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 كالتضييق، واحتكاك الهواء بموضع النطق.

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

اختار الباحث عيّنة 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 صوتًا احتكاكيًا كما هو شائع ، ولكنه صوت رنينيّ resonant ، واضحٌ سمعيًا sonorant ، متوتر tense.
2. ثمة علاقة ظاهرة بين الهمس في خمسة من الأصوات الاحتكاكية المهموسة الآتية وعلوّ زمن ترددها : الحاء، والخاء، والسين، والشين، والصاد .
3. ثمة علاقة بين الهمس وعلوّ متوسط الترددين 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، وعلوّ ضغطها.

مصطلحات أساسية: الأصوات الاحتكاكية، أصوات العربية، الأداء والكمية

Preformance 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 العربيّ الحديث حينٌ من الدَّهر كان البحث فيه – أحيانًا كثيرة – مقتصرًا على الوصف النطقي للأصوات وكيفية إنتاجها. وربما كان لذلك بعض العذر؛ فإنّ الوصف النطقي هو أساس بناء علم الأصوات بفروعه كلها بل عليه مدارها. وكان الوصف الفيزيائي للأصوات في حاجة إلى أجهزة صوتية متطورة، وهو أمرٌ 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 لمثل هذا البحث .

ومع التسليم بأهمية الوصف الأدائيّ النطقي للأصوات وكيفية إنتاجها فإنّ الحاجة ماسّة كذلك إلى الوصف الفيزيائي الكمّيّ الذي يعتمد على الأجهزة الصوتية الحديثة المتطورة؛ لأنها هي التي تمكننا من الوصول إلى تفسير كثير من المسائل النطقية التي يدور النقاش حولها ولم نكن نعرف تفسيرها باعتماد الوصف النطقي وحده، وهي التي تهيّئ السبيل إلى اكتشاف آفاق جديدة في الأصوات ربما لم تكن تدور في خلد أحد من الباحثين من قبل. وإنّ كثيرًا 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 والكمّيّ الفيزيائي في دراسة أصوات العربية أمرًا 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 الأدائيّ والكمّيّ. أما في المجال الأدائيّ فقد حرص الباحث على وصف العملية التي يتم بها إنتاج هذه المجموعة من الأصوات، وتصويتها phonation، مع التركيزعلى وصف التفصيلات التي تميزها باعتبارها مجموعة واحدة، وتميز كل صوت في المجموعة نفسها بسماته الخاصة.

وأما في المجال الفيزيائي الكمّيّ فقد تناول البحث زمن تردد كل صوت احتكاكي وتردّديه: الأول F1، والثاني F2 ومتوسطهما، وكذلك طاقته، وضغطه. واستخدمتُ من أجل الوصول إلى هذا الهدف جهاز المختبر الصوتي المحوسب (CSL) Computer Speech Lab. واخترت لكل صوت عدداً من الكلمات التي تمثل مواقع الصوت فيها أولاً، ووسطاً، وآخراً، 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 خُدمت اللغات الغربية خدمات جُلّى 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

على مستوى الإسهامات النظرية وأدبيات الدراسة والأعمال التجريبية المخبرية. ولكنّ لكل لغة ما يميّز أصواتها؛ ولذلك كان قياس الظواهر الصوتية فيها أمرًا في غاية الأهمية، ولا يكفينا – نحن العرب – ما كُتب في هذه اللغات عن ظاهرة الاحتكاك بعامة، وما كُتب في لغة غربية ما عن أصواتها، وإن كان ذلك – على كل حال – مفيدًا لمن يبحث في مثل هذه الموضوعات.

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

أولا: 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 صاحبتها 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. وعُنيت 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 الترددين الأول والثاني 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 فإنّ في هذا البحث من النتائج ما لم تتوصل إليه دراسة أخرى .

ثانيًا: بعض ما كتب في الإنجليزية عن الاحتكاكيات

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

Gordon، وبارثماير - Ba

الأشكال، وأنّ زمن التردد كان أقل تأثيرًا 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 الاحتكاكيّ 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 أنّ سعة الضجيج والسعة النسبية أكثر تأثيرًا في بيان سمات الصوت الاحتكاكي في الإنجليزية.

منهج الدراسة :

تجمع هذه الدراسة بين المنهج الوصفي التحليليّ، والمنهج التجريبيّ الذي يعتمد على القياسات المخبرية، والمنهج الإحصائي. أما المنهج الوصفي التحليليّ فقد اتخذته الدراسة سبيلا إلى توصيف ظاهرة الاحتكاك من الناحية النطقية بالاعتماد على ما قرّره علماء الأصوات المتقدمون والمتأخرون، وناقش البحث مقولات بعض العلماء العرب المتأخرين في إثبات الاحتكاك لأصوات جعلوها في قائمة الاحتكاكيات وليست منها. وعلاوة على أنّ البحث يجمع بين التراث والمعاصرة في محاكمة 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.

وأما المنهج التجريبيّ فقد اتخذته الدراسة سبيلا إلى القياس المخبريّ 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 أيّ صوت من أصوات هذه المجموعة يتم تضييق مجرى الهواء في موضع نطق الصوت تضييقًا كافيًا لإحداث حفيف مسموع. وتيارُ الهواء ذو الطاقة المنخفضة لا يتأتى له المرور بتدفق لإحداث الحفيف. وهذا يعني أنّ الاحتكاك حتى يحدث لا بدّ له من تضييق كافٍ، وطاقة عالية، وضغط مناسب من أجل تمكينه من التدفق وإحداث الحفيف المسموع. وإذا لم يحدث التضييق بالدرجة المطلوبة لكل صوت احتكاكيّ لا يحدث الاحتكاك، حتى وإن استمرّ دفق تيار الهواء.

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

[1]) بحجة أنّ الهواء لا يتوقف عند نطقها، وأنه تبعًا لذلك يصحّ أن توصف بأحد المصطلحين. والصحيح أنّ الانسياب يحدث عند نطق كل صوت استمراري continuant سواء أكان احتكاكيًا 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 سائرالصوامت الاستمرارية. ويقاس دفق الصوت بالأجهزة الصوتية الحديثة بدقة بالغة، وكذلك سرعة الهواء. ويتناسب الدفق والسرعة طرديًا مع درجة التضييق؛ فكلما زاد التضييق زادت سرعة الهواء، وزاد دفقه في موضع النطق. وإنّ عبور الهواء بسرعة عَبْر التضييق يوضح لنا كيف أنّ موضع النطق في الأصوات الاحتكاكية هو محلّ مضاعفة الدفق. والأمر مختلف تمامًا عند نطق الأصوات الوقفية stop sounds مثلا، فموضع نطق الصوت الوقفي هو محل إعادة تعبئة هذا الصوت؛ بمعنى أنّ توقف الهواء خلف موضع النطق في الأصوات الوقفية يجعل الضغط يصل لحظيًا 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 نسبيًا في نطق الصوت الوقفي، ولا يكون كذلك ضغط الصوت الاحتكاكي؛ إذ لا يكون ضغطه أقل من ضغط المحيط الخارجي. وقد قست ذلك بنفسي في جهاز CSL، وقابلت بين درجات ضغط الأصوات الاحتكاكية ودرجات ضغط الأصوات الوقفية، فكان الفرق بينهما كبيرًا، وليس هذا البحث مجالا 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 احتكاكياّ.

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 مثلا يبلغ حجمها 2 ملم^3، ويتراوح حجم حجرة التضييق في سائر الاحتكاكيات بين 6 – 12 ملم^3. وعند توسعة التضييق في نطق الصوت الاحتكاكي على النحوالتقريبيّ [3]approximation) تصل سعة الحجرة إلى 20 ملم^3، كما جاء في إحدى الدراسات[4]. هذا يعني أن هناك غايتين في إنتاج الأصوات الاحتكاكية هما: أضيق 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 أيضا أن تزداد سرعة الهواء، فتزداد قوة الاحتكاك. فهي عمليات متصلة متعاقبة، لكنّ الإنسان يحسّ كأنها تحدث متزامنة في وقت واحد بسبب السرعة

في التعاقب.

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 نلحظه 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 ننطق 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 وَسَط رطب. وهذا من شأنه أن يجعل الأصوات الاحتكاكية إجمالاً متأثرة بهذا الوسط الرطب. صحيح أنّ الأصوات اللغوية كلها تجري في وسط رطب هو القناة الصوتية من أول نقطة فيها إلى آخر نقطة. لكنَّ الهواء عند نطق الأصوات الاحتكاكية يكون تماسّه بالوسط الذي يمرّ فيه، أكبر من التماسّ الذي يكون عند نطق الأصوات الأخرى، وحسبنا دليلا على ذلك الحفيف نفسه؛ فتؤثر الرطوبة – لدى احتكاك الهواء بما لامس من القناة الصوتية – في الأصوات الاحتكاكية تأثيرًا واضحًا. وعلى الرغم من القفل التام الذي يحدث عند نطق الأصوات الوقفية، فإن التماسّ 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 هذا أن يؤدي إلى صَبْغ الصوت الاحتكاكي بما تكون عليه درجة الرطوبة في موضع نطقه. وحتى أوضح هذه المسألة أقول: إنّ سرعة الهواء عند نطق الشين تجفف شيئاً من الرطوبة في موضع النطق، فيظهر الشين خشنًا جافًا. ويحدث تجفيف شيٍّ 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 مثلا .

يقسّم بعض علماءُ الأصوات الاحتكاكَ – بحسب شكل التضييق – قسمين[5]: أولهما الاحتكاك المقعر grooved friction، وهو الذي يصحب حدوثه – في موضع نطق الصوت- وَهْدة أو تقعرٌ في الطرف الأمامي للسان، ويكون هذا التقعر ضيقاً أفقيًا، متسعًا رأسيًّا (نسبيًا)، فلا يكون لهذا التقعر امتداد أفقيّ ظاهر، فيقرب أن يكون انتشار الهواء عموديًّا، ويكون أكثر احتكاك جزيئات الهواء بما لا مسها أعلى التقعر وأسفلَه 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 قابلها من مقدمة الغار كما يحدث في احتكاك الشين.

وثانيهما الاحتكاك المسطح slit friction، وهو الذي يكون فيه ممرّ الهواء متسعًا أفقيًا (نسبيًا) ، ضيقاً رأسياً ، فيكون أظهر احتكاك جزيئات الهواء بما لامسته من موضع النطق من بدايته إلى نهايته أفقيًا ، ويظهرهذا في نطق سائر الاحتكاكيات.

ويقسّم علماء آخرون الاحتكاك– من حيث محيطه– قسمين: احتكاك موضعي، واحتكاك

حجرة. ويوضح ذلك أستاذنا كينيث بايك Kenneth Pike فيقول: الاحتكاك الموضعي هو الذي يكون في موضع نطق الصوت ، واحتكاك الحجرة هو الذي يكون في الحجرة الفموية[6]. والحق أنّ احتكاك الحجرة لا وجود له؛ إذ إنّ 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؟ إنّ أهم ما ينبغي أن نعرفه في وجود الاحتكاك هو ملامسة الهواء لموضع النطق ملامسة حكّ وحفيف مسموع، وليس مجرد ارتطام كما يحدث في الأصوات غير الاحتكاكية.

أما من حيث الجهر والهمس ففي العربية اثنا عشر صوتاً احتكاكيًا منها أربعة مجهورة هي: الذال، والزاي، والظاء، والغين. وأما سائرها – وهي ثمانية – فهي مهموسة أعني: الثاء، 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، والثاء ، والذال والفاء .... وأما العين فبين الرخوة والشديدة ، تصل إلى الترديد 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. وثانيتهما إدخال الضاد في قائمة الأصوات الرخوة إدخالا لا يقبل التأويل. وما قاله سيبويه في هاتين القضيتين صحيح لا غبارعليه 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 شبيهًا له عند بعض المعاصرين ؛ فأكثرهم على القول إنّ العين صوت احتكاكي، ولا دليل لأيّ واحد منهم على صحة ذلك، بل إنّ الدليل العلمي يثبت خلاف ذلك؛ فالأجهزة الصوتية تثبت عدم وجود احتكاك عند نطق العين.

يوشك المعاصرون أن يجمعوا على كون العين صوتاً احتكاكيًا. ولكنّ الدكتور كمال بشر يرى أنه أقل الاحتكاكيات احتكاكًا؛ ربما لأنّ حسّه 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 احتكاكًا، يقول الأستاذ بشر:» والحق أن تكوين العين فيه غموض لم يتضح لنا تفسيره بعد، وهي أقل الأصوات الاحتكاكية احتكاكًا» [8].

قلت: أما أنّ 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 ترددانه. وإنّ الصوت الذي يحدثه توتر عمود الهواء وعلوّ تردده هو الذي نسمّيه عيناً. ألا ترى أنّ المرء إذا استفرغ توتر حلقه فكان مع ذلك توتر تيار الهواء فيُسمع العين ؟ في هذا التوتر درجة عالية

من التردد لا يكون معها شيء من الاحتكاك. بل إنّ توتر الهواء وعلوّ تردده هو الذي يجعل العين من أوضح الصوامت رنينًا resonance ، ومن أظهرها في الوضوح السمعي sonority. وقد استخدمت المختبر الصوتي CSL في تشخيص احتكاكه فلم أجد للاحتكاك أيّ أثر في نطقه. وربما كان هذا الذي توصلنا إليه باستخدام المختبر الصوتي واضحًا في حسّ سيبويه حين قال عن العين: « تصل إلى الترديد فيها «. ذلك صحيح إذا اعتبرنا أنّ 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 لمفهومي الشدة والرخاوة وسلامة تطبيقه لهذين المفهومين؛ فعند نطق الأصوات الوقفية التي سماها (الشديدة) يتوقف تيار الهواء تمامًا، وهذا لا يكون في الأصوات الرخوة، وهذه هي عبارته بهذا الشأن: «ومن الحروف الشديدُ، وهو الذي يمنع الصوتَ أن يجري فيه» [9]. وقد فسّر هو نفسه مفهوم التوقف حين قال « وذلك أنك لو قلت: الحَجّ ، ثم مددت صوتك لم يَجْر ذلك»[10]؛ أي لو أنك مددت صوتك بالجيم لم يجر الهواء. فمفهوم التوقف عنده واضح ، ففيمَ يخطئ في تطبيق ذلك على الضاد – إذا كان الضاد وقفيًا 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، والظاء ذالا، ولخرجت الضاد من الكلام؛ لأنه ليس شيء من موضعها غيرها «[11]. هذا يعني صراحة أنّ ثلاثة من أصوات الإطباق يقابلها نظائر مرققة لها ؛ فالطاء يقابله الدال – على اعتبار أن الطاء كان ينطق مجهورًا، وبذلك يكون الدال لا التاء هو نظيره المرقق – والصاد يقابله السين، والظاء يقابله الذال. ولو كان الضاد صوتاً وقفياً كما ينطق في عربيتنا الفصيحة المعاصرة لكان مقابلا للدال؛ فنحن ننطق هذا الصوت في العربية الفصيحة المعاصرة مفخمًا للدال. ولما لم يكن الأمر على هذا النحوفقد أخرجه سيبويه من دائرة مقابلته 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 صوتًا شديدًا (وقفيًا) لقد كان ذلك الصوت ينطق في أيامهم رخوًا (احتكاكيًا) ، ولم يكن لذلك الصوت في الصيغة القديمة صوت مرقق يقابله. ومن الجدير بالذكر أنّ تلك الصيغة لم تعد موجودة إلا في لهجة واحدة فقط هي اللهجة الشحرية في سلطنة عمان. وقد استمعت إلى هذا الصوت مشافهة ووجدته مطابقًا لما وصفته به.

الوصف الكمّيّ والإجراءات المخبرية

يعدّ الوصف الفيزيائي ترجمة مخبرية للوصف النطقي، بل إنّ بعض الخصائص النطقية الأدائية لم تكتشف إلا في المختبرات الصوتية. اخترت لكل صوت من الأصوات الاحتكاكية أشهر مواقعه: منعزلا، ومتصلا في أول الكلمة ووسطها وآخرها، متحركًا وساكنًا، ثم قست زمن تردد هذه الأصوات في هذه المواقع، وترديها الأول والثاني ومتوسطهما، والطاقة، والضغط، وهذه هي الأصوات في مواقعها

مرتبة بحسب ورودها في النظام الأبجدي:

مواقع الثاء: منعزلا وفي: ثمَر، ثاني، ثُمُن (بضمتين) ثوبوا، مثنى، ثقة، وثيقة، تراث (بالتسكين).

مواقع الحاء: منعزلا وفي: حَدث، حادث، حُمرة، حوت، حِرص (بكسر الحاء)، حيلة، رحْمة، راح (بالتسكين).

مواقع الخاء: منعزلا وفي: خَمسة، خامس، خُذ، خوذة، خِلسة، خيفة، مخروم، فرخ (بالتسكين).

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

مواقع الزاي: منعزلا وفي: زَرَع، زارع، زُرِع، زورًا، زراعة، زينة، مُزْهر، فريز (بالتسكين).

مواقع السين منعزلا، سَبَح، سابح، سُبحان، سودان، سِرّ، سيروا، مَسْرى، فراس (بالتسكين).

مواقع الشين: منعزلا وفي: شريف، شادي، شُباط، شورى، شراء، شيد، مشدود، فراش (بالتسكين).

مواقع الصاد: منعزلا وفي: صَبَر، صابر، صُنْع، صورة، صناعة، صيني، مصْر، قرْص.

مواقع الظاء: منعزلا وفي: ظَلَم، ظالم، ظُلْم، منظور، ظِباء، نظير، مظروف، غيظ (بالتسكين).

مواقع الغين: منعزلا وفي: غَرَس، غارس، غُراب، غول، غِراس، غيرة، ثغْر، فرغ (بالتسكين).

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

مواقع الهاء: منعزلا وفي: هَدى، هادي، هُدى، هود، هيام (بالكسر)، فهيم، فهْم، فَداهْ (بالتسكين).

بعد ذلك رتبتُ النتائج العامة للاحتكاكيات تنازليًا، وجعلت لها جدولا، ثم جدولا للتردد الأول لها جميعًا، وهكذا. وقد جعلت هذه الجداول في متن البحث. وجعلت لكل صوت احتكاكي جدولا واحدًا 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.

أولا: زمن التردد

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

1. مقادير زمن التردد

تبيّن لنا في هذه الدراسة أمور كثيرة بشأن زمن التردد من أهمها أنّ زمن التردد يطول إذا كان الصوت مفردًا منعزلا عن أيّ سياق صوتيّ. 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 أثبتّ مقادير زمن التردد في الجداول الملحقة بالبحث لمعرفة زمن تردد الصوت الاحتكاكي وسائر قياساته وهو منعزل. الجدول (1) يوضح زمن التردد للأصوات الاحتكاكية مرتبة ترتيبًا تنازليًا.

الجدول (1)

الترتيب التنازلي لزمن تردد الاحتكاكيات

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

يظهر في هذا الجدول أمور كثيرة ينبغي أن نقف عندها، منها أنّ أعلى زمن لتردد الأصوات الاحتكاكية هو زمن تردد السين، وأدناها هو زمن تردد الهاء. ومنها أنّ التناقص في زمن التردد على النحو الذي يظهر في الجدول تناقص متدرج . هذا يعني أنّ الاحتكاك يعمل فيها جميعًا عملا منظمًا متقاربة سماتُه العامة ومقاديرُه. ومنها أنّ 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 أنّ أدنى ثلاث درجات في زمن التردد هي: الفاء والثاء والهاء. وإنّ قِصَر زمن تردد الأصوات الثلاثة هذه يسهم في عدم وضوحها السمعيّ؛ لأنّ هذا القِصَر يؤدي إلى تأدية الصوت بما يشبه الخطف السريع.

2. أثر السياقات الصوتية في زمن التردد

باستقراء الجداول الملحقة بهذا البحث نتوقف عند النتائج الآتية:

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

ثانيًا: إنّ ثمة تقاربًا بين زمن التردد لسبعة من الاحتكاكيات عندما يكون الواحد منها متبوعًا بفتحة وزمن ترددِه عندما يكون متبوعًا بألف. هذه الأصوات هي: الحاء، والخاء، والذال، والزاي، والصاد، والظاء، 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	0ر110 ث	مقابل	حاء حادث	0ر121 ث
خاء خمسة	0ر097ث	مقابل	خاء خامس	0ر099 ث
ذال ذليل	0ر155 ث	مقابل	ذال ذلك	0ر154 ث
زاي زَرَع	0ر137ث	مقابل	زاي زارع	0ر131 ث
صاد صَبر	0ر102 ث	مقابل	صاد صابر	0ر113 ث
ظاء ظَلَم	0ر105 ث	مقابل	ظاء ظالم	0ر121 ث
فاء فقير	0ر052 ث	مقابل	فاء فارس	0ر078 ث

يُفهم من هذا الجدول أنّ زمن تردد الواحد من أصوات هذا الجدول يتأثر بطول الحركة ارتفاعًا

وانخفاضًا. صحيح أنّ الارتفاع والانخفاض ضئيل ولا يكاد يذكر، ولكنه تغيّر يشير إلى أثر طول الحركة في طول زمن التردد. فالحاء والخاء والصاد والظاء والفاء يزيد زمن ترددها 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 ترددهما عندما يكونان متبوعين بفتحة.

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

الجدول (3)

السياقات الصوتية لتسعة احتكاكيات متبوعة بضمة أو واو وزمن ترددها

سياق الصوت	زمن التردد	الإجراء	سياق الصوت	زمن التردد
ثاء ثُمن	0ر046 ث	مقابل	ثاء ثوبوا	0ر031 ث
حاء حُمْرة	0ر103 ث	مقابل	حاء حوت	0ر094 ث
خاء خُذ	0ر144 ث	مقابل	خاء خوذة	0ر120 ث
ذال ذباب	0ر174 ث	مقابل	ذال ذودوا	0ر174 ث
زاي زُرع	0ر200 ث	مقابل	زاي زورًا	0ر179 ث
سين سُبحان	0ر125 ث	مقابل	سين سودان	0ر166 ث
شين شُباط	0ر121 ث	مقابل	شين شورى	0ر124 ث
غين غُراب	0ر132 ث	مقابل	غين غول	0ر165 ث
هاء هُدى	0ر054 ث	مقابل	هاء هود	0ر054 ث

عند قراءة هذا الجدول يتبيّن أنّ أكثر الأصوات الاحتكاكية يكون زمن ترددها وهي متبوعة بضمة مقاربًا لزمن ترددها عندما تكون متبوعة بواو المدّ. وعلى الرغم من هذا التقارب فإنّ ثمة تفاوتًا بين هذين السياقين؛ فينقص زمن التردد عندما يكون الصوت الاحتكاكي متبوعًا بواو عما عليه زمن تردده هو نفسه عندما يكون متبوعًا بضمة، كما هو في زمن تردد الأصوات الآتية: الثاء، والحاء، والخاء، والزاي. لكنّ زمن تردد السين والشين والغين يزداد عندما تكون هذه الأصوات متبوعة بواو المدّ عما عليه زمن ترددها عندما تكون متبوع بضمة. 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 مسطحًا؛ فثمة ارتفاع لزمن بعض الاحتكاكيات المسطحة كما هو الحال في الثاء والحاء والخاء والذال، وثمة انخفاض لزمن تردد أصوات مسطحة أخرى كما هو الحال في الغين والهاء.

ولا 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.

رابعًا: يظهر التقارب بين زمن التردد لتسعة احتكاكيات عندما يكون الواحد منها متبوعًا بكسرة وزمن تردده عندما يكون متبوعًا بياء المدّ . هذه الأصوات هي: الثاء، والحاء، والخاء، والذال، والزاي، والسين، والصاد، والفاء، والهاء (انظر الجدول 4).

الجدول (4)

السياقات الصوتية لتسعة احتكاكيات متبوعة بكسرة أو ياء وتردداتها

سياق الصوت	زمن التردد	الإجراء	سياق الصوت	زمن التردد
ثاء ثقة	0٫061 ث	مقابل	وثيقة	0٫097 ث
حاء حِرص	0٫085 ث	مقابل	حاء حيلة	0٫100 ث
خاء خَلسة	0٫112 ث	مقابل	خاء خيفة	0٫149 ث
ذال ذراع	0٫146 ث	مقابل	ذال ذيب	0٫147 ث
زاي زراعة	0٫168 ث	مقابل	زاي زينة	0٫198 ث
سين سِرٌ	0٫172 ث	مقابل	سين سيروا	0٫188 ث
صاد صِنَاعة	0٫138 ث	مقابل	صاد صيني	0٫156 ث
فاء فداء	0٫128 ث	مقابل	فاء فيل	0٫120 ث
هاء هيام	0٫064 ث	مقابل	هاء فهيم	0٫099 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 متبوعًا بكسرة باستثناء صوت واحد هو الفاء.

ثانيًا: تردد الأصوات الاحتكاكية

تردد الصوت هو ذبذبة جزيئات الهواء في الثانية أو أجزائها، وهو عدة مستويات أهمها: التردد الأول F1 ، والتردد الثاني F2 . وهذان الترددان هما اللذان يعنياننا في هذه الدراسة، وكذلك متوسطهما. وإنما كان المتوسط مهمًا 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 بمقدارالدفق الاستهلاليّ الذي تكون عليه الموجات الصوتية،ويتأثر كذلك بالجهر والهمس. يُظهرالجدول(5) التردد الأول للأصوات الاحتكاكية مرتبة ترتيبًا 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	الخاء	837
7	الثاء	635
8	الهاء	598
9	الغين	435
10	الزاي	400
11	الظاء	351
12	الذال	297

عند النظر في هذا الجدول تتبين لنا الحقائق الآتية :

1. إذا نظرنا إلى الاحتكاكيات باعتبار الجهر والهمس تبيّن لنا أنّ أول ثماني مراتب تحتلها الأصوات الاحتكاكية المهموسة: الشين، والصاد، والسين، والحاء، والفاء، والخاء، والثاء، 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.

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

3. ليس للإطباق أيّ 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 أماميًا أو خلفياً أيّ 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 جميعًا- 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 نسبيًا، وهذا موافق لمفهوم تفشيّ الشين في التراث العربي.

2. التردد الثاني F2

عند النظر في قيم التردد الثاني يتبيّن لنا ما يأتي :

1. إن قيم التردد الثاني أعلى من قيم التردد الأول في جميع الاحتكاكيات؛ والسبب في هذا واضح وهو أنّ الدفق الموجي للأصوات يزداد بعد التردد الأول فيزداد التردد الثاني. وسبب الزيادة هو أنّ الطاقة التي ينشأ عنها التردد ذاتُ 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 تردّدي 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 و6.

الجدول (6)

الترتيب التنازلي للتردد الثاني للاحتكاكيات

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

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 ترددًا 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 مخندق هو الذي يؤدي إلى رفع ترددها لتتصدر 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	الغين	927
11	الذال	868
12	الظاء	708

ثالثاً: طاقة الأصوات الاحتكاكية

يُعَرّف بعض العلماء الطاقة بأنها مقدار التفاعل بين موضوعين أو أكثر[13]، ويعرّفها آخرون بأنها مقدار تأثير نظام في نظام آخر[14]. سنوضح في ما هو آت مقاديرطاقة 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 يتبيّن لنا أنّ هذه الأصوات جميعًا ودون استثناء عالية. فالجدول (8) يوضح مقاديرها التي حصلنا عليها من جهاز CSL، وأعلاها جميعًا 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 المخندق والمسطح – يحتاج إلى طاقة عالية على النحو الذي فصلنا فيه القول من قبل. ومن جملة هذه الأسباب أيضًا أنّ ثمة إحداثات صوتية يصحب كلٌّ منها واحدًا أو أكثر من الأصوات الاحتكاكية، فمنها الضجيج noise الذي يصحب نطق الزاي، والتضارب الذي يصحب عملية الصفير في الأصوات الصفيرية كلها، يسمّى الهسيس hissing ، ومنها الهشيش - his ing الذي يصحب احتكاك الشين. ومنها خلخلة الهواء واضطرابه turbulence الذي يصحب نطق الغين والخاء ، والفحيح 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	الغين	52,6
11	الثاء	50
12	الفاء	49

باستقراء هذا الجدول يتبيّن لنا بوضوح تقاربُ قيم الطاقة بين الأصوات الاحتكاكية إلى درجة تظهر معها الفروق ضئيلة جدًا، حتى إنّ الفرق بين أعلى طاقة وهي طاقة الذال ومقدارها 60ر6 ديسيبل، وأدنى طاقة وهي طاقة الفاء ومقدارها 49 ديسيبل هو 11ر6 ديسيبل. أما عند نطق الذال ما يسمى المُقاربة الاحتكاكية- approximant fri tion فإنّ هذا الصوت يفقد من 2/5 إلى 3/5 طاقته الاحتكاكية، وذلك بحسب درجة التضييق؛ أي بما يساوي أكثرمن 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، والزاي والشين من جهة أخرى 6ر0 ديسيبل فقط، وكما هو واضح لا فرق بين الشين والزاي . وكما هو واضح من الجدول المذكور فإنّ طاقة الاحتكاكيات في العربية تتراوح بين 49–60 ديسيبل .

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 المللحقة بالبحث الخاصة بسياقات كل صوت. أما أهم المؤثرات التي توصلت إليها فهي :

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

2. كون الصوت ساكناً في الوسط: بيّنَت هذه الدراسة أنّ وقوع الصوت الاحتكاكي ساكنًا في وسط الكلمة إما أن يُظهرَ وجود طاقة زائدة في نطق الصوت، وإما أن يُظهر نقيض ذلك. فقد ارتفعت طاقة الزاي وهو ساكن في وسط كلمة (مزْهر) إلى 66ر18 ديسيبل، وارتفعت طاقة الصاد وهو ساكن في كلمة (مصر) إلى 61ر1 ديسيبل ؛ فكانت في المرتبة الثانية من مراتب سياقات الصاد. لكنّ الشين انخفضت قيمته في كلمة (مشدود) إلى 59 ديسيبل.

3. كون الصوت ساكناً في آخر الكلمة: بيّنت هذه

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

لكنّ طاقة الثاء في (تراث) قد انخفضت إلى 39ر24 ديسيبل؛ فكانت أدنى طاقة في سياقات الثاء كلها، بل في سياقات الأصوات الاحتكاكية كلها دون استثناء. ووقع مثل ذلك للذال الثاني في كلمة (رذاذ)، فطاقته: 6 ر54 ديسيبل، والسين في كلمة (فراس) وطاقته 19ر50 ديسيبل، والظاء في (غيظ) وطاقته: 91ر55 ديسيبل، والغين في (فرغ) وطاقته: 49ر58 ديسيبل .

4. وقوع بعض الأصوات الاحتكاكية متبوعة بضمة أو واو مدّ . 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 (حُمرة): 54 ديسيبل، والسين في (سودان): 86ر52 ديسيبل، والشين في (شورى): 32ر56 ديسيبل، والفاء في (فقراء): 63ر46 ديسيبل.

رابعًا: ضغط الأصوا ت الاحتكاكية

1. مقادير الضغط

باستقراء الجدول (9) يظهر عدد من الحقائق أهمها :

1. إنّ أعلى ضغط هو ضغط الشين: 8ر20 ديسيبل.

2. إنّ الفرق كبيرٌ نسبيًا بين ضغط الشين والصوتين اللذين يليانه في المرتبة الثانية، وهما الحاء والخاء. فالانخفاض يصل إلى 6 ديسيبل دفعة واحدة . وهذا الانخفاض لا يظهر بين أيّ صوتين متتاليين في هذا الجدول؛ إذ إنّ الانخفاض بين كل صوت والذي يليه في الجدول كله متقارب.

هذا يدل بوضوح تام على أنّ ضغط الاحتكاكيات متقارب إذا جعلناه في فئات ثلاث مثلا ؛ فئة الأعلى ضغطاً وتشمل: الشين، والخاء، والحاء؛ 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 ضغطًا من الاحتكاكيات المجهورة ؛ فقد احتلت المهموسات أول ست مراتب، ثم احتلت الاحتكاكيات المجهورة المراتب الستّ التالية.

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

5. لا يظهر أي أثر لكون الصوت احتكاكيًا مخندقاً أو مسطحًا في زيادة الضغط أو نقصانه.

6. تتقارب درجات ضغط الأصوات الصفيرية تقاربًا يوشك أن يخفي الفروق بينها ؛ فمتوسط ضغط الصاد 8 ر12 ديسيبل ، ومتوسط ضغط السين 4ر12 ديسيبل، ومتوسط ضغط الزاي 7ر11 ديسيبل.

الجدول (9)

الترتيب التنازلي لمتوسطات ضغط الاحتكاكيات

المرتبة	الصوت	متوسط الضغط
1	الشين	20ر8
2-3	الحاء والخاء	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

2. تأثير السياقات الصوتية في مقادير الضغط

ضغوط الأصوات الاحتكاكية متوسطة إجمالا. 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 متلوًّا بحركة أمامية كالفتحة، أو الألف،أو الكسرة (لكن ليس ياء المدّ)، وذلك مثل: ثاء ثمر 15ر3 ديسيبل ومثاني 11ر2 ديسيبل؛ وزاي زَرَع 16ر8 ديسيبل ؛ وذال ذراع 30ر3 ديسيبل ؛ وظاء ظَلَم 21ر4 ديسيبل؛ وظالم 42ر1 ديسيبل؛ وفاء فول 67ر5 ديسيبل.

2. احتكاكي أمامي + حركة خلفية

وذلك بأن يكون الاحتكاكي الأمامي متلوًّا بحركة خلفية ضمة كانت أو واو مدّ، وذلك كما في ثاء ثوبوا 34ر4؛ وسين سودان 76ر7 ديسيبل؛ وظاء ظُلم 18ر1 ديسيبل.

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

وذلك كما في: خاء خُمُس 4 ديسيبل؛ غين غراب 73ر1 ديسيبل وغين ثغور 31ر0 ديسيبل ؛ وحاء حوت 37ر4 ديسيبل؛ وهاء هُدى 73ر4 ديسيبل وهاء هود 24ر0 ديسيبل .

4. احتكاكي خلفي + حركة أمامية (كسرة أو ياء مدّ) كما في: هاء هيام 87 ر0 ديسيبل؛ وغين غيرة 65ر2 ديسيبل.

الخاتمة

توصلت هذه الدراسة إلى النتائج الآتية:

أولا: على المستوى الأدائيّ

بيّنت الدراسة صحة تصور علمائنا المتقدمين من أنّ العين ليس رخوًا ، ومن ثم فهو ليس احتكاكيًا بالمفهوم المعاصر. وفسّرت الدراسة ظواهر نطقية في بعض الاحتكاكيات كالهشهشة 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.

ثانيًا: على المستوى الكمّيّ

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

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 الترددين الأول والثاني: بيّنت الدراسة أنّ متوسط ترددي الشين يتصدر قائمة الاحتكاكيات، وأنّ الظاء أدناها جميعاً، وأنّ جهر الاحتكاكيات أو همسها يؤثر في ذلك؛ فالمهموسات أعلى من المجهورات في متوسط الترددين 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 أدناهنّ، وأنّ السياق الصوتي يؤثر في مقدار ضغط الاحتكاكيات.

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 . سيبويه، 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 . سيبويه، مرجع سابق، ج 4، ص 434.

10. المرجع السابق، ج4، ص434 .

11. المرجع السابق، ج4، 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 . سرّ صناعة الإعراب ، تحقيق حسن هنداوي ، 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 Phoneties. (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).

الجداول الملحقة بالبحث:

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

الجدول (10)

السياقات الصوتية للثاء وخصائصه الفيزيائية

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

الجدول (11)

السياقات الصوتية للحاء وخصائصه الفيزيائية

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

الجدول (12)

السياقات الصوتية للخاء وخصائصه الفيزيائية

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

الجدول (13)

السياقات الصوتية للذال وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	متوسط الترددين	الطاقة	الضغط
الذال منعزلا	0ر464	823	63ر6	11ر5
ذال ذليل	0ر155	899	58ر7	7ر7
ذال ذلك	0ر154	851	60	5ر2
ذال ذباب	0ر174	796	60ر7	5ر6
ذال ذودوا	0ر170	776	60	6ر7
ذال ذراع	0ر146	911	61ر3	3ر3
ذال ذيب	0ر147	1072	62ر3	12ر6
ذال مذنب	0ر089	780	67ر8	15ر6
ذال رذاذ	0ر319	936	54ر6	5ر1
المتوسط	0ر169	868	60ر6	7ر7

الجدول (14)

السياقات الصوتية للزاي وخصائصه الفيزيائية

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

الجدول (15)

السياقات الصوتية للسين وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	متوسط الترددين	الطاقة	الضغط
السين منعزلا	0,435	1857	58	20,98
سين سَبَح	0,217	1661	58,3	14,21
سين سابح	0,142	1555	58,22	12,21
سين سُبحان	٠,125	1576	56,26	10,24
سين سودان	0,166	1633	52,86	7,76
سين سِر	0,172	1747	56,79	10,65
سين سيروا	0,188	1689	55,95	10,55
سين مسرى	0,124	1446	55,37	14
سين فراس	0,335	1540	50,19	8,54
المتوسط	0,184	1593	55,5	11

الجدول (16)

السياقات الصوتية للشين وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	متوسط الترددين	الطاقة	الضغط
الشين منعزلا	0,336	2155	71,37	28,30
شين شريف	,095ر	1960	56,97	17,43
شين شادي	0,114	1835	64,20	23,16
شين شُباط	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 شيد	0,164	2046	64	23,31
شين مشدود	0,111	1970	59	23,11
شين فراش	0,223	1052	59,54	20,68
المتوسط	,134ر٠	1717	60	20,8

الجدول (17)

السياقات الصوتية للصاد وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	متوسط الترددين	الطاقة	الضغط
الصاد منعزلا	0,357	1671	64,15	20,35
صاد صَبَر	0,102	1555	52,72	13,7
صاد صابر	0,113	1602	57,50	11,84
صاد صُنع	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	,146ر٠	1473	55,8	11

الجدول (18)

السياقات الصوتية للظاء وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	متوسط الترددين	الطاقة	الضغط
الظاء منعزلا	0,339	722	62,53	9,1
ظاء ظلم	0,105	743	59,47	4,2
ظاء ظالم	0,121	820	57,9	6,42
ظاء ظُلم	0,149	892	56,69	1,18
ظاء ظباء	0,079	636	58,82	2,91
ظاء نظير	0,233	616	57,18	3,76
ظاء مظروف	0,160	696	59,99	5,61
ظاء منظور	0,099	899	57,1	1,3
ظاء غيظ	0,081	623	55,91	2,22
المتوسط	٠,139	741	57,4	4

الجدول (19)

السياقات الصوتية للغين وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	متوسط الترددين	الطاقة	الضغط
الغين منعزلا	0,351	1082	54,08	10,7
غين غَرَس	0,075	855	56,74	13,6
غين غارس	0,108	1162	53,93	13,46
غين غُراب	0,132	633	52,29	-1,73
غين غول	0,165	743	52,22	1,67
غين غراس	0,095	1183	51,31	11,87
غين غيرة	0,184	1168	50,12	2,65
غين ثغر	0,158	778	54,92	9,54
غين فرغ	0,160	464	49,58	10,07
المتوسط	٠,135	873	52,6	8,7

الجدول (20)

السياقات الصوتية للفاء وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	معدل الترددين	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 رغيف	0,119	1288	49,08	13,40
المتوسط	٠,104	1306	49	10,4

الجدول (21)

السياقات الصوتية للهاء وخصائصه الفيزيائية

الصوت	زمن التردد	متوسط الترددين	الطاقة	الضغط
الهاء منعزلا	0,311	1451	57,18	10,75
هاء هَدى	0,041	1162	53,78	-6,74
هاء هادي	0,130	1217	51,72	7,16
هاء هُدى	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 فهُم	0,105	1096	56,97	10,78
هاء فَداه	0,059	557	50,49	10,8
المتوسط	0,076	983	54,4	3,45