشين، والصاد، والضاد، والزاي، والسين، والظاء، والتاء، والذال والفاء.... وأما العين فبين الرخوة والشديدة، تصل إلى التردد فيها لشبهها بالحاء»⁽⁷⁾.

في هذا النص قضيتان ظاهرتان أولاهما إخراج العين من دائرة الرخاوة أي الاحتكاك صراحة، فقد جعلها سيبويه بين الأصوات الرخوة والشديدة.

«⁽¹¹⁾ هذا يعني صراحة أن ثلاثة من أصوات الإطباق يقابلها نظائر مرققة لها؛ فالطاء يقابله الدال - على اعتبار أن الطاء كان ينطق مجهوراً، وبذلك يكون الدال لا التاء هو نظيره المرقق - والصاد يقابله السين، والطاء يقابله الذال. ولو كان الضاد صوتاً وقفياً كما ينطق في عربيتنا الفصيحة المعاصرة لكان مقابلاً للدال؛ فنحن ننطق هذا الصوت في العربية الفصيحة المعاصرة مفخماً للدال. ولما لم يكن الأمر على هذا النحو فقد أخرج سيبويه من دائرة مقابله للدال وقال: ولخرجت الضاد من الكلام لأنه ليس شيء من موضعها غيرها؛ أي أنه ليس للضاد الذي كانوا ينطقونه في ذلك العهد مقابل مرقق، فهو ليس صوتاً شديداً (وقفياً) لقد كان ذلك الصوت ينطق في أيامهم رخواً (احتكاكياً)، ولم يكن لذلك الصوت في الصيغة القديمة صوت مرقق يقابله. ومن الجدير بالذكر أن تلك الصيغة لم تعد موجودة إلا في لهجة واحدة فقط هي اللهجة الشحرية في سلطنة عمان. وقد استمعت إلى هذا الصوت مشافهة ووجدته مطابقاً لما وصفته به.

الوصف الكمي والإجراءات المخبرية

يعدّ الوصف الفيزيائي ترجمة مخبرية للوصف النطقي، بل إن بعض الخصائص النطقية الأدائية لم تكتشف إلا في المختبرات الصوتية. اخترت لكل صوت من الأصوات الاحتكاكية أشهر مواقعها: منعزلاً، ومتصلاً في أول الكلمة ووسطها وآخرها، متحركاً وساكناً، ثم قست زمن تردد هذه الأصوات في هذه المواقع، وترددتها الأول والثاني ومتوسطهما، والطاقة، والضغط، وهذه هي الأصوات في مواقعها

من التردد لا يكون معها شيء من الاحتكاك. بل إن توتر الهواء وعلو تردده هو الذي يجعل العين من أوضح الصوامت رنيناً resonance، ومن أظهرها في الوضوح السمعي sonority. وقد استخدمت المختبر الصوتي CSL في تشخيص احتكاكه فلم أجد للاحتكاك أي أثر في نطقه. وربما كان هذا الذي توصلنا إليه باستخدام المختبر الصوتي واضحاً في حسّ سيبويه حين قال عن العين: «تصل إلى التردد فيها». ذلك صحيح إذا اعتبرنا أن شدة التردد هي ما نسميه الآن توتر عمود الهواء؛ ذلك التوترنفسه الذي يكون في نطق العين.

أما إدخال سيبويه الضاد في قائمة الأصوات الرخوة (الاحتكاكية) فاحتمال الخطأ فيه غير وارد في نظري لأسباب كثيرة منها إدراكه الدقيق لمفهومى الشدة والرخاوة وسلامة تطبيقه لهذين المفهومين؛ فعند نطق الأصوات الوقفية التي سماها (الشديدة) يتوقف تيار الهواء تماماً، وهذا لا يكون في الأصوات الرخوة، وهذه هي عبارته بهذا الشأن: «ومن الحروف الشديداً، وهو الذي يمنع الصوت أن يجري فيه»⁽⁹⁾. وقد فسّر هو نفسه مفهوم التوقف حين قال «وذلك أنك لو قلت: الحَجّ، ثم مددت صوتك لم يجر ذلك»⁽¹⁰⁾؛ أي لو أنك مددت صوتك بالجيم لم يجر الهواء. فمفهوم التوقف عنده واضح، ففيم يخطئ في تطبيق ذلك على الضاد - إذا كان الضاد وقفياً كما ينطق الآن - ولم يخطئ في تطبيق هذا المفهوم الواضح على سائر الأصوات الوقفية ؟

ومن أدلة كون الضاد احتكاكياً في النطق الذي كان في زمن سيبويه قوله «ولولا الإطباق لصارت الطاء دالا، والصاد سيناً، والطاء ذالا، ولخرجت الضاد من الكلام؛ لأنه ليس شيء من موضعها غيرها

بعد ذلك رتبُ النتائج العامة للاحتكاكيات تنازلياً، وجعلت لها جدولاً، ثم جدولاً للتردد الأول لها جميعاً، وهكذا. وقد جعلت هذه الجداول في متن البحث. وجعلت لكل صوت احتكاكي جدولاً واحداً أظهرت فيه القياسات المذكورة في سياقات الصوت التي درستها. وهذه الجداول من 10 إلى 21 جعلتها ملحقات بالبحث، والنتائج مأخوذة من هذه وتلك. سأذكر في ما هو آت القياسات التي حصلت عليها من جهاز CSL للأصوات الاحتكاكية .

أولاً: زمن التردد

زمن التردد هو المدة التي تحدث فيها الذبذبة الواحدة. والثانية مقسمة على ألف جزء هي وحدة قياس زمن التردد، وهي كذلك في جهاز CSL الذي استخدمناه في هذه الدراسة.

1. مقادير زمن التردد

تبين لنا في هذه الدراسة أمور كثيرة بشأن زمن التردد من أهمها أن زمن التردد يطول إذا كان الصوت مفرداً منعزلاً عن أي سياق صوتي. وحتى لا يؤثر مقدار تردد الصوت المنعزل في متوسط السياقات الصوتية للصوت الواحد فقد عزلت قيمة زمن تردد كل صوت احتكاكي - وهو منعزل - عند استخراج متوسطات زمن التردد، فلم أدخله في حساب متوسط زمن تردد كل صوت. ومع ذلك أثبتت مقادير زمن التردد في الجداول الملحقه بالبحث لمعرفة زمن تردد الصوت الاحتكاكي وسائر قياساته وهو منعزل. الجدول (1) يوضح زمن التردد للأصوات الاحتكاكية مرتبة ترتيباً تنازلياً.

مرتبة بحسب ورودها في النظام الأبجدي:

مواقع الثاء: منعزلاً وفي: ثمر، ثاني، ثمن (بضمين) ثوبوا، متنى، ثقة، وثيقة، تراث (بالتسكين).

مواقع الحاء: منعزلاً وفي: حدث، حادث، حمرة، حوت، حرص (بكسر الحاء)، حيلة، رحمة، راح (بالتسكين).

مواقع الخاء: منعزلاً وفي: خمسة، خامس، خذ، خوذة، خلسة، خيفة، مخروم، فرخ (بالتسكين).

مواقع الذال: منعزلاً وفي: ذليل، ذلك، ذباب، ذودوا، ذراع، ذيب، مذنب، والذال الثاني في رذاذ (بالتسكين).

مواقع الزاي: منعزلاً وفي: زرع، زارع، زرع، زوراً، زراعة، زينة، مزهر، فريز (بالتسكين).

مواقع السين منعزلاً، سبج، سبجان، سودان، سبر، سيروا، مسرى، فراس (بالتسكين).

مواقع الشين: منعزلاً وفي: شادي، شباط، شوري، شراء، شيد، مشدود، فراش (بالتسكين).

مواقع الصاد: منعزلاً وفي: صبر، صابر، صنع، صورة، صناعة، صيني، مصر، قرص.

مواقع الطاء: منعزلاً وفي: ظلم، ظالم، ظلم، منظور، ظباء، نظير، مطروف، غيظ (بالتسكين).

مواقع الفين: منعزلاً وفي: غرس، غارس، غراب، غول، غراس، غيرة، ثغر، فرغ (بالتسكين).

مواقع الفاء: منعزلاً وفي: فقير، فارس، فقراء، فول، فداء، فيل، نفس، رغيف (بالتسكين).

مواقع الهاء: منعزلاً وفي: هدى، هادي، دى، هود، هيام (بالكسر)، فهيم، فهم، فداء (بالتسكين).

الجدول (1)

الترتيب التنازلي لزمن تردد الاحتكاكيات

الترتيب	الصوت	زمن التردد
1	السين	0ر184
2	الزاي	0ر173
3	الذال	0ر169
4	الخاء	0ر147
5	الصاد	0ر146
6	الحاء	0ر140
7	الطاء	0ر139
8	الغين	0ر135
9	الشين	0ر134
10	الفاء	0ر104
11	الثاء	0ر097
12	الهاء	0ر076

2. أثر السياقات الصوتية في زمن التردد

باستقراء الجداول الملحقه بهذا البحث نتوقف عند النتائج الآتية:

أولاً: إن أعلى درجة لزمن تردد أي صوت احتكاكي هي درجة زمن تردده وهو منعزل. ينطبق هذا على جميع الأصوات الاحتكاكية في العربية دون استثناء. يليه في المرتبة الثانية وقوع الصوت الاحتكاكي ساكناً في الآخر. وهذا ينطبق على الأصوات الثمانية الآتية فقط: الثاء، والحاء، والخاء، والذال، والزاي، والسين، والشين، والصاد.

ثانياً: إن ثمة تقارباً بين زمن التردد لسبعة من الاحتكاكيات عندما يكون الواحد منها متبوعاً بفتحة وزمن تردده عندما يكون متبوعاً بألف. هذه الأصوات هي: الحاء، والخاء، والذال، والزاي، والصاد، والطاء، والفاء (انظر الجدول 2) .

الجدول (2)

السياقات الصوتية لسبعة احتكاكيات متبوعة

بفتحة أو ألف وزمن ترددها

سياق الصوت	زمن التردد	الإجراء	سياق الصوت	زمن التردد
حاء حدث	0ر110ث	مقابل	حاء حادث	0ر121ث
حاء خمسة	0ر097ث	مقابل	حاء خامس	0ر099ث
ذال ذليل	0ر155ث	مقابل	ذال ذلك	0ر154ث
زاي زرع	0ر137ث	مقابل	زاي زارع	0ر131ث
صاد صبر	0ر102ث	مقابل	صاد صابر	0ر113ث
طاء ظلم	0ر105ث	مقابل	طاء ظالم	0ر121ث
فاء فقير	0ر052ث	مقابل	فاء فارس	0ر078ث

يُفهم من هذا الجدول أن زمن تردد الواحد من أصوات هذا الجدول يتأثر بطول الحركة ارتفاعاً

يظهر في هذا الجدول أمور كثيرة ينبغي أن نقف عندها، منها أن أعلى زمن لتردد الأصوات الاحتكاكية هو زمن تردد السين، وأدناها هو زمن تردد الهاء. ومنها أن التناقص في زمن التردد على النحو الذي يظهر في الجدول تناقص متدرج . هذا يعني أن الاحتكاك يعمل فيها جميعاً عملاً منظماً متقاربة سماته العامة ومقاديرها. ومنها أن الجهر والهمس ليس لهما أثر واضح في زيادة زمن تردد الأصوات الاحتكاكية أو نقصانه؛ فالجدول يبدأ بأعلى درجة في زمن التردد حيث السين المهموس 0ر184 من الثانية؛ يليه الزاي 0ر173 من الثانية؛ يليه الذال المجهور 0ر169 من الثانية. ومما يمكن ملاحظته كذلك أن أدنى ثلاث درجات في زمن التردد هي: الفاء والثاء والهاء. وإن قصر زمن تردد الأصوات الثلاثة هذه يسهم في عدم وضوحها السمعي؛ لأن هذا القصر يؤدي إلى تأدية الصوت بما يشبه الخطف السريع.

وانخفاضاً. صحيح أنّ الارتفاع والانخفاض ضئيل ولا يكاد يذكر، ولكنه تغيّر يشير إلى أثر طول الحركة في طول زمن التردد. فالحاء والحاء والصاد والطاء والفاء يزيد زمن تردها عندما تكون متبوعة بالألف، عما عليه هذا التردد عندما تكون هذه الأصوات متبوعة بفتحة. وفي المقابل ينقص زمن تردد الذال والزاي عندما يكونان متبوعين بألف عما عليه زمن تردهما عندما يكونان متبوعين بفتحة.

ثالثاً: يظهر التقارب بين زمن التردد لتسعة من الاحتكاكيات عندما يكون الواحد منها متبوعاً بضمّة، وزمن تردها عندما يكون متبوعاً بواو المدّ. هذه الأصوات هي: التاء، والحاء، والحاء، والذال، والزاي، والسين، والشين، والغين، والهاء (انظر الجدول 3).

الجدول (3)

السياقات الصوتية لتسعة احتكاكيات متبوعة بضمّة أو واو وزمن تردها

سياق الصوت	زمن التردد	الإجراء	سياق الصوت	زمن التردد
تاء ثَمَن	0,046رث	مقابل	تاء ثوبوا	0,031رث
حاء حَمَرَة	0,103رث	مقابل	حاء حوت	0,094رث
حاء حَذ	0,144رث	مقابل	حاء خوذة	0,120رث
ذال ذباب	0,174رث	مقابل	ذال ذودوا	0,174رث
زاي زرع	0,200رث	مقابل	زاي زوراً	0,179رث
سين سَبْجان	0,125رث	مقابل	سين سودان	0,166رث
شين شَباط	0,121رث	مقابل	شين شوري	0,124رث
غين غراب	0,132رث	مقابل	غين غول	0,165رث
هاء هدى	0,054رث	مقابل	هاء هود	0,054رث

مقارِباً لزمن تردها عندما تكون متبوعة بواو المدّ. وعلى الرغم من هذا التقارب فإنّ ثمة تفاوتاً بين هذين السياقين؛ فينقص زمن التردد عندما يكون الصوت الاحتكاكي متبوعاً بواو عما عليه زمن ترده هو نفسه عندما يكون متبوعاً بضمّة، كما هو في زمن تردد الأصوات الآتية: التاء، والحاء، والحاء، والزاي. لكنّ زمن تردد السين والشين والغين يزداد عندما تكون هذه الأصوات متبوعة بواو المدّ عما عليه زمن تردها عندما تكون متبوع بضمّة. وأما زمن تردد الذال لا يتغير في السياقين، كما هو في زمن الذال والهاء.

في ضوء ذلك يمكن القول إنّ زمن تردد أصوات هذا الجدول لا يتأثر بكون الاحتكاك مخندقاً أو مسطحاً؛ فثمة ارتفاع لزمن بعض الاحتكاكيات المسطحة كما هو الحال في التاء والحاء والحاء والذال، وثمة انخفاض لزمن تردد أصوات مسطحة أخرى كما هو الحال في الغين والهاء.

ولاً أثر كذلك للجهر والهمس؛ فأول ثلاثة أصوات مهموسة، يليها صوتان مجهوران، ثم مهموسان، ثم مجهور، فمهموس. وهذا دليل على أنّ مقادير زمن التردد إنما كان على هذا النحو أو ذاك ليس بسبب وجود هذه المتغيرات.

رابعاً: يظهر التقارب بين زمن التردد لتسعة احتكاكيات عندما يكون الواحد منها متبوعاً بكسرة وزمن تردها عندما يكون متبوعاً بياء المدّ. هذه الأصوات هي: التاء، والحاء، والحاء، والذال، والزاي، والسين، والصاد، والفاء، والهاء (انظر الجدول 4).

عند قراءة هذا الجدول يتبيّن أنّ أكثر الأصوات الاحتكاكية يكون زمن تردها وهي متبوعة بضمّة

الجدول (4)

السياقات الصوتية لتسعة احتكاكيات متبوعة بكسرة أو ياء وتردداتها

سياق الصوت	زمن التردد	الإجراء	سياق الصوت	زمن التردد
ثاء ثقفة	0,061ر ث	مقابل	وثيقة	0,097ر ث
حاء حُرّص	0,085ر ث	مقابل	حاء حيلة	0,100ر ث
حاء خلسة	0,112ر ث	مقابل	حاء خيفة	0,149ر ث
ذال ذراع	0,146ر ث	مقابل	ذال ذيب	0,147ر ث
زاي زراعة	0,168ر ث	مقابل	زاي زينة	0,198ر ث
سين سرّ	0,172ر ث	مقابل	سين سيروا	0,188ر ث
صاد صناعة	0,138ر ث	مقابل	صاد صيني	0,156ر ث
فاء فداء	0,128ر ث	مقابل	فاء فيل	0,120ر ث
هاء هيام	0,064ر ث	مقابل	هاء فهيم	0,099ر ث

نجد في الجدول (4) نقيض ما وجدناه في الجدول السابق؛ فإن زمن تردد تسعة من الأصوات الاحتكاكية ينقص عما عليه الصوت نفسه عندما يكون متبوعاً بكسرة باستثناء صوت واحد هو الفاء.

ثانياً: تردد الأصوات الاحتكاكية

تردد الصوت هو ذبذبة جزيئات الهواء في الثانية أو أجزاءها، وهو عدة مستويات أهمها: التردد الأول F1، والتردد الثاني F2. وهذان الترددان هما اللذان يعنينا في هذه الدراسة، وكذلك متوسطهما. وإنما كان المتوسط مهماً لمعرفة القدر الذي يسهم فيه التردد الثاني لرفع الانخفاض الذي يكون عادة في التردد الأول.

في ما هو آت بيان للترددين الأول والثاني للأصوات الاحتكاكية ومتوسطهما، مما كنا قد حصلنا عليه من نتائج من جهاز CSL.

1. التردد الأول F1

يتأثر التردد الأول بمقدار الدفع الاستهلاكي الذي تكون عليه الموجات الصوتية، ويتأثر كذلك بالجهر والهمس. يُظهر الجدول (5) التردد الأول للأصوات الاحتكاكية مرتبة ترتيباً تنازلياً.

الجدول (5)

الترتيب التنازلي للتردد الأول للاحتكاكيات

الترتيب	الصوت	التردد الأول
1	الشين	1616
2	الصاد	1166
3	السين	1093
4	الحاء	912
5	الفاء	902
6	الحاء	837
7	الهاء	635
8	الهاء	598
9	الفين	435
10	الزاي	400
11	الطاء	351
12	الذال	297

عند النظر في هذا الجدول تتبين لنا الحقائق الآتية:

1. إذا نظرنا إلى الاحتكاكيات باعتبار الجهر والهمس تبين لنا أنّ أول ثماني مراتب تحتلها الأصوات الاحتكاكية المهموسة: الشين، والصاد، والسين، والحاء، والفاء، والحاء، والهاء. أما المراتب الخمس الأخيرة فقد شغلتها الاحتكاكيات المجهورة. وعلى ذلك ننتهي إلى النتيجة الآتية: إنّ التردد الأول في الاحتكاكيات المهموسة في العربية أعلى من التردد الأول لنظائرها المجهورة.

وهو أنّ الدفق الموجي للأصوات يزداد بعد التردد الأول فيزداد التردد الثاني. وسبب الزيادة هو أنّ الطاقة التي ينشأ عنها التردد ذات فاعلية، وتظهر فاعليتها في تنشيط التردد الثاني. وهذا جزء مما يسمّى تنشيط الطاقة⁽¹²⁾ energy activation.

2. الاختلاف بين الجدولين 5 و 6 في ترتيب ترددي الاحتكاكيات ضئيل؛ وأظهر ما في هذا الاختلاف أنّ التردد الأول للذال كان أدنى مرتبة في الجدول (5) في حين أصبح التردد الثاني للظاء في المرتبة الأخيرة؛ فالتردد الثاني لهذا الصوت هو الأدنى في سلم الترتيب التنازلي. وفي ما عدا ذلك فإن ترتيب الأصوات في الجدولين لا يكشف عن أهمية كبيرة في اختلافها. ومما نجده كذلك أنّ الشين والصاد والسين احتلت المراتب الثلاث الأولى في الجدولين 5 و 6.

الجدول (6)

الترتيب التنازلي للتردد الثاني للاحتكاكيات

F2	الصوت	الترتيب
2340	الشين	1
2053	الصاد	2
1863	السين	3
1750	الفاء	4
1714	الثاء	5
1702	الحاء	6
1660	الحاء	7
1627	الزاي	8
1514	الهاء	9
1439	الذال	10
1419	الغين	11
1066	الظاء	12

2. إذا نظرنا إلى كون الاحتكاك مخندقاً أو منبسطاً، تبين لنا أنّ أعلى درجات التردد الأول في الاحتكاكيات هي للاحتكاكيات المخندقة grooved fricatives باستثناء صوت الزاي. وتبين كذلك أنّ الأصوات الصفيرية الثلاثة المهموسة هي في أعلى درجات التردد الأول.

3. ليس للإطباق أي أثر في زيادة قيمة التردد الأول؛ فالتردد الأول للصاد أعلى من التردد الأول للسين. وأما الظاء فقد كان تردده الأول أعلى من نظيره المرقق وهو الذال.

4. ليس لكون الصوت أمامياً أو خلفياً أي أثر في زيادة قيمة التردد الأول إلا إذا اعتبرنا أول ثلاث مراتب (للشين، والصاد، والسين)؛ فهذه كلها أصوات أمامية.

5. إذا نظرنا إلى التردد الأول للشين وجدناه يتصدر قائمة التردد الأول للاحتكاكيات كلها، فقد وصل إلى 1616 هيرتز، وهذه القيمة تزيد على قيمة التردد الأول للذال - وهو أدناها جميعاً- بما هو أكثر من خمسة أضعاف التردد الأول للذال؛ إذ إنّ قيمة تردد الذال هو 297 هيرتز. إنّ علو التردد الأول للشين ناجم عن انتشار جزيئات في حجرة ممتدة نسبياً، وهذا موافق لمفهوم تفشي الشين في التراث العربي.

2. التردد الثاني F2

عند النظر في قيم التردد الثاني يتبين لنا ما يأتي:

1. إن قيم التردد الثاني أعلى من قيم التردد الأول في جميع الاحتكاكيات؛ والسبب في هذا واضح

3. المتوسط الحسابي للترددين

بسبب ارتفاع قيم التردد الثاني للاحتكاكيات فإن انخفاض التردد الأول لبعضها لا يؤثر في ترتيب المتوسط الحسابي للترددين. فقد ظل الشين والصاد والسين في أول ثلاث مراتب في الجدول (7)، كما كان ترتيبها في الجدولين 5 و 6.

هذا يعني أنّ ثلاثة الأصوات هذه هي الأعلى تردداً في الاحتكاكيات في اللغة العربية على مستوى الترددين الأول والثاني، وفي متوسط الترددين تبعاً لذلك. ونستطيع أن نستخلص من ذلك أنّ كون هذه الأصوات ذات احتكاك مخنق هو الذي يؤدي إلى رفع ترددها لتصدر قائمة الترددين الأول والثاني، وقائمة متوسط هذين الترددين.

الجدول (7)

متوسط الترددين الأول والثاني للاحتكاكيات

المرتبة	الصوت	متوسط الترددين
1	الشين	1978
2	الصاد	1609
3	السين	1593
4	الفاء	1328
5	الحاء	1272
6	الخاء	1270
7	الثاء	1174
8	الهاء	1056
9	الزاي	951
10	الفين	927
11	الذال	868
12	الظاء	708

ثالثاً: طاقة الأصوات الاحتكاكية

يُعرّف بعض العلماء الطاقة بأنها مقدار التفاعل بين موضوعين أو أكثر⁽¹³⁾، ويعرفها آخرون بأنها مقدار تأثير نظام في نظام آخر⁽¹⁴⁾. سنوضح في ما هو آت مقادير طاقة الأصوات الاحتكاكية التي حصلنا عليها من جهاز CSL ومقدار تأثير السياقات الصوتية في طاقة هذه الأصوات.

1. مقادير الطاقة

عند النظر في مقادير طاقة الاحتكاكيات في العربية يتبين لنا أنّ هذه الأصوات جميعاً ودون استثناء عالية. فالجدول (8) يوضح مقاديرها التي حصلنا عليها من جهاز CSL، وأعلىها جميعاً طاقة الذال التي وصلت إلى 60ر6 ديسيبل، وأدناها طاقة الفاء ومقدارها 49 ديسيبل، وهذه قيمة عالية أيضاً.

ثمة أسباب كثيرة تفسّر ارتفاع طاقة الاحتكاكيات في العربية، منها أنّ الاحتكاك - بنوعيه المخنق والمسطح - يحتاج إلى طاقة عالية على النحو الذي فصلنا فيه القول من قبل. ومن جملة هذه الأسباب أيضاً أنّ ثمة إحداثيات صوتية يصحب كلٌّ منها واحداً أو أكثر من الأصوات الاحتكاكية، فمنها الضجيج noise الذي يصحب نطق الزاي، والتضارب الذي يصحب عملية الصفير في الأصوات الصفيرية كلها، ويسمّى الهسيس hissing، ومنها الهشيش - hising الذي يصحب احتكاك الشين. ومنها خلخلة الهواء واضطرابه turbulence الذي يصحب نطق الغين والحاء، والفحيج slither الذي يصحب نطق الفاء، والحفيف rustle الذي يصحب نطق الحاء.

الجدول (8)

الترتيب التنازلي لمتوسطات طاقة الاحتكاكيات

المرتبة	الصوت	متوسط الطاقة
1	الذال	60,6
2-3	الزاي والشين	60
4	الخاء	58,7
5	الظاء	57,4
6	الحاء	56,3
7	الصاد	55,8
8	السين	55,5
9	الهاء	54,4
10	الفين	52,6
11	الثاء	50
12	الفاء	49

والزاي والشين من جهة أخرى 6ر0 ديسيبيل فقط، وكما هو واضح لا فرق بين الشين والزاي . وكما هو واضح من الجدول المذكور فإنّ طاقة الاحتكاكيات في العربية تتراوح بين 49-60 ديسيبيل .

2. تأثير السياقات الصوتية في مقادير الطاقة

يعنينا في هذه الدراسة أن نعرف أثر سياق الصوت الاحتكاكي في ارتفاع طاقته أو انخفاضها ؛ ولذلك نكتفي بأن نذكر تأثير السياق في رفع طاقة الصوت إلى أعلى درجة، أو خفضها إلى أدنى درجة. والتفصيلات واضحة في الجداول الملحقه بالبحث الخاصة بسياقات كل صوت. أما أهم المؤثرات التي توصلت إليها فهي :

1. كون الصوت منعزلاً بحيث كان ينطق مفرداً دون أن يكون في كلمة. وقد أظهرت النتائج التي حصلنا عليها من جهاز CSL أنّ الصوت الاحتكاكي منعزلاً يكون ذا طاقة عالية ، بل تكون طاقته أعلى من طاقة كل سياق. وهذا واضح مطرد في الجداول الملحقه بهذا البحث.

2. كون الصوت ساكناً في الوسط: بيّنت هذه الدراسة أنّ وقوع الصوت الاحتكاكي ساكناً في وسط الكلمة إما أن يُظهر وجود طاقة زائدة في نطق الصوت، وإما أن يُظهر نقيض ذلك. فقد ارتفعت طاقة الزاي وهو ساكن في وسط كلمة (مزهر) إلى 18ر66 ديسيبيل، وارتفعت طاقة الصاد وهو ساكن في كلمة (مصر) إلى 1ر61 ديسيبيل ؛ فكانت في المرتبة الثانية من مراتب سياقات الصاد. لكنّ الشين انخفضت قيمته في كلمة (مشدود) إلى 59 ديسيبيل.

3. كون الصوت ساكناً في آخر الكلمة: بيّنت هذه

باستقراء هذا الجدول يتبيّن لنا بوضوح تقارب قيم الطاقة بين الأصوات الاحتكاكية إلى درجة تظهر معها الفروق ضئيلة جداً، حتى إنّ الفرق بين أعلى طاقة وهي طاقة الذال ومقدارها 6ر60 ديسيبيل، وأدنى طاقة وهي طاقة الفاء ومقدارها 49 ديسيبيل هو 11ر6 ديسيبيل. أما عند نطق الذال لا يسمى المقاربة الاحتكاكية- approximant fri tion فإنّ هذا الصوت يفقد من 5/2 إلى 5/3 طاقته الاحتكاكية، وذلك بحسب درجة التضييق؛ أي بما يساوي أكثر من ضعفي الفرق بين طاقة الذال والفاء في النطق العادي الوارد في الجدول (8). وتحدث المقاربة الاحتكاكية بتوسعة التضييق الكائن في موضع نطق الصوت إلى أقصى درجة ممكنة. وأظهر ما يحدث ذلك في نطق الذال أو الثاء أو الفاء بالمقاربة الاحتكاكية.

أما الفرق بين كل صوتين متتاليين في الجدول (8) فلا يكاد يذكر؛ فالفرق بين الذال من جهة،

ديسيل. 2. إنَّ الفرق كبيرٌ نسبياً بين ضغط الشين والصوتين اللذين يليانه في المرتبة الثانية، وهما الحاء والحاء. فالانخفاض يصل إلى 6 ديسيل دفعة واحدة. وهذا الانخفاض لا يظهر بين أيِّ صوتين متتاليين في هذا الجدول؛ إذ إنَّ الانخفاض بين كل صوت والذي يليه في الجدول كله متقارب.

هذا يدل بوضوح تام على أنَّ ضغط الاحتكاكيات متقارب إذا جعلناه في فئات ثلاث مثلاً؛ فئة الأعلى ضغطاً وتشمل: الشين، والحاء، والفاء؛ وفئة المتوسطات وتشمل: السين، والصاد، والفاء، والزاي؛ وفئة المنخفضات وتشمل: الغين، والذال، والثاء، والظاء، والهاء.

3. للجهر والهمس أثر في تحديد قيمة الضغط، فالأصوات الاحتكاكية المهموسة – باستثناء الهاء – أعلى ضغطاً من الاحتكاكيات المجهورة؛ فقد احتلت المهموسات أول ست مراتب، ثم احتلت الاحتكاكيات المجهورة المراتب الست التالية.

4. ليس للإطباق أثر في زيادة الضغط باطراد؛ فضغط الصاد أعلى من ضغط الشين، ولكنَّ ضغط الظاء – وهو مطبق الذال – أقل ضغطاً من نظيره غير المطبق وهو الذال.

5. لا يظهر أي أثر لكون الصوت احتكاكياً مخندقاً أو مسطحاً في زيادة الضغط أو نقصانه.

6. تتقارب درجات ضغط الأصوات الصفيرية تقارباً يوشك أن يخفي الفروق بينها؛ فمتوسط ضغط الصاد 8ر12 ديسيل، ومتوسط ضغط الشين 4ر12 ديسيل، ومتوسط ضغط الزاي 7ر11 ديسيل.

الدراسة كذلك أنَّ وقوع الصوت الاحتكاكي ساكناً في الموقع الأخير من الكلمة إما أن يزيد الطاقة وإما أن يخفها. أما الزيادة فذلك واضح في كون طاقة الحاء الساكن في الموقع الأخير من كلمة (فرخ) قد ارتفعت إلى 63 ديسيل، فكانت في المرتبة الثانية من مراتب طاقة الحاء في السياقات المختلفة.

لكنَّ طاقة الثاء في (تراث) قد انخفضت إلى 24ر39 ديسيل؛ فكانت أدنى طاقة في سياقات الثاء كلها، بل في سياقات الأصوات الاحتكاكية كلها دون استثناء. ووقع مثل ذلك للذال الثاني في كلمة (رذاذ)، فطاقته: 6ر54 ديسيل، والسين في كلمة (فراس) وطاقته 19ر50 ديسيل، والظاء في كلمة (غيظ) وطاقته: 91ر55 ديسيل، والغين في (فرغ) وطاقته: 58ر49 ديسيل.

4. وقوع بعض الأصوات الاحتكاكية متبوعة بضمة أو واو مدد. لقد انخفضت طاقة بعض الأصوات الاحتكاكية عندما كانت متبوعة بإحدى هاتين الحركتين، حتى كانت كل واحدة منها أدنى قيمة للطاقة في سياقات الصوت نفسه. وهذا واضح في طاقة الحاء في كلمة (حمرة): 54 ديسيل، والسين في (سودان): 86ر52 ديسيل، والشين في (شوري): 32ر56 ديسيل، والفاء في (فقراء): 63ر46 ديسيل.

رابعاً: ضغط الأصوات الاحتكاكية

1. مقادير الضغط

باستقراء الجدول (9) يظهر عدد من الحقائق أهمها:

1. إنَّ أعلى ضغط هو ضغط الشين: 8ر20

الجدول (9)

الترتيب التازلي لمتوسطات ضغط الاحتكاكيات

المرتبة	الصوت	متوسط الضغط
1	الشين	20ر8
2-3	الحاء والحاء	14ر8
4-5	السين والصاد	11
6	الفاء	10ر4
7	الزاي	10
8	الغين	8ر7
9	الذال	7ر7
10	الثاء	7ر56
11	الظاء	4
12	الهاء	3ر45

4ر34؛ وسين سودان 7ر76 ديسيل؛ وطاء ظلم 1ر18 ديسيل.

3. احتكاكي خلفي + حركة خلفية قصيرة أو طويلة (ضمة أو واو مدّ)

وذلك كما في: خاء حُمس 4 ديسيل؛ غين غراب 1ر73 ديسيل و غين ثغور 0ر31 ديسيل ؛ وحاء حوت 4ر37 ديسيل؛ وهاء هُدى 4ر73 ديسيل وهاء هود 0ر24 ديسيل .

4. احتكاكي خلفي + حركة أمامية (كسرة أو ياء مدّ) كما في: هاء هيام 87 ر0 ديسيل؛ و غين غيرة 2ر65 ديسيل.

الخاتمة

توصلت هذه الدراسة إلى النتائج الآتية:

أولاً: على المستوى الأدائي

بيّنت الدراسة صحة تصور علمائنا المتقدمين من أنّ العين ليس رخوًا ، ومن ثم فهو ليس احتكاكيًا بالمفهوم المعاصر. وفُسّرت الدراسة ظواهر نطقية في بعض الاحتكاكيات كالهشيشة الموجودة في صوت الشين، وبيّنت أنّ هذه الظاهرة ليست إلا ما نجم عن تجفيف قدر من الرطوبة في موضع نطق الصوت فأصبح الهواء جافاً خشناً. ووضحت الدراسة كذلك صحة وصف العلماء المتقدمين للنطق القديم للضاد من حيث إنهم قد وصفوه بأنه صوت رخوٌ.

ثانياً: على المستوى الكمي

بيّنت الدراسة عددًا كبيرًا من النتائج الكلية والتفصيلية من الخصائص الكميّة للأصوات

2. تأثير السياقات الصوتية في مقادير الضغط
 ضغوط الأصوات الاحتكاكية متوسطة إجمالاً. ولكنّ ضغط بعضها قد ينخفض بسبب وقوعه في سياقات معينة. غير أنّ الشين والصاد لم ينقص ضغط أيّ منهما بأثر أيّ سياق. وهذه أهمّ السياقات الصوتية التي ينخفض فيها ضغط بعض الأصوات الاحتكاكية:

1. احتكاكي أمامي + حركة أمامية

أي بأن يكون الاحتكاكي الذي موضع نطقه في الجزء الأمامي من القناة الصوتية متلوًا بحركة أمامية كالفتحة، أو الألف، أو الكسرة (لكن ليس ياء المدّ)، وذلك مثل: ثاء ثمر 3ر15 ديسيل ومثاني 1ر11 ديسيل؛ وزاي زرع 8ر16 ديسيل ؛ وذال ذراع 3ر30 ديسيل ؛ وطاء ظلم 4ر21 ديسيل؛ وظالم 1ر42 ديسيل؛ وفاء فول 5ر67 ديسيل.

2. احتكاكي أمامي + حركة خلفية

وذلك بأن يكون الاحتكاكي الأمامي متلوًا بحركة خلفية ضمة كانت أو واو مدّ، وذلك كما في ثاء ثوبوا

الاحتكاكيات أو همسها يؤثر في ذلك؛ فالمهموسات أعلى من المجهورات في متوسط الترددات الأول والثاني.

3. من حيث الطاقة: توصلت الدراسة إلى أنّ الذال هو أعلى الاحتكاكيات طاقة، وأنّ الفاء أدنى الاحتكاكيات طاقة، وأنّ جهر الاحتكاكيات وهمسها لا يؤثر في ذلك، وأنّ بعض السياقات الصوتية تؤثر في مقدار طاقة الاحتكاكيات.

4. من حيث الضغط: بيّنت الدراسة أنّ الشين هو أعلى الاحتكاكيات ضغطاً، وأنّ الفاء أدناها، وأنّ السياق الصوتي يؤثر في مقدار ضغط الاحتكاكيات.

الاحتكاكية، وهذه أشهرها موزعة على المجالات الفيزيائية للدراسة:

1. من حيث زمن التردد: توصلت الدراسة إلى أنّ زمن تردد السين يتصدر قائمة الاحتكاكيات، وأنّ الهاء أدناها، وأنه ليس للجهر والهمس أي أثر في زيادة زمن التردد، وأنّ زمن تردد الصوت الاحتكاكي المتبوع بحركة قصيرة يقارب زمن تردده وهو متبوع بحركة طويلة من جنس تلك الحركة القصيرة.

2. من حيث متوسط الترددات الأول والثاني: بيّنت الدراسة أنّ متوسط ترددي الشين يتصدر قائمة الاحتكاكيات، وأنّ الظاء أدناها جميعاً، وأنّ جهر

الهوامش والتعليقات

1 . انظر تفصيل ذلك في :

Crystal.David. A Dictionary of linguistics and phonetics.(N.Y.. Basil Blackwell. 1985), p 128.

2 . انظر:

Lapedes. Daniel (ed). McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms (2nd ed).(N.Y.. McGraw-Hill Book Co.. 1978). p 1075.

3 . انظر لبيان ذلك مفصلا في:

Catford. J.C. Fundamental problems in phonetic (Indiana University Press. 1975). p. 121.

4 . المرجع السابق، ص 121 .

5 . انظر :

Brosnahan. L. & Bertil Malmberg. Introduction to phonetics. (Cambridge. W. Heffer & Sons ltd.. 1970). p. 102-3.

6 . انظر:

Pike. Pike. Phonetics. (The University of Michigan Press. 1983), p 71.

7 . سيبيويه، عمرو بن عثمان بن قنبر. الكتاب، تحقيق عبد السلام هارون. (القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب،) 1975 ، الجزء الرابع ، ص 435.

8 . بشر، كمال. علم الأصوات ، ط 1 ، (القاهرة: دار غريب، 2000).

9 . سيبيويه، مرجع سابق، ج 4، ص 434.

10 . المرجع السابق، ج 4، ص 434 .

11 . المرجع السابق، ج 4، ص 436 .

12 . انظر:

Lapedes.Daniel (ed). McGraw-Hill Dictionary of Scientific and Technical Terms.2nd ed. (N.Y.. McGraw-Hill Book Co.. 1978). p 107.

13 . انظر:

Devins. Delbert. Energy.(N.Y.. Jon Willey & Sons. 1982) p.7.

14 . انظر:

McGraw – Hill Encyclopedia of Science and Technology (5th ed). (N.y.. McGraw – Hill Book Co.. 1982). volume 10. p745.

المراجع

المراجع العربية:

1. أنيس، إبراهيم. الأصوات اللغوية ، القاهرة: الإنجلومصرية، ط5 ، 1975 .
2. بشر، كمال. علم الأصوات، القاهرة: دار غريب ، الطبعة الأولى، 2000.
3. ابن الجزري، أبو الخير محمد بن محمد الدمشقي. النشر في القراءات العشر، بيروت: دار الكتب العلمية د . ت .
4. جميل، ابتسام حسين. الخصائص النطقية والفيزيائية للصوامت الاحتكاكية في العربية. (رسالة دكتوراه في الجامعة الأردنية، عمان 2003) .
5. ابن جني، أبو الفتح عثمان . سر صناعة الإعراب ، تحقيق حسن هندايي ، دمشق: دار القلم، الطبعة الثانية، 1993.
6. سيبويه، عمرو بن عثمان بن قنبر. الكتاب ، تحقيق عبد السلام محمد هارون، القاهرة: الهيئة المصرية العامة للكتاب ، الطبعة الأولى، 1975 .
7. عمر، أحمد مختار. دراسة الصوت اللغوي ، القاهرة: عالم الكتب ، 1975 .
8. الفراهيدي ، الخليل بن أحمد . كتاب العين ، تحقيق مهدي المخزومي ، وإبراهيم السامرائي، بغداد، دار ومكتبة الهلال ، د.ت .
9. المبرّد ، أبو العباس محمد بن يزيد . المقتضب ، تحقيق محمد عبد الخالق عضيمة، القاهرة: المجلس الأعلى للشؤون الإسلامية، الطبعة الثالثة ، 1994 .

المراجع الإنجليزية:

- Brosnahan. L.& Bertil Malmberg. Introduction to phonetics (Cambridge. W. Heffer & Sons Ltd., 1970).
- Catford. J.C. Fundamental Problems in Phonetics. (Indiana University Press. 1977).
- Crystal . David A Dictionary of Linguistics and Phonetics. (N.Y., Basil Blackwell. 1983).
- Devins. Delbert. Energy (N.Y., John Willey & Sons. 1982).
- Fry. D. B. The Physics of Speech. (London. Cambridge University Press. 1979).
- Ladefoged. Peter. A Course in Phonetics. (N.Y., Brace Harcourt Jovanovich. Inc., 1975).
- Lapedes. Danial (ed). McGraw-Hill Dictionary Science and Technical Terms. 2nd ed. (N.Y., 1978).
- Pike. Kenneth. Phonetics (Ann Arbor. The University of Michigan Press. 1982).
- McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology. (N.Y., 1982), volume 5.
- Sommerstein. Alan. Modern Phonology. (University Park Press. 1977).

الجدول الملحق بالبحث:

ملاحظة: كل احتكاكي منعزل (في هذه الجداول) غير داخل في حساب المتوسط للمسوغ العلمي الذي ذكرناه .

الجدول (10)

السياقات الصوتية للثاء وخصائصه الفيزيائية

الضغط	الطاقة	متوسط التردد	زمن التردد	الصوت
21ر33	56ر20	1359	0ر423	الثناء منعزلا
3ر15	48	1254	0ر097	ثناء ثمر
8ر52	49	1115	0ر058	ثناء ثاني
12	53ر68	992	0ر046	ثناء ثمن
4ر34	48ر57	1182	0ر031	ثناء ثوبوا
9ر49	50	1164	0ر140	ثناء مثنى
10ر1	47ر43	1112	0ر061	ثناء ثقة
11ر73	63ر97	1285	0ر097	ثناء وثيقة
1ر16	39ر24	1293	0ر244	ثناء تراث
7ر56	50	1174	0ر097	المتوسط

الجدول (11)

السياقات الصوتية للحاء وخصائصه الفيزيائية

الضغط	الطاقة	متوسط التردد	زمن التردد	الصوت
25ر45	64ر94	1561	0ر376	الحاء منعزلا
15ر99	55ر76	1123	0ر110	حاء حدث
19ر47	55ر66	1250	0ر121	حاء حادث
13ر12	54	1304	0ر103	حاء حُمرَة
4ر37	55	1167	0ر094	حاء حوت
15ر53	57ر94	1231	0ر085	حاء حرص
13ر40	58ر53	1516	0ر100	حاء حيلة
22ر93	59ر54	1337	0ر128	حاء رحمة
13ر22	54ر20	1249	0ر382	حاء راح
14ر8	56ر3	1272	0ر140	المتوسط

الجدول (12)

السياقات الصوتية للخاء وخصائصه الفيزيائية

الضغظ	الطاقة	متوسط التردد	زمن التردد	الصوت
28,3	64	1360	0,286	الخاء منعزلا
20	58	1295	0,097	خاء خمسة
17	54,6	1340	0,099	خاء خامس
4	57,5	947	0,144	خاء خذ
7	59	1064	0,120	خاء خوذة
18	59	1540	0,112	خاء خلصة
19	58,5	1540	0,149	خاء خيفة
19	59,8	1122	0,125	خاء مخروم
14	63	1308	0,332	خاء فرخ
14,7	58,7	1270	0,147	المتوسط

الجدول (13)

السياقات الصوتية للذال وخصائصه الفيزيائية

الضغظ	الطاقة	متوسط التردد	زمن التردد	الصوت
11,5	63,6	823	0,464	الذال منعزلا
7,7	58,7	899	0,155	ذال ذليل
5,2	60	851	0,154	ذال ذلك
5,6	60,7	796	0,174	ذال ذباب
6,7	60	776	0,170	ذال ذودوا
3,3	61,3	911	0,146	ذال ذراع
12,6	62,3	1072	0,147	ذال ذيب
15,6	67,8	780	0,089	ذال مذنب
5,1	54,6	936	0,319	ذال رذاذ
7,7	60,6	868	0,169	المتوسط

الجدول (14)

السياقات الصوتية للزاي وخصائصه الفيزيائية

الضغط	الطاقة	متوسط التردد	زمن التردد	الصوت
13,3	58	1664	0,472	الزاي منعزلا
8,16	57,36	838	0,137	زاي زرع
12,5	60,87	875	0,131	زاي زارع
7,54	59,64	860	0,200	زاي زرع
11,73	58,87	819	0,179	زاي زوراً
10,54	63,2	1088	0,168	زاي زراعة
11,35	59,31	892	0,198	زاي زينة
17,76	66,18	940	0,121	زاي مزهر
8,19	52,94	1299	0,253	زاي فريز
10	60	951,4	0,173	المتوسط

الجدول (15)

السياقات الصوتية للسين وخصائصه الفيزيائية

الضغط	الطاقة	متوسط التردد	زمن التردد	الصوت
20,98	58	1857	0,435	السين منعزلا
14,21	58,3	1661	0,217	سين سبج
12,21	58,22	1555	0,142	سين سابج
10,24	56,26	1576	0,125	سين سبجان
7,76	52,86	1633	0,166	سين سودان
10,65	56,79	1747	0,172	سين سر
10,55	55,95	1689	0,188	سين سيروا
14	55,37	1446	0,124	سين مسرى
8,54	50,19	1540	0,335	سين فراس
11	55,5	1593	0,184	المتوسط

الجدول (16)

السياقات الصوتية للشين وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	متوسط التردد	الطاقة	الضغط
الشين منعزلا	0,336	2155	71,37	28,30
شين شريف	0,095	1960	56,97	17,43
شين شادي	0,114	1835	64,20	23,16
شين شباط	0,121	1713	57,23	18,81
شين شورى	0,124	1127	56,32	18,17
شين شراء	0,119	2039	61,43	21,71
شين شديد	0,164	2046	64	23,31
شين مشدود	0,111	1970	59	23,11
شين فراش	0,223	1052	59,54	20,68
المتوسط	0,134	1717	60	20,8

الجدول (17)

السياقات الصوتية للصاد وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	متوسط التردد	الطاقة	الضغط
الصاد منعزلا	0,357	1671	64,15	20,35
صاد صبر	0,102	1555	52,72	13,7
صاد صابر	0,113	1602	57,50	11,84
صاد صنع	0,168	1120	53,56	9,37
صاد صورة	0,154	1526	52,57	10,86
صاد صناعة	0,138	1597	54,83	9,18
صاد صيني	0,156	1545	56,68	12,45
صاد مصر	0,099	1741	61,1	16,25
صاد قرص	0,233	1105	57,08	12,64
المتوسط	0,146	1473	55,8	11

الجدول (18)

السياقات الصوتية للظاء وخصائصه الفيزيائية

الضغط	الطاقة	متوسط التردد	زمن التردد	الصوت
9,1	62,53	722	0,339	الظاء منعزلا
4,2	59,47	743	0,105	ظاء ظلم
6,42	57,9	820	0,121	ظاء ظالم
1,18	56,69	892	0,149	ظاء ظلم
2,91	58,82	636	0,079	ظاء ظباء
3,76	57,18	616	0,233	ظاء نظير
5,61	59,99	696	0,160	ظاء مطروف
1,3	57,1	899	0,099	ظاء منظور
2,22	55,91	623	0,081	ظاء غيظ
4	57,4	741	0,139	المتوسط

الجدول (19)

السياقات الصوتية للغين وخصائصه الفيزيائية

الضغط	الطاقة	متوسط التردد	زمن التردد	الصوت
10,7	54,08	1082	0,351	الغين منعزلا
13,6	56,74	855	0,075	غين غرس
13,46	53,93	1162	0,108	غين غارس
-1,73	52,29	633	0,132	غين غراب
1,67	52,22	743	0,165	غين غول
11,87	51,31	1183	0,095	غين غراس
2,65	50,12	1168	0,184	غين غيرة
9,54	54,92	778	0,158	غين ثغر
10,07	49,58	464	0,160	غين فرغ
8,7	52,6	873	0,135	المتوسط

الجدول (20)

السياقات الصوتية للفاء وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	معدل التردد	الطاقة	الضغط
الفاء منعزلا	0,417	1510	56	22,2
فاء فقير	0,052	1221	47,42	9,9
فاء فارس	0,078	1169	49,45	10,5
فاء فقراء	0,171	1197	46,63	5,30
فاء فول	0,063	1336	47,96	5,67
فاء فداء	0,128	1477	50,62	12
فاء فيل	0,120	1547	50,16	11,4
فاء نفس	0,097	1220	50,28	15,14
فاء رغيغ	0,119	1288	49,08	13,40
المتوسط	0,104	1306	49	10,4

الجدول (21)

السياقات الصوتية للهاء وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	متوسط التردد	الطاقة	الضغط
الهاء منعزلا	0,311	1451	57,18	10,75
هاء هدى	0,041	1162	53,78	-6,74
هاء هادي	0,130	1217	51,72	7,16
هاء هدى	0,054	907	52,43	-4,73
هاء هود	0,054	591	57,13	-0,24
هاء هيام	0,064	1145	55,61	-0,87
هاء فهيم	0,099	1195	56,86	7,68
هاء فهيم	0,105	1096	56,97	10,78
هاء فداه	0,059	557	50,49	10,8
المتوسط	0,076	983	54,4	3,45