جَماليات النَّسَق الصَّوتِي للفظ القرآني

مقاربة لغويَّة حاسوبيَّة

د. محمـــــد رأفـت محمـــــود (*)

- **المُلَخَّص:**

يَسْعى البحْث إلى طرْح رُؤْية علميَّة محدَّدة الأبْعاد لدراسة النَّسَق الصَّوتِي للفظ القرْآني والوقوف على طبيعتهِ الفريدة وجماليات عناصره البنائيَّة، وذلك في إطار الإسْهام في الارتقاء بأدوات دراسة اللفظ القرْآني على صعيد المستوى الصَّوتِي من خلال تقديم مُقترح حاسوبي يقوم على توْظيف تقنية النَّمْذجة الصَّوتيَّة بوصفها إحدى تقنيات التحليل البصري(الرُّسومي) التي يمكن التعويل عليها في الكشف عن أسرار الإعجاز اللغوي في تطويع العناصر الصَّوتيَّة للنَّص القرآني، ومن ثمَّ الوصول إلى دقائق لغوية مهمة تُسهم في خلْق آفاق جديدة في الدَّرس الصَّوتِي للعربيَّة تعتمد على التحليل اللغوي القائم على التَّوْصيف المرْئي للثوابت اللُّغويَّة وليس على التَّحليل الفيزيائي القائم على القياسات الصَّوتيَّة المُتغيّرة؛ مما يسمح بتطبيق خوارزميات الذَّكاء الاصْطناعي في الدِّراسات الصَّوتيَّة بصورة أكثر كفاءة وواقعيَّة من أجل الحصول على نَواتِج منطقيَّة سليمة ذات أثر مهم في توجيه المسار البحثي للدِّراسات الصَّوتيَّة في القرْآن الكريم بصورة تُواكب العصر وتُحقِّق التَّطلُّعات.

- **الكلمات المِفْتاحيَّة:**

النَّسَق الصَّوتِي – النَّمْذجة الصَّوتيَّة – التَّحليل الفوناتيكي– التَّحليل الفونـولـوجـي – المهـام المُؤَتمَتَة – المُعالجات الرُّســوميَّة – التَّمْثيل المَـرْئـي – مُخطَّطات التَّمثيل البياني والطَّيْفي .

(*) مدرس علم اللغة الحاسوبي بكلية الآداب جامعة بني سويف

Aesthetics of the phonemic pattern of the Qur'anic pronunciation

Computational linguistic approach

Dr. Mohammed Raafat Mahmoud (*)

- **Abstract :**

The research seeks to present a specific scientific vision for the study of the phonemic pattern of the Qur'anic expression, and to investigate its unique nature and the aesthetics of its structural elements. This comes within the framework of contributing to the advancement of the tools for studying the Quranic expression at the phonetic level, by proposing a Computer application that utilizes Phonological Modeling technology as one of the visual (graphical) analysis techniques that can be relied upon to uncover the secrets of linguistic miracles in adapting the sound elements of the Quranic text. Consequently, reaching important linguistic details that contribute to creating new horizons in the phonetic study of Arabic, based on linguistic analysis relying on the visual description of linguistic constants, rather than the physical analysis based on variable acoustic measurements. This allows for the more efficient and realistic application of artificial intelligence algorithms in Phonologic studies, in order to obtain sound logical outputs with an important impact in guiding the research direction of Phonologic studies in the Holy Qur'an in a way that keeps pace with the times and achieves aspirations.

- **Keywords:**

phonemic pattern - Phonological Modeling - Phonetical analysis - Phonological analysis – Automation - Graphics processors - Data Visualization - Graphical and spectral transformation

(*) Instructor of Computational Linguistics, Faculty of Arts, Beni Suef University

❖ المُقدِّمة:

سَلكت الدِّراسات اللُّغويَّة منذ نشأتها مسارات منهجية متنوعة لدراسة اللفظ القرآني من أجل الوقوف على دقة بنائه وروعة إعجازه في إطار ما يشمله من أبعاد متنوعة من المعاني والدلالات التي تجعله مرنًا في توظيفه قابلاً للتأويل والتفسير بصورة تحفظ له الاستمرارية لمواكبة الأزمنة ومسايرة الأحداث، وقد أسهمت تلك الدراسات والجهود في خلق آفاق جديدة للفكر اللغوي لازلنا نجني ثمارها حتى اليوم، ومع كل ما تحقق من نتائج مهمة يظل الإلمام بجماليات اللفظ القرآني بتمامه وكماله أمرًا لم نُحط به بعد، فألفاظ القرآن الكريم معينها لا ينضب وتُعطي لكل مجتهد على قدر سعة مِكيالِه الذي يكتال به.

وتأتي دراسة التَّسَق الصَّوتِي – بوصفها أبرز تلك الدراسات التي تسعى إلى التعرف على نظام العناصر الصَّوتيَّة المكونة للفظ القرآني للوقوف على أبعاده الجمالية – في طليعة اهتمام العلماء لفهم الدقائق اللُّغويَّة الفارقة لدلالات اللفظ القرآني ومعانيه، كما تُعد دراسة التَّسَق الصَّوتِي جوهر الرؤية لتفسير جوانب الإعجاز اللغوي في نظم اللفظ القرآني وفنيات استعماله، ومن هذا المنطلق رأيت أن أسهم – ولو بجهد المقل – في تلك الدراسات والمحاولات العلمية الجادة من خلال هذا البحث الذي أحاول فيه توظيف التقنيات الحاسوبية وخوارزميات الذكاء الاصطناعي لبيان جماليات التَّسَق الصَّوتِي للفظ القرآني.

وقد عززت فكرة هذا البحث بعض الإرهاصات التي أثارت تفكيري لفترة طويلة وتتمثل في تساؤلين منطقيين اسْتَرْعَيا انتباهي، الأول: هل هناك تفسير لغوي لهذا التأثير الإيجابي للفظ القرآني على الدماغ؟ حيث يُحدث اللفظ القرآني نوعًا من الاستقرار النفسي والعصبي يشعر به الإنسان عند سماعه أو قراءته حتى وإن لم يدرك معناه كما في حالة سماع بعض الأطفال أو سماع بعض ممن يعانون الاضرابات النفسية والعصبية أو سماع غير العرب ممن لا يجيدون العربية ولا يفهمون ألفاظها، وكذلك الأمر عند سماع اللفظ القرآني في مواقف وحالات انفعالية يفتقر الإنسان فيها إلى التفكير العقلاني السليم كحالات الهلع والغضب والاكتئاب.

أما التساؤل الثاني فيتعلق بأجر قراءة القرآن الكريم والاستماع إليه حيث يكون الجزاء بمقدار ما يقرؤه المرء من حروف وليس بما يستوعبه العقل من معانٍ، فما الحكمة من ذلك؟ في حين أنَّ تلك الحروف هي في حقيقتها أثر سمعي يصدره جهاز النطق غير مُحدد بمعنى معين في ذاته أو حتى في غيره، وتمثل تلك الحروف المادة اللُّغويَّة الأساسية للكلام البشري والوحدة المنتجة له، ومما يؤكد

ذلك ما ورد عن الرسول ﷺ من أحاديث شريفة[I] تناولت هذا الشأن وأوضحت المقصود بالحرف عبر استدعائها لنموذج الحروف المقطعة في أوائل السور القرآنية بوصفه نموذجًا شارحًا لماهية الحرف ومعناه.

ويسعى البحث في ضوء التساؤلين السابقين إلى تحقيق عدة أهداف يأتي في طليعتها الوقوف على جماليات طبيعة النَّسَق الصَّوتِي وخصائص بنيته الفريدة في النص القرآني من خلال طرح رؤية علمية جامعة لبيان منطقية العلاقة اللُّغويَّة التي تربط العناصر الأساسية المكونة للنسق الصَّوتِي القرآني في إطار منظور حاسوبي يعتمد على التحليل اللغوي الثابت[II] وليس على التحليل الفيزيائي المتغير[III].

كما يتطلع البحث برؤيته المنطقية المقترحة إلى الإسهام في الارتقاء بأدوات دراسة اللفظ القرآني على صعيد المستوى الصَّوتِي عن طريق نقل بعض التقنيات التحليلية المستخدمة في مجالات معرفية عديدة كالاقتصاد والتخطيط والعلوم الطبيعية والتقنية إلى مجال دراسة الأصوات اللُّغويَّة، الأمر الذي قد يُسفر عنه تغيير وجهة الدراسات اللُّغويَّة بصورة عامة والدراسات الصَّوتيَّة بصورة خاصة من مسارها المعتاد وما يعتريه – أحيانًا – من أوجه نقص إلى مسار منطقي جديد يعتمد على النمذجة البيانية والطيفية التي تسمح بتطبيق خوارزميات الذكاء الاصطناعي من أجل الحصول على أفضل النتائج وأدقها.

ويعوّل البحث على ركيزتين أساسيتين في سعيه للوصول نحو أهدافه، إحداهما: ركيزة معرفية تقوم على محاولة إبراز جوانب الإعجاز اللغوي للفظ القرآني الذي يجمع بين دقة البنية وروعة المعنى، حيث قد تتزين كثير من النصوص البشرية بالمعاني والأفكار اللافتة ولكنها تفتقر في الوقت نفسه إلى تلك الدقة الهندسية المتناهية للفظ القرآني في نظم حروفه وأصواته المكونة له في نسق جمالي بديع، ولعل ذلك ما يُفسر جوهر الإعجاز القرآني ولب تحديه سواء كان

[I] عن عبد الله بن مسعود، يقول: قال رسول الله صلى الله عليه وسلم : [مَنْ قَرَأَ حَرْفًا مِنْ كِتَابِ اللَّهِ فَلَهُ بِهِ حَسَنَةٌ، وَالحَسَنَةُ بِعَشْرِ أَمْثَالِهَا، لَا أَقُولُ الم حَرْفٌ، وَلَكِنْ أَلِفٌ حَرْفٌ وَلَامٌ حَرْفٌ وَمِيمٌ حَرْفٌ] .. انظر سنن الترمذي : حديث رقم: ٢٩١٠ ، ج٥: ص ١٧٥ .

[II] يُقصد هنا بالتحليل اللغوي: التوصيف اللغوي الأساسي للأصوات اللغوية من حيث مخارجها وصفاتها النطقية، كما يشمل التحليل هنا الظواهر الصوتية المختلفة كالإدغام والإعلال والإبدال والإمالة والإشمام .. وغيرها، وتتسم كل تلك القضايا – في أغلبها – بثبات معاييرها الصوتية من حيث إدراكها والحكم عليها .

[III] يُقصد بالتحليل الفيزيائي هنا: تلك القياسات الفيزيائية لأصوات الكلام البشري المنطوق والتي تتسم عند إدراكها بطبيعتها المتغيرة من شخص إلى آخر ومن وسط ناقل إلى آخر كقياس شدة الصوت وتردده وبعض خصائصه الموجية الأخرى كالطول الموجي والسعة والكثافة.. إلخ .

بالإتيان بمثل القرآن الكريم كاملاً كما ورد في قوله تعالى: ﴿ قُل لَّئِنِ ٱجْتَمَعَتِ ٱلْإِنسُ وَٱلْجِنُّ عَلَىٰٓ أَن يَأْتُوا۟ بِمِثْلِ هَٰذَا ٱلْقُرْءَانِ لَا يَأْتُونَ بِمِثْلِهِۦ وَلَوْ كَانَ بَعْضُهُمْ لِبَعْضٍ ظَهِيرًا ﴿٨٨﴾ ﴾ سورة الإسراء، الآية: ٨٨، أم كان التحدي بعشر سور كما ورد في قوله تعالى: ﴿أَمْ يَقُولُونَ ٱفْتَرَىٰهُ ۖ قُلْ فَأْتُوا۟ بِعَشْرِ سُوَرٍ مِّثْلِهِۦ مُفْتَرَيَٰتٍ وَٱدْعُوا۟ مَنِ ٱسْتَطَعْتُم مِّن دُونِ ٱللَّهِ إِن كُنتُمْ صَٰدِقِينَ ﴿١٣﴾﴾ سورة هود، الآية: ١٣، أم كان التحدي بالإتيان بسورة واحدة من القرآن الكريم كما ورد في قوله تعالى: ﴿ أَمْ يَقُولُونَ ٱفْتَرَىٰهُ ۖ قُلْ فَأْتُوا۟ بِسُورَةٍ مِّثْلِهِۦ وَٱدْعُوا۟ مَنِ ٱسْتَطَعْتُم مِّن دُونِ ٱللَّهِ إِن كُنتُمْ صَٰدِقِينَ ﴿٣٨﴾ ﴾ سورة يونس، الآية: ٣٨.

أما الركيزة الثانية التي يعوّل عليها البحث فهي ركيزة تِقنِيَّة تتعلق بمثالية العناصر الصَّوتيَّة المنتجة للنسق القرآني للترميز الرقمي والمنطقي مما يسمح بتطبيق أنظمة النمذجة البيانية والطيفية بصورة تُمكننا من توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي للحصول على استنتاجات علمية مهمة تُحقق الغرض وتُلبي الطموحات.

وانطلاقًا من هاتين الركيزتين عملتُ لفترة زمنية تجاوزت العام على إنشاء تطبيق حاسوبي تم فيه توظيف أحدث التقنيات البرمجية وخوارزميات الذكاء الاصطناعي لتحقيق أهداف هذا البحث التي أشرت إليها سلفًا، حيث روعي فيه أن يكون تطبيقًا مرنًا وشاملاً لتوظيفه في تحقيق أهداف بحثية أخرى مستقبلية؛ فجاء مزودًا بأدوات تقنية تسمح له بالتعامل مع أي نص لغوي وتحليل نسقه الصَّوتي تحليلاً لغويًا دقيقًا بالاعتماد على بعض المهام المُؤَتمَتَة (Automation) التي يشملها كالتمثيل البياني والطيفي، والكتابة الصَّوتيَّة للنص، وتدقيق التشكيل والضبط، والبحث المتقدم، والعمليات النوعية المتعددة للحصر الإحصائي، والمقارنات سواء التي تعتمد على التناظر المرئي للنماذج البيانية أم المقارنات التي تعتمد على التناظر الإحصائي.

وفي إطار ما سبق يأتي هذا البحث ليُلقي الضوء على جماليات التَّسَق الصَّوتي في أربع سور قرآنية، وهي: (الفاتحة – الإخلاص – الفلق – الناس) عبر توظيف المنهج التحليلي في دراسته مدعومًا بأدوات المنهج الإحصائي كلما اقتضت الحاجة، ومن ثمّ جاء البحث على قسمين، اختص القسم الأول بدراسة الضوابط اللُّغويَّة لدراسة التَّسَق الصَّوتي في القرآن الكريم من خلال تناول مفهوم التَّسَق الصَّوتي وأهميته بالإضافة إلى تناول الأبعاد المنهجية لدراسته بين القدماء والمحدثين، أما القسم الثاني فقد اختص بدراسة النمذجة الصَّوتيَّة للنص القرآني ومساراتها المعرفية الثلاثة المتمثلة في: الإدخال اللغوي، والمعالجات الرُّسوميَّة، ونواتج عمليات النمذجة.

❖ ١: الضَّوابِط اللُّغويَّة لدراسة النَّسَق الصَّوتِي في القرآن الكَريم:

تتطلب معالجة النَّسَق الصوتي– وفقًا لرؤية البحث – نوعًا من التأصيل المنهجي للأسس اللُّغويَّة التي تقوم عليها تلك المعالجة من أجل الوصول إلى معالجة حاسوبية محددة الأهداف والرؤى وذات نواتج منطقية سليمة؛ لذلك يتناول البحث هنا بعض القضايا المهمة كـ (مفهوم النَّسَق الصوتي، والأبعاد المنهجية لدراسته عند القدماء والمحدثين، وأهمية دراسته).

١- ١: مفهُوم النَّسَق الصَّوتِي:

النَّسَق في اللغة(اسم) مصدر من نَسَق يَنْسُق، يُقال: نَسَقتُ الشيءَ نسقًا أو تنسيقًا، وانتَسَقتْ الأشياء بعضها إلى بعض: أي توافقت وتلاءمت على نظامٍ واحد من كلّ شيء ، والنَّسَق من كل شيء: ما كان على نظام واحد، يُقال:(قامَ القومُ نسَقًا) و(غرستُ النخلَ نسَقًا) و(ثغرٌ نَسَقٌ): أي متساوي و(خررٌ نَسَقٌ):أي منظمٌ، و(دُرٌّ نَسَق) :أي منظوم، والنَّسَق بتسكين السين مصدر نَسَق، يُقال: (نَسَقتُ الكلامَ) أي عطفت بعضه على بعض، وعند النحاة (حروف النَّسق): بمعنى حروف العطف؛ لأن الشيء إذا عطفت عليه شيئًا بعده جرى مجرى واحدًا، وهكذا فإن كل شيء أتبع بعضُه بعْضاً فهو نسَقٌ له[١]، يقول ابن فارس: " (نَسَقَ): النُّونُ وَالسِّينُ وَالقَافُ أَصْلٌ صَحِيحٌ يَدُلُّ عَلَى تَتَابُعِ فِي الشَّيْءِ .وَكَلامٌ نَسَقٌ :جَاءَ عَلَى نِظَامٍ وَاحِدٍ قَدْ عُطِفَ بَعْضُهُ عَلَى بَعْضٍ .وَأَصْلُهُ قَوْلُهُمْ :ثَغْرٌ نَسَقٌ، إِذَا كَانَتِ الأَسْنَانُ مُتَنَاسِقَةً مُتَسَاوِيَةً.وَخَرَزٌ نَسَقٌ :مُنَظَّمٌ "[٢].

أما النَّسَق في الاصطلاح فتتعدد مفاهيمه وفقًا للمجال المستخدم فيه، ولكن يبقى مفهومه العام حده الكون كله بوصفه نسقًا كبيرًا ذا أنساق فرعية تتداخل فيما بينها، والنَّسَق بتلك الرؤية ليس نظامًا جامدًا لا يقبل التغيير حيث يُوصف بقدرته على الاحتفاظ ببنيته المنتظمة وفي الوقت نفسه لديه القدرة على التكيف مع المستجدات سواء كانت اجتماعية أم ثقافية[٣]، ويجعله آخرون مرادفًا لمصطلح (System) في الإنجليزية ويُعرفونه في دلالته الاصطلاحية العامة بكلي شمولي يتكون من وحدات من العناصر المتفاعلة فيما بينها، وكلٌ منها له وزن محدد وفقًا لأهميته ودرجة فاعليته داخل النَّسَق العام[٤].

والنَّسَق اللغوي بوصفه أحد أبرز الأنساق التي يستخدمها الإنسان لتحقيق التواصل بين أفراد المجتمع اللغوي يُعرف بكونه نظامًا قواعديًا يتواجد بصفة

مضمرة في الأذهان ويتألف من عناصر بينها علاقات مترابطة تؤثر في بعضها بصورة تُعزز من واقع هذا النَّسَق وتضبط انتظامه.

وهكذا يكون الشيء نسقًا في نظر الباحثين عندما يتم إدراكه بوصفه مكونًا من مجموعة من العناصر أو الأجزاء يترابط بعضها مع بعض وفقًا لمبدأ مميز[٥]، وتلك العناصر المنتجة للنسق اللغوي ليست لها قيمة في ذاتها بل قيمتها تكمن في وظيفتها داخل النَّسَق وتفاعلها مع غيرها من العناصر، وقد أوضح فردينان دو سوسير (Ferdinand de Saussure) هذا الأمر عندما شبه النَّسَق اللساني بلعبة الشطرنج ذات القوانين الثابتة التي لا يتغير نسقها بتغير مادة عناصرها فسواء كانت تلك العناصر من الخشب أو العاج يظل نسق اللعبة قائمًا دون تأثير[٦]، وبتلك الرؤية تُعد اللغة من وجهة نظر بنيوية نسقًا من الإشارات يستند تحليله على رصد العلاقات التي تربط العناصر اللُّغويَّة المكونة له، وفي ضوء ذلك تابعت المدارس البنيوية دراسة اللغة عبر تحليل علاقات الإشارات داخل نسقها اللغوي بدلاً من تتبع الظواهر اللُّغويَّة عبر التاريخ [٧]

وانطلاقًا من كون النَّسَق اللغوي نظامًا لتحليل اللغة بمستوياتها المختلفة فمن المنطقي أن تنبثق منه أنساق فرعية كـ(النَّسَق الصوتي، والنَّسَق الصرفي، والنَّسَق النحوي، والنَّسَق الدلالي) وتلك الأنساق تتعاضد فيما بينها عبر علاقات متناسقة وفق نظام معين[٨]، وما يُعنينا هنا من تلك الأنساق الفرعية هو النَّسَق الصوتي، ويُقصد به مجموعة العناصر المتفاعلة فيما بينها والمترابطة بصورة تقوم على التمايز ضمن قواعد في إطار من التنوع والاختلاف والتماثل والتقابل والتجانس[٩].

١- ٢: الأبْعاد المنْهجيَّة لدراسة النَّسَق الصَّوتِي بين القدَماء والمُحْدِثين:

نالت الأصوات اللُّغويَّة قسطًا وافرًا من اهتمام اللغويين القدماء والمحدثين على حد سواء بوصفها اللبنة الأولى المنتجة للنسق الصَّوتِي ذي الأثر الأبرز لسلامة الأداء اللغوي، فبنظرة فاحصة لجهود الرعيل الأول من علماء العربية يتبيَّن أنهم قد سبقوا إلى معرفة كثير من دقائق الصوت اللغوي وحقائقه ووضعوا أسسه وأحكامه وكانوا روادًا في منهجية البحث الصَّوتِي بصورة تؤكد أصالة المنهجية الصَّوتيَّة عندهم بدءًا من أبي الأسود والخليل مرورًا بسيبويه وابن جني والرازي ومن سار على نهجهم ونقل عنهم [١٠].

وقد بدأت إرهاصات الفكر الصَّوتِي في التراث العربي على يد أبي الأسود الدؤلي بمحاولته[I] عندما كثر اللحن وشاع على ألسنة الناس نتيجة اتساع رقعة الدولة الإسلامية واختلاط العرب بغيرهم من الفرس والروم والنبط حيث لجأ إلى وضع بعض النقاط الدالة على الحركات القصيرة والتنوين؛ لتجنب الخطأ في قراءة القرآن الكريم، وتبع ذلك إسهامات أخرى أضافت إلى الكتابة العربية علامات لتمييز خصائص صوتية متعددة(١١).

أما البداية الحقيقية للفكر الصَّوتِي في العربية فكانت على يد الخليل بن أحمد الفراهيدي (ت١٧٥هـ) حيث وضع الصوت اللغوي موضع التطبيق الفني من خلال كتابه(العين)[II] الذي جاء مرتبًا وفقًا لمخارج الحروف، وهكذا يعود للخليل الفضل في إعادة النظر في ترتيب الأصوات العربية القديمة وضبط صفاتها وترتيبها حسب مخارجها التي وصفها وصفًا دقيقًا معتمدًا على الذوق الصَّوتِي (الملاحظة الذاتية) وما يحس به من اختلاف مواضع أعضاء النطق، وكان لحسه المرهف ودقة ملاحظته للأصوات أثر كبير في علاجه للعروض والموسيقى، كما يُعد الخليل أول من تناول الصلة بين الدرس الصَّوتِي والدراسات الصرفية والنحوية، وهكذا أسهمت جهود الخليل بصورة أساسية في الارتقاء بالدرس الصَّوتِي وأصبح ذا أسس ومبادئ مُحْكَمة(١٢).

وأكمل مسيرة الخليل تلميذه سيبويه (ت١٨٠ هـ) بما قدمه للدرس الصَّوتِي من جهود وإسهامات جليلة حيث نقل آراء الخليل ونقحها وفقًا لرؤيته، فتناول الصوت اللغوي تناولاً دقيقًا على صعيد المخارج والصفات خصوصًا ما يتعلق بصفات الحروف المركبة وما ينتابها من مواطن الاختلاف والاتفاق، كما تناول بعض الظواهر الصَّوتيَّة كالإدغام وميز بصورة دقيقة بين صفتي الجهر والهمس(١٣).

[I] ذكر السيرافي أن أبا الأسود الدؤلي أخذ علم العربية من علي بن أبي طالب ﷺ ولم يعلمه لأحدٍ حتى بعث زياد بن أبيه إليه بأن يعمل شيئًا يكون فيه إمامًا، وينتفع الناس به، ويُعرب به كتاب الله ﷻ، فطلب أبو الأسود إعفاءه، وذات مرة سمع أبو الأسود أحد القراء يقرأ قوله تعالى: ﴿ أَنَّ ٱللَّهَ بَرِيٓءٌ مِّنَ ٱلۡمُشۡرِكِينَ وَرَسُولُهُۥۚ فَإِن تُبۡتُمۡ فَهُوَ خَيۡرٞ لَّكُمۡۖ ﴾ سورة التوبة : الآية:٣ بكسر لام رسوله، فقال أبو الأسود: ما ظننتُ أن أمر الناس صار إلى هذا، ورجع إلى زياد ووافقه على أن يحضر له كاتبًا لُقنًا، فأحضره له، وحينئذٍ طلب أبو الأسود من الكاتب أن ينقط نقطة واحدة فوق الحرف إن رآه فتح فمه، وإن ضم فمه ينقط الكاتب نقطة بين يدى الحرف، وإن كسر يجعل الكاتب النقطة تحت الحرف، وإن أتبع ذلك بغنة أو تنوين يجعل الكاتب النقطة نقطتين، وهذا ما يُعرف بنقط أبي الأسود الدؤلي .. انظر أخبار النحويين البصريين : ١١، ١٢ .

[II] حاول الخليل من خلال معجمه (العين) أن يكون معجمًا جامعًا لمفردات العربية، فرتب مفرداته وألفاظه على أساس مخارج حروفها، فبدأ من أقصاها في الحلق وصولاً إلى الشفتين، ويذكر أن سبب تسميت معجمه بالعين يرجع إلى حرف العين الذي يُعد أقصى الأصوات مخرجًا في الحلق حسب رأيه الذي عارضه فيه تلميذه سيبويه الذي أوضح أن همزة القطع أقصى مخرجًا من العين ... انظر علم اللغة مقدمة للقارئ العربي: ٩٤ .

وظلت دراسة الأصوات العربية بعد الخليل وسيبويه دون جديد يذكر حتى جاء ابن جني (ت٣٩٢ هـ) فشهد الدرس الصَّوتِي على يديه نقلة نوعية وأصبح أكثر عمقًا حيث وضع أسس الدرس الصَّوتِي وحدد أبعاده ونواحيه وأطلق عليه (علم الأصوات والنغم)، وقد صنف مخارج الأصوات اللُّغويَّة وصفاتها اعتمادًا على منهج التذوق والتجريب انطلاقًا من طرق إصدارها من جهاز النطق(١٤)، ويرى بعض الباحثين أن جهود ابن جني قد نقلت الدرس الصَّوتِي من مرحلة البناء والتأسيس إلى مرحلة التأصيل والنظرية؛ لكونه أول من استعمل مصطلح (علم الأصوات) للدلالة على هذا العلم(١٥) ، يقول ابن جني : "وما علمت أن أحدًا من أصحابنا خاض في هذا الفن هذا الخوض، ولا أشبعه هذا الإشباع"(١٦) .

ولم يقدم الدرس الصَّوتِي جديدًا بعد ابن جني حتى شهد على يد القراء نقلة جديدة بتوسعهم في دراسة الصوت اللغوي وجمعهم ما تناثر من جهود السابقين حتى اكتمل عندهم علم التجويد الذي امتد أثره الطيب إلى جميع المنشغلين بدراسة العربية خدمة للقرآن الكريم وضبط تلاوته(١٧).

ومن الجهود المهمة أيضًا في الدرس الصَّوتِي ما قدمه ابن سينا (ت١٠٣٧هـ) حيث وظف معارفه الطبية في الكشف عن طبيعة الصوت وخواصه وكيفية حدوثه وأسبابه، ووصف أجزاء الحنجرة واللسان وصفًا تشريحيًا دقيقًا، وربط بين إنتاج الصوت وبين عمل أعضاء النطق، كما عمل على بيان الصلة بين الأصوات المنطوقة وغير المنطوقة من خلال تجاربه وفحص أصوات الطبيعة في بيئته وكل ما له صلة بالجانب النفسي السيكولوجي(١٨).

وبنظرة فاحصة لجهود القدماء يتبيَّن أنهم تناولوا الدرس الصَّوتِي بكل أبعاده فلم يقتصروا في دراستهم للصوت اللغوي على الجانب الفوناتيكي (Phonetics) فحسب وتناولوا أيضًا الجانب الفونولوجي(Phonology)[1]ودرسوا القوانين التي تحكم التأليف الصَّوتِي ووصفوا ما يخضع لتلك القوانين بالفصيح وما خالفها وصفوه بغير الفصيح، وبذلك تطرق العرب في تناولهم للصوت اللغوي لشرح آلية إنتاج الصوت وطبيعته الفيزيائية واهتموا بظواهر التفاعل الصَّوتِي والقيمة الدلالية للصوت(١٩) .

وهكذا يُنظر إلى جهود القدماء في الدرس الصَّوتِي بوصفها جهود جليلة القدر بالنسبة إلى عصرهم، حيث وصفوا الصوت اللغوي وصفًا دقيقًا خدمة للعربية ونطقها خصوصًا عند ترتيل القرآن الكريم، وقد حظيت تلك الجهود بقدر كبير من التقدير في الأوساط البحثية المعاصرة التي عزوها إلى تضافر عدة مقومات أهمها: معاصرة هؤلاء العلماء لعصور النهضة العربية واتصالهم بفصحاء العرب مما جعلهم مرهفي الحس دقيقي الملاحظة (٢٠).

وفي العصر الحديث كان للتطور العلمي أثره المهم في الدراسات الصَّوتيَّة حيث نُظر للصوت اللغوي بوصفه ظاهرة فيزيائية وفسيولوجية يمكن إخضاعها للتجربة العملية والتطبيقية، وهكذا أصبحت الدراسات الصَّوتيَّة وثيقة الصلة بغيرها من الدراسات والعلوم الأخرى كالطب والهندسة والحاسوب والفيزياء وغيرها من المجالات العلمية، وكان لاتصال الباحثين العرب بالثقافات الغربية في منتصف القرن العشرين دور كبير في الارتقاء بالدرس الصَّوتي حيث عملوا على تعزيز موقع الدرس الصَّوتي الحديث في مؤسسات التعليم العربية من خلال تطوير المناهج وإنشاء المعامل الصَّوتيَّة الحديثة(٢١).

وعلى صعيد الجانب البحثي قدم بعض الباحثين العرب إسهامات جليلة أفادت الدرس الصَّوتي في العربية كثيرًا، ومنهم حفني ناصف الذي تناول الأصوات العربية بمنظور جديد يعتمد على علم التجويد في وضع الأسس والمعايير، وطرح الدكتور إبراهيم أنيس أول كتاب علمي يتناول الأصوات العربية، يقول في نهاية مقدمته: "وكتابي هذا وإن كان الأول من نوعه في اللغة العربية، لا أدعي له الكمال في كل نواحيه، وإنما أعده مجهودًا متواضعًا أبغي به نشر طرف من هذه الثقافة اللُّغويَّة بين من يعنون بالبحث اللغوي في مصر راجيًا أن ينتفع به طلاب الجامعات المصرية والمعاهد العالية في دراستهم اللُّغويَّة"(٢٢).

ومؤخرًا أحدث توظيف الفكر الحاسوبي في الدرس الصَّوتي للعربية نقلة نوعية في التناول اللغوي للقضايا الصَّوتيَّة المتنوعة، وأصبحت دقة المعالجة الرقمية للصوت اللغوي – بوصفه أبرز الرموز اللُّغويَّة الحاملة للمعنى وأكثرها استعمالاً وأهمية في منظومة الاتصال اللغوي على الإطلاق – هدفًا يسعى إلى تحقيقه الدرس اللغوي المعاصر.

وهنا تأتي قضية التواصل الكلامي مع الآلات والحواسيب في طليعة أولويات الباحثين في مجال معالجة اللغات الطبيعية؛ لتوظيفها في مجالات عديدة لها مردودها الإيجابي على الإنسانية كالتعليم الإلكتروني، والتحكم الصَّوتي في الآلات، والإدراك الحاسوبي للظواهر الصَّوتيَّة في اللغات واللهجات المختلفة، والتشخيص الآلي لاضطرابات النطق وعلاجها.. وغيرها.

وبالنظر إلى جهود اللغويين القدماء والمحدثين يتبيَّن أن جهود اللغويين القدماء المتعلقة بدراسة الصوت اللغوي لم تصل إلى ما وصلت إليه الجهود المعاصرة في دراسة الصوت اللغوي، وهذا أمر طبعي حيث قامت الدراسات الصَّوتيَّة قديمًا على الجانب النطقي في الأساس بوصفه الوسيلة المتاحة وقتها، وظلت الملاحظة الذاتية (الحسية) اتجاهًا ومنهجًا لأجيال متعاقبة[I]، فلم تكن هناك الآلات والأجهزة الفنية التي تُسهم– حاليًا – في الكشف عن الجوانب الأخرى للصوت اللغوي(٢٣).

[I] يرى الدكتور تمام حسان أن علم الصوتيات هو تخطيط عقلي لقواعد الأصوات بناء على الملاحظة الحسية ... فعلم الأصوات دراسة عملية لموضوع مدرك بالحواس .. انظر اللغة العربية معناها ومبناها: ٤٧ ، ٤٨ .

١- ٣: أَهمِيَّة دِراسة النَّسَق الصَّوتِي :

يُعد النَّسَق الصوتي- انطلاقًا من رؤية البحث – جوهر الدراسة المنطقية للغة، فهو البوتقة التي تتضافر فيها الأصوات والحروف التي يتألف منها الكلام وتنتظم بصورة متتابعة في قالب صوتي معين يسمح بتمييز الصفات والمخارج وحصر المطرد منها والنادر وبيان دلالة تكرارها في الكلام أو ندرتها بالإضافة إلى تحليل سلوك الأصوات ورصد ظواهرها التي قد تطرأ عليها عند تجاورها مع بعضها .

وبتلك الرؤية فإن الدراسة الناجعة للنسق الصَّوتي لابد لها أن تتعدى الوصف التقليدي لاصطفاف الأصوات والحروف وبيان صفاتها ومخارجها إلى آفاق أرحب تقوم على تحليل العلاقات بين تلك الأصوات التي يعوّل عليها في الحكم على تجانس المخارج وتلاؤم الصفات إلى غير ذلك مما ينتج نسقًا صوتيًا مائزًا للنص[٢٤]، يقول الدكتور تمام حسان:" ودراسة أصوات الكلام ... إذا اقتصرت على ملاحظة المخارج والصفات وتسجيلها فحسب، فهي مقدمة لدراسة اللغة، ولكنها ليست من صلب دراسة اللغة أو بعبارة أخرى: هي دراسة للكلام وليست دراسة للغة، ذلك بأن هذه الملاحظات والتسجيلات لا تتصل باللغة إلا حين يتمّ تنظيمها والربط بينها في نظام صوتي كامل تعرف فيه علاقات المخارج وعلاقات الصفات إيجابًا وسلبًا، وتعرف فيه الظواهر الموقعية التي يتطلبها ورود هذه الأصوات المدروسة في السياق"[٢٥].

وهكذا فإن دراسة النَّسَق الصَّوتِي تهدف في الأساس إلى التعرف على نظام العناصر الصَّوتيَّة المكونة للألفاظ بغرض الوصول إلى فهم أعمق لطبيعة تلك العناصر وخصائصها النوعية، ومن ثمّ إيجاد العلاقات التي تربط بين تلك العناصر عند تجاورها تمهيدًا لتصنيفها وتحليلها بصورة تسمح بصياغة بصمة صوتية مميزة للنص، وبذلك يمكن للنسق الصَّوتِي أن يكون معيارًا معرفيًا للحكم على فصاحة النص من خلال الكشف عن جوانب القوة والضعف في توظيف البنيات الصَّوتيَّة الأساسية المكونة للنص انطلاقًا من مبدأ التلاؤم(الانسجام) الصَّوتِي بين تلك البنيات في سماتها ومخارجها.

وللنسق الصَّوتِي دور كبير في إبراز حقيقة القيمة الدلالية للأصوات اللُّغويَّة، فاللغة كما يراها ابن جني ما هي إلا أصوات تنتظم في ألفاظ ذات دلالات يتفاهم بها البشر فيما بينهم للتعبير عن أغراضهم[٢٦]، وهكذا فإن تلك الأصوات بتنوع مصادرها ترتبط في ذهن الإنسان بدلالات معينة سواء على صعيد الصوت نفسه

وما يحمله من سمات ذات قيمة دلالية في تكوين المعنى وتحديده أم على صعيد ما يصاحب الصوت من ظواهر تؤثر في المعنى كالنبر، والتنغيم، والسكتات الكلامية، وسرعة الأداء الكلامي، وقوة الصوت وانخفاضه، وغير ذلك من الظواهر(٢٧).

وكما أن للنسق الصَّوتِي دورًا في إبراز القيمة الدلالية للأصوات فله أيضًا دور مهم في بيان التأثير النفسي لتلك الأصوات على المستمع، وهنا يمكن أن يكون النَّسَق الصَّوتِي وسيلة لعلاج بعض الاضطرابات النفسية والعصبية التي قد يتعرض لها الإنسان، وجوهر الأمر هنا يتمثل في المخارج والصفات المرتبطة بالأصوات المكونة للنسق الصَّوتِي في العربية وأثرها النفسي على مشاعر المتلقي عند سماعها في نظام تتابعي معين[ا]، فربما تتقارب الألفاظ في معانيها ولكن النفس تميل في بعض الأحيان إلى استحسان سماع لفظ بعينه دون الآخر، ويرجع السبب في ذلك إلى طبيعة الأصوات المكونة للفظ ومدى تأثير مخارجها وصفاتها على الدماغ في مواقف انفعالية محددة، وقد أشار الزمخشري إلى ذلك في قوله:" وما زالت ملوك فارس تلهي المحزون بالسماع، وتعلل به المريض وتشغله عن الفكر، ومنهم أخذت العرب حتى قال ابن عسلة الشيباني:

وسماع مسمعة تعالمنا ... حتى ننام تناؤم العجم" (٢٨)

وتأتي دراسة اللغات واللهجات وتعليمها من بين المهام التي يُسهم النَّسَق الصَّوتِي في الاضْطِلاع بها، ويعوّل هنا على النَّسَق الصَّوتِي في تتبع السلوك اللغوي المتمثل في دراسة نظام الأصوات وخصائصها النطقية التي تُعد نوعًا من السلوك المتوافق عليه من قبل الجماعة اللُّغويَّة، وهكذا يتبيَّن سبب الصعوبة في تعليم بعض اللغات الأجنبية التي لها سلوك معين يوجب على المرء فهمه واستيعابه، وهنا ينتقل المرء من سلوك صوتي نشأ عليه إلى سلوك آخر مغاير له(٢٩).

[ا] يرى بعض الباحثين أن الأصوات المنتجة للكلام هي في حقيقتها أثر سمعي يصدره جهاز النطق غير مُحدد بمعنى معين في ذاته أو حتى في غيره .. انظر المصطلح الصوتي في الدراسات العربية: ٢١٦.

❖ **٢: النَّمْذجة الصَّوتيَّة(Phonological Modeling)للنَّص القرْآني وعَملياتها المعرفيَّة:**

قدمت الدراسات الصَّوتيَّة قديمًا وحديثًا إسهامات جليلة للنص القرآني على صعيد دراسة مخارج الحروف وصفاتها، وضبط النطق الصحيح، وتناول التنوع الصَّوتِي للقراءات وبيان أثره الدلالي، بالإضافة إلى توظيف التقنيات الحديثة في تحليل الخصائص الصَّوتيَّة للفظ القرآني، وغير ذلك من الإسهامات الجليلة، ومع كل ذلك لم تُحط تلك الدراسات – من وجهة نظري – بجميع الأبعاد الجمالية للفظ القرآني ولم تفدم تفسيرًا منطقيًا عميقًا للإعجاز الصَّوتِي في القرآن الكريم بصورة مكتملة.

وانطلاقًا من تلك الرؤية يمكننا القول أنه لكي تُحقق الدراسات الصَّوتيَّة للنص القرآني الغرض وتلبي الطموحات المأمولة منها، فإنها في حاجة إلى استحداث تقنيات تحليلية تُظهر جمال اللفظ القرآني ودقة بنائه وتنتقل به من الدراسة القائمة على التوصيف النطقي أو السمعي وقياساتهما الفيزيائية إلى الدراسة القائمة على التوصيف المرئي(البصري) لثوابته اللُّغويَّة.

وهذا المطلب ضروري لا غنى عنه للنهوض بدراسة الصوتيات القرآنية، وكذلك للنهوض بالدرس الصَّوتِي الحديث في العربية؛ لأن بناء النَّسَق الصَّوتِي في اللغة العربية عمومًا وفي القرآن الكريم خصوصًا لا يختلف عن أي بناء آخر لا يمكن للتوصيف الصَّوتِي المبني على حاسة السمع وتذوق الأصوات بمفرده الإلمام بجميع أبعاده الجمالية والإعجازية ويتطلب نوعًا من التوصيف المرئي المُدرك بحاسة البصر.

ولتقريب الأمر والوقوف على المراد من الكلام – على سبيل المثال – لا يمكن للعقل استيعاب جمال الزهرة – بوصفها نباتًا ذا بناء معين – لمجرد وصفها بالحديث عنها وذكر فوائدها فحسب، ويتطلب الأمر لتكتمل صورتها الجمالية في الذهن توصيفًا مرئيًا لتلك الزهرة يستقبله العقل عن طريق حاسة البصر.

ويبقى السؤال المطروح هنا؛ إذا كانت آلية سماع الصوت اللغوي معروفة من خلال إدراك الأثر السمعي المصاحب لحركة أعضاء الجهاز النطقي، فكيف للصوت أن يُرى عبر حاسة البصر؟ ولعل الدكتور تمام حسان قد أشار إلى ذلك عند تعريفه لعلم الأصوات بقوله: " علم الأصوات دراسة عملية لموضوع مدرك بالحواس؛ لأن حاسة النظر ترى من حركات الجهاز النطقي حركة الشفتين والفك الأسفل وبعض حركات اللسان، ثم ترى كذلك بعض الحركات المصاحبة التي تقوم بها عضلات الوجه، وحاسة السمع تدرك الآثار السمعية المصاحبة لهذه الحركات العضوية"(٣٠) .

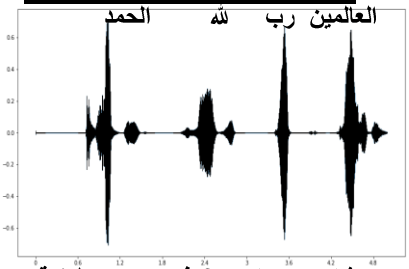
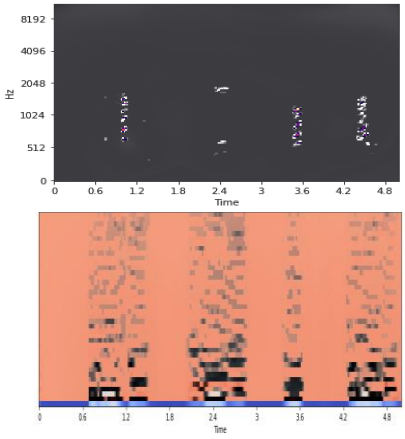
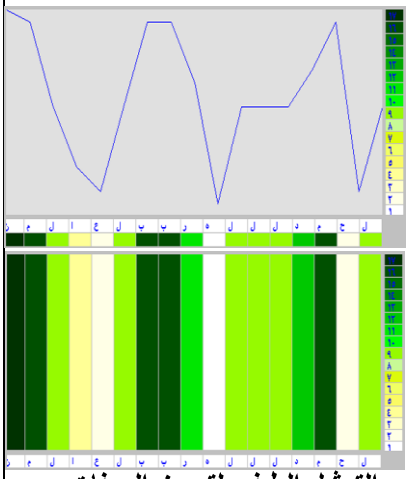
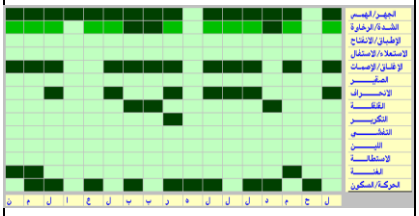
وكلام الدكتور تمام هنا – فيما يتعلق برؤية الأصوات بالملاحظة الذاتية عبر حاسة النظر إلى حركات الجهاز النطقي – لا يمكن للبحث هنا التعويل عليه بوصفه إجابة لتساؤله السابق؛ لأنه إذا كان يصلح وسيلة للتفريق بين المخارج والصفات، فلا يصلح للتفريق بين الأصوات وبعضها من الناحية المنطقية حيث تتشابه كثير من أصوات العربية عند نطقها في حركات الجهاز النطقي؛ لكونها تشترك في مخرج واحد، وكذلك الحال مع الصفات حيث تشترك كثير من الأصوات في صفة واحدة فتتشابه حركات أعضاء النطق معها، وهكذا يوجد صعوبة في إدراك الفروق الطفيفة للأصوات المتجانسة أو المتقاربة في المخارج أو الصفات عند النطق بها، وأخيرًا إن افترضنا أنه مع قوة الملاحظة الذاتية تم التعرف على دقائق الأصوات والتفريق بينها، فيظل مجال التوظيف هنا قاصرًا على إدراك الأصوات الفردية، أما وصف نسق صوتي مكون من مجموعة أصوات والتفرقة بينه وبين نسق آخر فيصعب بتلك الطريقة.

ومن جانب آخر قد يجد البعض فيما يقدمه علم الأصوات التجريبي إجابة عن تساؤل البحث المتعلق بكيفية رؤية الصوت عبر حاسة البصر حيث يقدم هذا الفرع من علم الأصوات مجموعة من التقنيات والوسائل يمكنها تمثيل الصوت اللغوي في صورة مرئية من خلال الأشكال البيانية(Charts) أو الطيفية (Spectrograms) الناتجة من إجراء التجارب المختلفة باستخدام الآلات والأجهزة المعملية سواء على صعيد الجانب النطقي أم على صعيد الجانب الفيزيائي، ويرى الدكتور كمال بشر أن أهم الأسباب التي دفعت بعض الباحثين إلى توظيف الآلات والأجهزة الحديثة لتمثيل الصوت اللغوي وتحليله بصريًا اعتقادهم أن الأذن البشرية لا تُعد وسيلة كافية للكشف عن طبيعة الأصوات وحقيقتها فهي لا تتعدى كونها سوى وسيلة ذاتية غير موضوعية تُقدم أحكامًا غير دقيقة عن الصوت لتأثرها بالانطباع الذاتي للسامع [٣١].

وبنظرة فاحصة إلى تلك التقنيات التي يقدمها علم الأصوات التجريبي لدراسة الأصوات يتبيَّن أنها تعتمد في عملها على التحليل الفيزيائي للصوت وليس على التحليل اللغوي له، وهناك فرق كبير بين تقنيات معالجة الصوت فيزيائيًا وما يتطلع هذا البحث إليه من تقنيات تعتمد على التحليل اللغوي لمعالجة الصوت من حيث معطيات الإدخال ونواتج المعالجة وتوظيفها، وذلك كما يتضح من الجدول الآتي :

وجه المقارنة	تقنيات التحليل الفيزيائي للصوت	تقنيات التحليل اللغوي للصوت
المفهوم	هي أساليب مستحدثة يتم توظيفها لدراسة الصوت اللغوي المنطوق وفهم خصائصه المادية عبر القياسات الفيزيائية التي تتعلق بتمثيله طيفيًا وتحديد تردده وما ينتابه من ظواهر موجية مختلفة كالشدة والطول الموجي والسعة والكثافة.. إلخ.	هي طرق معرفية للكشف عن الأسس اللُّغويَّة المتحكمة في استعمال الصوت اللغوي، وتعتمد تلك الطرق على ترميز منطقي لمخارج الأصوات وصفاتها بغرض تقديم تحليل لغوي للصوت البشري يشمل الجوانب الفونولوجية والصرفية والتركيبية والدلالية.
معطيات الإدخال	تستعمل هنا – غالبًا – الأجهزة الاصطناعية الحديثة والتطبيقات الإلكترونية لاستقبال موجات الصوت المنطوق وتحويلها من صورتها الطبيعية – المتمثلة في كونها كمية فيزيائية متتالية ذات قيم متغيرة ومتصلة زمنيًا – إلى ما يماثلها من إشارات كهربائية تتغير باستمرار بصورة مناظرة لشدة الصوت الأصلي وتردده، وذلك تمهيدًا لدراسة خصائص موجات الصوت البشري وتحليله (٣٢).	يتم تمثيل النَّسَق الصَّوتِي المُنتج للنص اللغوي المكتوب بواسطة التطبيقات الحاسوبية – غالبًا – عبر طرق ترميزية افتراضية ثابتة تسمح بتنفيذ بعض المهام المنطقية المتعلقة بالكشف عن حقيقة العلاقة بين الأصوات المكونة للنص ورصد ظواهرها الصَّوتيَّة التي قد تنشأ من تجاورها مع بعضها.
طبيعة المعالجات	توصف المعالجات هنا بكونها معالجات رقمية تقوم على تمثيل موجات الصوت المنطوق في صورة رقمية تقبلها الآلة وتتعامل معها[ا] من أجل الوصول إلى السمات الفيزيائية للصوت عن طريق تنفيذ العمليات المنطقية وإيجاد نتائجها بدقة وكفاءة(٣٣) .	المعالجات هنا توصف بكونها معالجات ترميزية تهدف إلى الوصول للخصائص اللُّغويَّة للصوت من خلال تمثيل افتراضي للأصوات المكونة للنص اللغوي المكتوب من حيث المخارج والصفات في إطار هندسي رسومي يعتمد في تفسيره على رؤية العناصر المكونة له أو تصورها ذهنيًا وفق ترتيب نمطي معين(٣٤).

[ا] تعتمد الآلات الإلكترونية على نظام العد الثنائي(Binary Number System) في تمثيل البيانات المختلفة بوصفه النظام الرقمي الأكثر ملاءمة لطبيعة بناء تلك الآلات القائمة على ثنائية الوصل والفصل(Yes/NO)، ويتكون النظام الثنائي من متغيرين فحسب هما: (الصفر والواحد) .. انظر علم إلكترونيات الحاسب : ١٠ .

وجه المقارنة	تقنيات التحليل الفيزيائي للصوت	تقنيات التحليل اللغوي للصوت
نواتـــج المعالجات	بالتطبيق على نطق الآية الشريفة: (الحمد لله رب العالمين) يمكن الحصول على نمذجة رقمية تشمل: • تمثيل قيم الصوت في صورة بيانية:  • تمثيل تردد الصوت في صورة طيفية: 	عند التطبيق على نص الآية الكريمة: (الحمد لله رب العالمين) يتم الحصول على نمذجة صوتية تشمل: • التمثيل البياني والطيفي لترميز المخارج:  • التمثيل الطيفي لترميز الصفات: 
مجـالات التوظيف	تُمكن تقنيات التحليل الفيزيائي للصوت من دراسة الخصائص الموجية للصوت كالتردد والشدة والسعة والكثافة.. وغيرها من الخصائص التي تسمح للمطورين بتوظيفها حاسوبيًا بغرض إنشاء تطبيقات لنقل الصوت وتسجيله وتحسين جودته، وكذلك تطبيقات التمييز الصَّوتِي والتقييم الصَّوتِي والبحث الصَّوتِي والمثيل الصَّوتِي والنطق الصَّوتِي والمحاكاة الصَّوتيَّة بالإضافة إلى تطبيقات تحليل مضمون الكلام.	تُسهم تقنيات التحليل اللغوي للصوت في الكشف عن السلوك الصَّوتِي للحروف داخل أنساقها المختلفة في النص، وذلك من خلال تتبع خصائصها الصَّوتيَّة وتصنيفها على أساس ترميزي افتراضي للمخارج والصفات، ويمكن التعويل على هذا النوع من التقنيات في القيام بمهام نوعية متعددة كتمييز النصوص ومقارنتها على أساس العلامة الصَّوتيَّة الفارقة، وإدراك النواحي الجمالية في توظيف العناصر الصَّوتيَّة داخل النص وأثر ذلك على المتلقي.

ومما سبق طرحه يتبيَّن أنَّ توظيف تقنيات التحليل اللغوي في الدراسات الصَّوتيَّة أمرٌ بات ضروريًا حيث يعوّل عليه كثيرًا في الوصول إلى حقائق مهمة تُسهم في خلق آفاق جديدة في الدرس اللغوي على الأصعدة كافة، فلا يقل توظيف هذا النوع من التقنيات بأي حال من الأحوال عما تم توظيفه في السابق من تقنيات فيزيائية كان لها أثر كبير في تطور دراسة الصوت من خلال ما قدمته من نتائج أحدثت نقلة نوعية جنت البشرية ثمارها طوال العقود السابقة.

ويسعى البحث جاهدًا في ضوء ذلك إلى الاستعانة بتقنية النمذجة الصَّوتيَّة (Phonological Modeling) بوصفها إحدى تقنيات التحليل اللغوي وتوظيفها في دراسة النَّسَق الصَّوتِي للفظ القرآني، وتأتي تلك المحاولة البحثية المتواضعة[I] للإسهام في النهوض بدراسة اللفظ القرآني وجوانبه الصَّوتيَّة من خلال ابتكار طرائق معرفية فاعلة تكشف عن أسرار الإعجاز اللغوي في توظيف العناصر الصَّوتيَّة المنتجة للنص القرآني اعتمادًا على التحليل البصري (الرسومي) والمنطقي لتلك العناصر.

وبتلك المحاولة يتطلع البحث إلى توجيه الدراسات الصَّوتيَّة – خصوصًا المتعلقة بالقرآن الكريم – صوب وجهتها الصحيحة وتعديل مسارها البحثي من الاعتماد على التحليل الفيزيائي المبني على القياسات المتغيرة للنطق الصَّوتِي بوصفه ظاهرة طبيعية إلى الاعتماد على التحليل اللغوي المبني على الترميز الافتراضي الثابت للوحدات الصَّوتيَّة المكونة للنص اللغوي ونمذجتها رسوميًا.

وتهدف النمذجة الرُّسوميَّة (Graphical Modeling) بصورة عامة إلى تمثيل البيانات الرقمية أو النصية في صورة رسومية من خلال الصور والأشكال والمخططات بغرض عرض العلاقات والاتجاهات بطريقة مرئية تسمح بفهم أعمق لطبيعة تلك البيانات، ويتم الاعتماد على النمذجة الرُّسوميَّة في القيام بمهام متعددة كالتخطيط والتصنيف والتنبؤ؛ مما يجعلها تُستخدم على نطاق واسع في مجالات كثيرة كالاتصالات والتسويق والتعليم والرعاية الصحية[٣٥] .

ويوظف البحث هذا النوع من النمذجة في دراسته للنسق الصَّوتِي في القرآن الكريم من خلال منظور لغوي يعتمد على تمثيل العناصر الصَّوتيَّة المكونة للنص القرآني وخصائصها النطقية في صورة مرئية من خلال الرسومات البيانية(Charts) والصور الطيفية (Spectrograms) بغرض استخلاص النتائج

[I] تُعد تلك المحاولة البحثية الأولى من نوعها – على حد علمي – في الدرس الصوتي للعربية بصورة عامة وفي القرآن الكريم بصورة خاصة .

التحليلية بصورة تجعلها أكثر منطقية وأكثر وضوحًا وقابلية للتفسير، بالإضافة إلى تبسيط العلاقات الصَّوتيَّة المعقدة بين العناصر الصَّوتيَّة وتيسير فهم دقائقها اللُّغويَّة.

ويقتصر التناول التطبيقي في هذا الجزء من البحث على أربع سور قرآنية فحسب، هي: (الفاتحة – الإخلاص – الفلق – الناس)؛ نظرًا لتنوع العناصر الصَّوتيَّة فيها وتلاؤمها مع طبيعة النمذجة التي يقصدها البحث ويتبناها البرنامج المعالج الذي استغرق إنشاؤه أكثر من عام لتصميمه وبرمجته حتى استوى على سوقه وأصبح جاهزًا للكشف عن أسرار اللفظ القرآني وجماليات توظيف عناصره الصَّوتيَّة.

ولفهم أعمق لعمليات نمذجة التَّسَق الصَّوتِي في النص القرآني يتناول البحث هنا بالتفصيل ثلاثة مسارات أساسية، لكل مسار منها مراحل تنفيذية محددة يتم تنفيذها بصورة متتالية مرحلة تلو مرحلة عبر البرنامج المعالج، وذلك كما يأتي:

٢-١ : الإدْخال اللُّغوِي(Linguistic input):

يتعلق الأمر هنا بتحديد طبيعة اللغة التي يتعامل معها التطبيق الحاسوبي من حيث كونها لغة منطوقة (Speech) أم لغة مكتوبة(Text)، وهنا بدت أول عقبة أمام التطبيق المقترح تتعلق باختيار إحدى تلك الصورتين لتكون وسيلة إدخال النص القرآني إلى التطبيق الحاسوبي، وهنا كانت رؤية البحث وما يتطلع إليه معيارَ الحكم في الاختيار في ظل تعدد المميزات والعيوب لكل صورة.

فاللغة في صورتها المنطوقة هي الأصل في الاستعمال البشري، وتعتمد في توصيل المعنى إلى المتلقي على الأداء الصَّوتِي للمتحدث وما يتضمنه من ظواهر مختلفة كالنبر والتنغيم والوقف والإيماءات والحركات الجسدية، ومن ثمَّ تُستعمل تلك الصورة في التواصل اللغوي الوقتي المباشر مع الآخرين؛ لمرونتها وتأثرها بعوامل خارجية تتعلق برد فعل المتلقي واستجابته للكلام.

أما اللغة في صورتها المكتوبة فتُعد تمثيلاً مرئيًا للكلام البشري المنطوق يقوم على التخطيط والصياغة في إطار قواعد معينة، وتُستخدم تلك الصورة لتدوين الأفكار والمعاني بغرض تداولها بين أفراد المجتمع، بالإضافة إلى دورها المحوري في حفظ التراث الإنساني؛ لتجاوزها الحواجز الزمنية والمكانية وعدم تأثرها – غالبًا – في أداء المعنى بالعوامل الخارجية للنص.

ويرى جُلُّ اللغويين أن اللغة المنطوقة بما تمتلكه من مقومات أكثر أهمية وتأثيرًا من اللغة المكتوبة، فالنظام الصَّوتِي المنطوق له من التركيب والتنوع ما لا يمتلكه النظام الكتابي، ولعل الظواهر السياقية المختصة باللغة المنطوقة كالنبر والتنغيم والوقف تجعلها أقدر من اللغة المكتوبة في الكشف عن دقائق المعنى، وحتى إن استعاضت الكتابة عن بعض الظواهر النطقية كالتنغيم ببعض علامات الترقيم، فيظل هناك بعض الظواهر النطقية الأخرى كالنبر تتفرد بها اللغة المنطوقة ولا يمكن للغة المكتوبة تمثيلها[٣٦].

ووفقًا لرؤية البحث وما يتطلع إليه لنمذجة النَّسَق الصَّوتِي للفظ القرآني فإنَّ هاتين الصورتين لا تصلحان لإدخال النص القرآني إلى البرنامج المعالج، فعلى صعيد اللغة المنطوقة هناك ظواهر صوتية تشتمل عليها تلك الصورة كالنبر والتنغيم لا يمكن تمثيلها رقميًا بصورة ثابتة؛ لتغير قياساتها الفيزيائية من شخص إلى آخر في ضوء ما تحمله من دلالات ومعانٍ تختلف حسب أدائها في سياق معين، وعلى صعيد اللغة المكتوبة – بقواعدها الإملائية المعروفة – فلا تمثل تلك الصورة النطق الصحيح للعربية تمثيلاً دقيقًا، فهناك من الحروف ما ينطق ولا يُكتب وهناك حروف تُكتب ولا تُنطق، بالإضافة إلى بعض الظواهر كالإبدال والإعلال والإدغام التي تعتري الحروف عند تجاورها وتغيرها بالحذف أو الاستبدال.

ومن هنا لجأ البحث إلى إدخال النص القرآني إلى البرنامج المعالج بطريقة التمثيل الصَّوتي حيث يتم هنا تحويل النص القرآني المكتوب وفقًا للقواعد الإملائية المعتادة أو المكتوب وفقًا لقواعد الرسم العثماني إلى نص مكتوب وفقًا لقواعد الكتابة الصَّوتيَّ ة التي تقوم على أساس ما يُنطق يُكتب وما لا يُنطق لا يُكتب[٣٧]، وبذلك أتاحت الكتابة الصَّوتيَّة الوصول إلى أقرب صورة مرئية (كتابية) للنص القرآني المنطوق .

وهكذا تفرض الكتابة الصَّوتيَّة على النص اللغوي تمثيلاً كتابيًا معينًا يقوم على ركيزتين أساسيتين، فقد تُزاد بعض الحروف في الكتابة الصَّوتيَّة في حين تتجاهلها القواعد الإملائية، وقد تُحذف بعض الحروف في الكتابة الصَّوتيَّة في حين ترد في الكتابة الإملائية، وهذا يعني أن الكتابة الصَّوتيَّة تسير وفق قواعد محددة يمكن حصرها في نوعين من المواضع ، فهناك مواضع للحذف وأخرى للزيادة، وذلك على النحو الآتي[٣٨]:

أولاً: مَواضِع الحُروف التي تُزاد في الكِتابة الصَّوتيَّة:

- الحرف المشدد يُكتب حرفين من جنسه على أن يكون الأول ساكنًا والثاني يكون متحركا، مثل: (قدَّم) تُصبح: (قدْدَم).
- التنوين بجميع صوره يُكتب نونًا ساكنة، مثل: (محمدٌ) تُصبح: (محمدُنْ).
- إشباع هاء الغائب للمفرد المذكر يُكتب حرفًا مجانسًا للحركة، بالواو في: (لهُ) تكون: (لهُوْ)، وبالياء في: (بهِ) تكون: (بهيْ).
- إشباع حرف الروي عند التوقف يُكتب حرفًا مجانسًا للحركة، بالواو كما في: (حكمْ) تكون: (حكمُوْ)، وبالألف في: (كتابا) تكون: (كتابَا). وبالياء في: (شمس) تكون: (شمسِيْ).
- تُزاد الألف في بعض الكلمات كـ(هذا – ذلك – الله – الرحمن – إله – لكن – لكنَّ – طه – أولئك) فتُكتب: (هذا – ذالك – اللاه – اررحمان – إلاه – لاكن – لاكنَ – طاها – ألائك) .
- تُزاد الواو في بعض الكلمات كـ(داود – طاوس) فتُكتب: (داوود – طاووس) .
- الألف الممدودة(آ) تُكتب همزة مفتوحة بعدها ألف كـ(آمن) تُكتب: (أامن).

ثانيًا: مَواضِع الحُروف التي تُحذف في الكتابة الصَّوتيَّة:

- تُحذف ألف الوصل إذا وقعت في درج الكلام ليتوصل بها إلى النطق بالساكن وكان ما قبلها متحركا، ومن مواضعها:

– مع ماضي الأفعال الخماسية والسداسية وأمرهما ومصدرهما: كـ(انطَلَقَ – انطَلِق - انطلاق) و (استعمل – استعمِل – استعمال).
– مع أمر الثلاثي الساكن ثاني مضارعه: كـ(اكتب - اسمع).
– مع بعض الأسماء المسموعة كـ(ابن – اسم – ابنم – امرؤ – امرأة – اثنان – اثنتان – ايمن الله – است).

- في (ال) المعرفة إذا وقعت في درج الكلام، حيث تُحذف الألف مع اللام القمرية نحو: (فالعلم) تكون: (فلْعلم)، وإذا كانت اللام شمسية تُحذف الألف وتُقلب اللام حرفًا من جنس الحرف الذي بعد اللام، نحو: (فالشمس) تكون: (فشْشَمس) .

- تُحذف واو (عمرو) في حالتي الرفع والجر.

- تحذف الألف والواو والياء الساكنة من أواخر الأسماء والأفعال والحروف إذا وليها ساكن، نحو:(**أتى** المظلوم **إلى** القاضي فأنصفه **قاضي** العدل) فتُكتب: (أتَ لمظلوم إلَ لقاضي فأنصفه قاض لعدل)، فإن جاء بعدها متحرك لا يتم الحذف.

- تحذف الألف الفارقة مـن أواخر الأفعال بعد واو الجماعة مع الماضي والأمر والمضارع فـي حالتي النصب والجزم، نحو : (كتبوا – اكتبوا – لن يكتبوا – لم يكتبوا) فتُكتب : (كتبو – اكتبو – لن يكتبو – لم يكتبو).

- تُحذف الألف والواو الزائدتان في :(مائة– أنا– أولو– أولات– أولئك).

- تحذف الألف والياء الأخيرة إن جاء بعدها ساكن في الحروف والأسماء الآتية: (في – على – إذا– لماذا– هذا– كذا– إلا– ما– إذما– حاشا– خلا– عدا– كلا– لما)

ولصعوبة الكتابة الصَّوتيَّة على المستخدم (User) تم عمل معالج للكتابة الصَّوتيَّة ودمجه في البرنامج المعالج لاستقبال النص القرآني بصورته الكتابية المعهودة وتحويله إلى الصورة الصَّوتيَّة وفقًا للقواعد المذكورة سلفًا، ويُبيّن الجدول الآتي نواتج هذا المعالج لكتابة السور القرآنية الأربع صوْتيًا :

السورة	الكتابة الإملائية	الكتابة الصّوتيّة
الفاتحة	(١) بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ	(١) بِسْمِ لْلَاْهِ رْرَحْمَاْنِ رْرَحِيْمِ
	(٢) الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ	(٢) لْحَمْدُ لِلْلَهِيْ رَبْبِ لْعَاْلَمِيْنَ
	(٣) الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ	(٣) رْرَحْمَاْنِ رْرَحِيْمِ
	(٤) مَالِكِ يَوْمِ الدِّينِ	(٤) مَاْلِكِ يَوْمِ دْدِيْنِ
	(٥)إِيَّاكَ نَعْبُدُ وَإِيَّاكَ نَسْتَعِينُ	(٥) إِيْيَاْكَ نَعْبُدُ وَإِيْيَاْكَ نَسْتَعِيْنُ
	(٦) اهْدِنَا الصِّرَاطَ الْمُسْتَقِيمَ	(٦) هْدِنَاْ صْصِرَاْطَ لْمُسْتَقِيْمَ
	(٧) **صِرَاطَ الَّذِينَ أَنْعَمْتَ عَلَيْهِمْ غَيْرِ الْمَغْضُوبِ عَلَيْهِمْ وَلَا الضَّالِّينَ**	(٧) صِرَاْطَ لْلَذِيْنَ أَنْعَمْتَ عَلَيْهِمْ غَيْرِ لْمَغْضُوْبِ عَلَيْهِمْ وَلَاْ ضْضَلْلِيْنَ
الإخلاص	(١) قُلْ هُوَ اللَّهُ أَحَدٌ	(١) قُلْ هُوَ لْلَاْهُ أَحَدُنْ
	(٢) اللَّهُ الصَّمَدُ	(٢) لْلَاْهُ صْصَمَدُ
	(٣) لَمْ يَلِدْ وَلَمْ يُولَدْ	(٣) لَمْ يَلِدْ وَلَمْ يُوْلَدْ
	(٤) وَلَمْ يَكُنْ لَهُ كُفُوًا أَحَدٌ	(٤) وَلَمْ يَكُنْ لَهُوْ كُفُوَنْ أَحَدُنْ
الفلـق	(١) قُلْ أَعُوذُ بِرَبِّ الْفَلَقِ	(١) قُلْ أَعُوْذُ بِرَبْبِ لْفَلَقِ
	(٢) مِنْ شَرِّ مَا خَلَقَ	(٢) مِنْ شَرْرِ مَاْ خَلَقَ
	(٣) وَمِنْ شَرِّ غَاسِقٍ إِذَا وَقَبَ	(٣) وَمِنْ شَرْرِ غَاْسِقِنْ إِذَاْ وَقَبَ
	(٤) وَمِنْ شَرِّ النَّفَّاثَاتِ فِي الْعُقَدِ	(٤) وَمِنْ شَرْرِ نْنَفْفَاْثَاْتِ فِيْ لْعُقَدِ
	(٥) وَمِنْ شَرِّ حَاسِدٍ إِذَا حَسَدَ	(٥) وَمِنْ شَرْرِ حَاْسِدِنْ إِذَاْ حَسَدَ
الناس	(١) قُلْ أَعُوذُ بِرَبِّ النَّاسِ	(١) قُلْ أَعُوْذُ بِرَبْبِ نْنَاْسِ
	(٢) مَلِكِ النَّاسِ	(٢) مَلِكِ نْنَاْسِ
	(٣) إِلَهِ النَّاسِ	(٣) إِلَاْهِ نْنَاْسِ
	(٤) مِنْ شَرِّ الْوَسْوَاسِ الْخَنَّاسِ	(٤) مِنْ شَرْرِ لْوَسْوَاْسِ لْخَنْنَاْسِ
	(٥) **الَّذِي يُوَسْوِسُ فِي صُدُورِ النَّاسِ**	(٥) لْلَذِيْ يُوَسْوِسُ فِيْ صُدُوْرِ نْنَاْسِ
	(٦) مِنَ الْجِنَّةِ وَالنَّاسِ	(٦) مِنَ لْجِنْنَةِ وَنْنَاْسِ

٢-٢ : المُعالجَة الرُّسوميَّة(Graphic processing) ومَراحِلها التَّنْفِيذيَّة:

تُعد المعالجة الرُّسوميَّة من الوسائل الضرورية لتنظيم البيانات وتحليلها من خلال تحويلها إلى تمثيلات وأنساق مرئية تُسهم في فهم أعمق لطبيعة تلك البيانات(٣٩) ، ومن هذا المنطلق يتم توظيف المعالجة الرُّسوميَّة هنا بغرض تحويل النَّسَق الصَّوتِي للنص القرآني إلى صورة بصرية تسمح بإجراء عمليات منطقية عبر خوارزميات محددة للكشف عن جماليات التوظيف القرآني للأصوات اللُّغويَّة، ومن ثمَّ تُوصف المعالجة هنا بكونها أهم مسارات النمذجة الصَّوتيَّة وجوهر نجاحها.

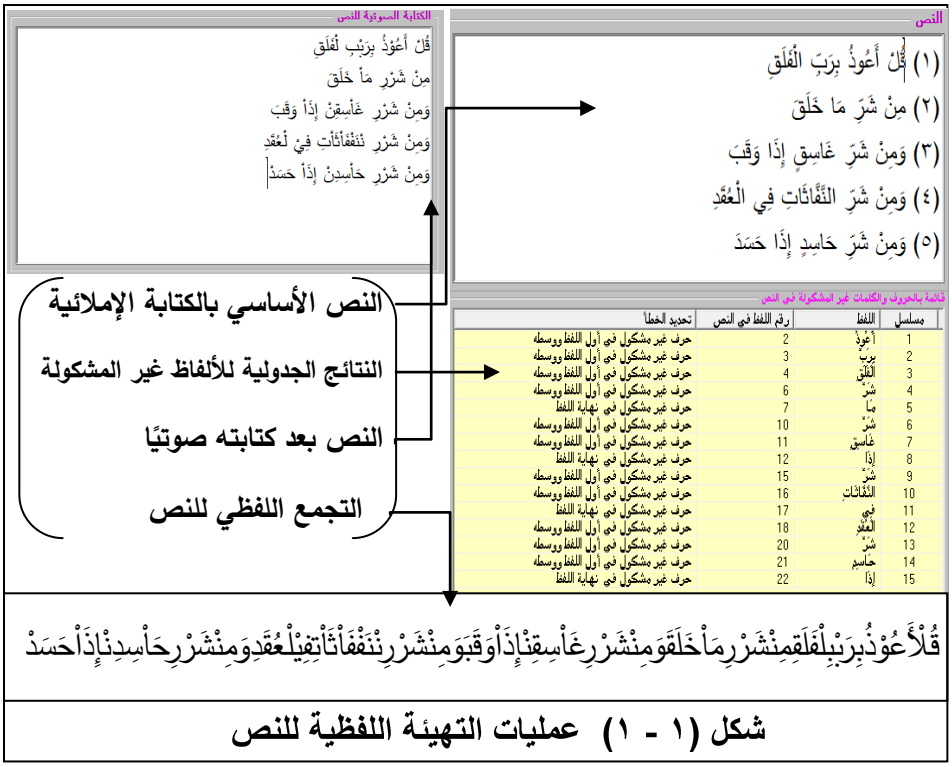
وقد رُوعي في التطبيق الحاسوبي أن تستند معالجته للنسق الصَّوتِي إلى أساس لغوي سليم يعتمد على فهم منطقي عميق للقضايا الصَّوتيَّة المختلفة، كما رُوعي أن تقوم المعالجة على مبدأ العموم بحيث لا يقتصر تطبيقاتها على القرآن الكريم فحسب وتمتد لتشمل جميع النصوص العربية بصورها المختلفة، كذلك رُوعي في تلك المعالجة الشمولية من خلال قدرتها على استيعاب الظواهر الصَّوتيَّة المختلفة للنسق الصَّوتِي بأبعادها اللُّغويَّة المتنوعة، ويأتي التوظيف المعرفي لنواتج تلك المعالجة على رأس الأولويات التي رُوعيت هنا، فلا قيمة لأي معالجة لا تُسهم في الارتقاء بالمجال المعرفي المستخدمة فيه.

وترتكز المعالجة الرُّسوميَّة للنسق الصَّوتِي في النص القرآني على ثلاث مراحل تنفيذية، يتم تنفيذها بواسطة التطبيق الحاسوبي مرحلة تلو مرحلة بصورة متتالية، وبيان تلك المراحل كالآتي:

٢-٢-١ : تهيئة النَّص وإعادَة هيْكلَتِه (Text Restructuring):

تهدف هذه المرحلة إلى تحويل النص القرآني إلى تجمع لفظي واحد في صورة سلسلة من الحروف المتتابعة، وتتضمن عمليتين نوعيتين شكل(١ - ١) تبدأ بعملية التأكد من ضبط النص المراد تحليله وعدم وجود أي حرف دون تشكيل حيث يقوم البرنامج المعالج بتتبع النص كلمة كلمة وحرفًا حرفًا وإن عثر على حرف غير مشكول يتم تشكيله بصورة آلية، كما يسمح البرنامج المعالج بالضبط اليدوي من قبل المستخدم(User) داخل النص مباشرة أو من خلال عمل حصر للأخطاء بصورة جدولية تمهيدًا للتدخل اليدوي في عملية ضبط النص وتصويبه إملائيًا.

وبالانتهاء من عملية تصويب الألفاظ تبدأ عمليات الحذف حيث يتم حذف: علامات الترقيم(، ؛ ؟ - " " () . { } [ ] ! :)، والعلامات الرياضية(- + / * % ^ = < >)، والرموز(@#$& \ |)، والأرقام (0 1 2 3 4 5 6 7 8 9)، والأحرف اللاتينية(ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ) والأجنبية الأخرى، بالإضافة إلى حذف المسافات بين الكلمات وأي إطارات أو رسوم توضيحية في النص، وبالانتهاء من عمليات الحذف يكون النص عبارة عن كتلة لفظية واحدة مكونة من حروف في صورة تسلسلية متتابعة:



شكل (١ - ١) عمليات التهيئة اللفظية للنص

٢-٢-٢: التَّرْميز الرَّقمي (Numeric coding):

يُقصد بعملية الترميز هنا تحويل سلسلة الحروف المكتوبة صوتيًا إلى سلسلة رقمية على أساس تصنيفي للمخارج والصفات، ومن ثمّ فإن هناك مسارين لعملية الترميز الرقمي – وفقًا لطبيعة المعالجة المقترحة – أحدهما مسار لترميز المخارج وآخر لترميز الصفات، ولكل منهما تمثيله الخاص، فعلى صعيد مخارج

الحروف[I] استندت عملية الترميز إلى تصنيف القدماء والمحدثين لها[II] حسب طريقة ترتيب مواضع نطقها سواء من الداخل إلى الخارج(من الحلق إلى الشفتين) كما يرد في تصنيفات القدماء أم من الخارج إلى الداخل(من الشفتين إلى الحلق) كما يرد في تصنيفات المحدثين(٤٠)، وذلك كما يتضح من الجدول الآتي:

ترميز المخرج	تصنيف القدماء للمخارج		تصنيف المحدثين للمخارج				
	الخليل والقراء	سيبويه وابن جني	الأشهر	د/سعد مصلوح	د/ع. شاهين	د/أ. مختار عمر	د/غانم قدوري
1	ء هـ أقصى الحلق	ا ء هـ أقصى الحلق	ا ء هـ الحنجرة	ا ء هـ الحنجرة	ا ء هـ الحنجرة	ء هـ الحنجرة	ء هـ الحنجرة
2	ع ح وسط الحلق	ع ح وسط الحلق	ع ح الحلق	ع ح الحلق	ع ح الحلق	ع ح الحلق	ع ح الحلق
3	غ خ أدنى الحلق	غ خ أدنى الحلق	ق اللهاة	ق اللهاة	ق اللهاة	ق اللهاة	غ خ أدنى الحلق
4	ا و ي الجوف	ق أقصى اللسان وما فوقه من الحنك الأعلى	ك غ خ الطبق	ك غ خ الطبق	ك الطبق	ك غ خ وْ الطبق	ق اللهاة

[I] يُقصد بالمخرج: الموضع الذي ينشأ منه الحرف أو الحيز المُنتج له أو محل خروجه وتمييزه عن غيره من الحروف، وهذا الموضع تعترض فيه آلة النطق مجرى التنفس فيتم توجيه مروره إما بقفل تام لهذا المجرى يعقبه انفتاح وإما بتضيق المجرى نتيجة تقارب الأعضاء المشتركة في النطق، ويمكن بالملاحظة الذاتية إدراك موضع النطق لصوت معين عن طريق تسكين هذا الصوت أو تشديده بعد دخول ألف وصل متحركة وحيثما انقطع الصوت فهذا مخرجه .. انظر مخارج الحروف وصفاتها: ٦، مخارج الحروف وصفاتها عند جمهور علماء التجويد: ٩، المدخل إلى علم أصوات العربية لغانم قدوري: ٧٩.

[II] تفرض دراسة الأصوات العربية تصنيفًا مائزًا لمخارج الصوت اللغوي وصفاته؛ حتى يتسنى للدارس الوقوف على مكونات الأصوات العربية وخصائصها اللغوية وتحديد علاقة تلك الأصوات ببعضها، ومن ثمَّ الإلمام بأثر سلوك الصوت في اللغة ومعرفة ما يطرأ عليه من تغييرات في السلسلة الكلامية .. انظر المدخل إلى علم أصوات العربية لغانم قدوري: ٧٩.

ترميز المخرج	تصنيف القدماء للمخارج		تصنيف المحدثين للمخارج				
	الخليل والقراء	سيبويه وابن جني	الأشهر	د/سعد مصلوح	د/ع. شاهين	د/أ. مختار عمر	د/غانم قدوري
5	ق أقصى اللسان وما فوقه من الحنك الأعلى	ك أسفل موضع القاف قليلاً	ش ج ي الغار	ش ج ي الغار	غ خ الطبق	ا مخرج خاص للفتحة والألف	ك الطبق
6	ك أسفل موضع القاف قليلاً	ج ش ي وسط اللسان من بين الحنك الأعلى	ل ر ن اللثة	ل ر ن د ض ت ط س ص ز الأسنان مع اللثة	ش ج ي الغار	ش ج ي الغار	ش ج ي الغار
7	ج ش ي وسط اللسان من بين الحنك الأعلى	ض أول حافة اللسان وما يليها من الأضراس	د ض ت ط س ص ز الأسنان مع اللثة	ث ذ ظ الأسنان	ل ر ن د ض ت ط س ص ز الأسنان مع اللثة	ل ر ن اللثة	ل ر ن آخر اللثة
8	ض أول حافة اللسان وما يليها من الأضراس	ل حافة اللسان وما فويق الضاحك والناب والرباعية والثنية	ث ذ ظ الأسنان	ف الشفة مع الأسنان	ث ذ ظ الأسنان	د ض ت ط س ص ز الأسنان مع اللثة	د ض ت ط أول اللثة
9	ل حافة اللسان وما فويق الضاحك والناب والرباعية والثنية	ن حافة اللسان بينه وبين ما فويق الثنايا	ف الشفة مع الأسنان	ب م و الشفة	ف الشفة مع الأسنان	ث ذ ظ الأسنان	ز س ص الأسنان مع اللثة
10	ن حافة اللسان بينه وبين ما فويق الثنايا	ر ظهر اللسان وانحرافه قليلاً إلى اللام	ب م و الشفة	---	ب م و الشفة	ف الشفة مع الأسنان	ث ذ ظ الأسنان
11	ر ظهر اللسان وانحرافه قليلاً إلى اللام	ط د ت ما بين طرف اللسان وأصول الثنايا	---	---	---	ب م و الشفة	ف الشفة مع الأسنان
12	ط د ت ما بين طرف اللسان وأصول الثنايا	ز س ص ما بين طرف اللسان وفويق الثنايا	---	---	---	---	ب م و الشفة
13	ز س ص ما بين طرف اللسان وفويق الثنايا	ظ ذ ث ما بين طرف اللسان وأطراف الثنايا	---	---	---	---	---

ترميز المخرج	تصنيف القدماء للمخارج		تصنيف المحدثين للمخارج				
	الخليل والقراء	سيبويه وابن جني	الأشهر	د/سعد مصلوح	د/ع. شاهين	د/أ. مختار عمر	د/غانم قدوري
14	ظ ذ ث ما بين طرف اللسان وأطراف الثنايا	ف باطن الشفة السفلى وأطراف الثنايا العليا	---	---	---	---	---
15	ف باطن الشفة السفلى وأطراف الثنايا العليا	ب و م مما بين الشفتين	---	---	---	---	---
16	ب و م مما بين الشفتين	ن(الخفيفة) من الخياشيم	---	---	---	---	---
17	ن(الخفيفة) من الخياشيم	---	---	---	---	---	---

وعلى صعيد صفات الحروف[١] تم تحديد صفات معينة لتطبيق النمذجة الصَّوتيَّة عليها حيث وصل عدد الصفات المختارة أربع عشرة صفة، للصفات اللازمة التي لا تفارق الحرف مطلقًا ثلاث عشرة صفة موزعة على خمس صفات لما له ضد، وهي:(الجهر والهمس – الشدة والرخاوة – الإطباق والانفتاح – الاستعلاء والاستفال – الإغلاق والإصمات) ، وثمان للصفات للتي لا ضد لها، وهي: (الصفير – الانحراف – القلقلة – التكرير – التفشي – اللين – الاستطالة – الغنة)، أما الصفات العارضة التي تلازم الحرف تارة وتنفك عنه تارة أخرى فتم اختيار صفة واحدة، وهي: (الحركة والإسكان).

وتستند عملية الترميز الرقمي لتلك الصفات في البرنامج المعالج على ما استقر عليه اللغويون في تصنيفاتهم دون التحيز لتصنيف بعينه، ويتم الترميز هنا في إطار ثنائي وفقًا لطبيعة كل صفة، فالصفات التي لها ضد كـ(الجهر والهمس) يتم ترميزها بقيمتين هما: (1 , 0) حيث يأخذ الجانب الموجب من الصفة والمتمثل هنا في الجهر الرقم (1) ويأخذ الجانب السالب منها والمتمثل في الهمس القيمة

[I] بصفة الصوت: هي كيفية عارضة للحرف عند حصوله في المخرج كجريان النفس في الحروف المهموسة وعدم جريانه في الحروف المجهورة، وهكذا فإن صفة الحرف تُعد معيارًا للحكم على الأصوات المشتركة في المخرج الواحد من خلال خصائصها النطقية الدقيقة، وكذلك تُسهم الصفات في معرفة الحروف القوية من الضعيفة لتحديد ما يحوز فيه الإدغام وما لا يجوز .. انظر الجامع لأحكام روايتي ورش وقالون عن الإمام نافع: ٢٥٠، المدخل إلى علم أصوات العربية لغانم قدوري: ٩٦.

(0)، أما الصفات التي ليس لها ضد فيتم ترميز كل صفة منها في إطار ثنائي أيضًا حيث تأخذ الحروف المختصة بكل صفة القيمة (1) وباقي الحروف تأخذ القيمة (0)، وتُستثنى الصفة المتعلقة بالشدة والرخاوة من هذا الترميز الثنائي حيث يوجد جانب ثالث لها متمثل في(التوسط أو البينية)؛ مما يفرض على البرنامج المعالج إعطاءها ثلاث قيم رقمية وهي: القيمة (1) لأحرف الشدة، والقيمة (0) للأحرف الرخوة، والقيمة (2) للأحرف المتوسطة بين الشدة والرخاوة، وتتضح عملية ترميز الحروف وتصنيفها وفقًا لصفاتها النطقية من خلال الجدول الآتي:

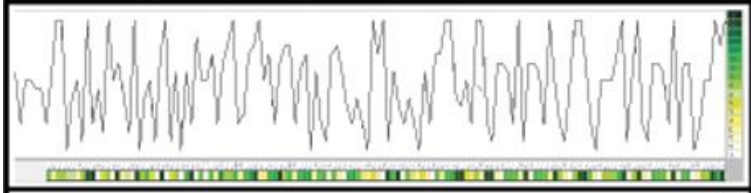
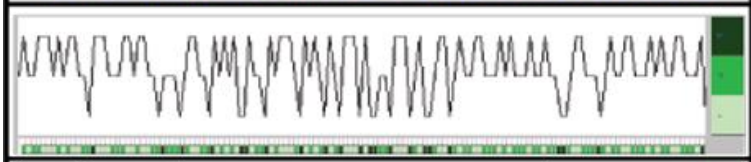
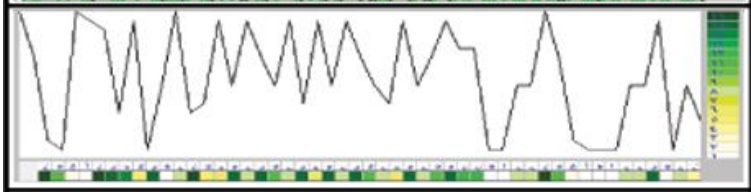
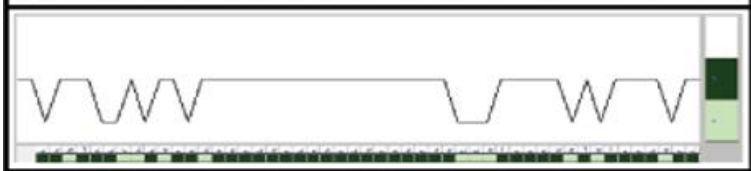
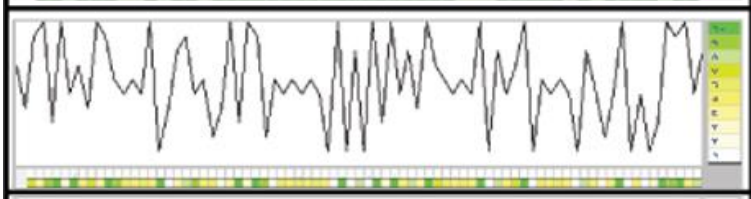
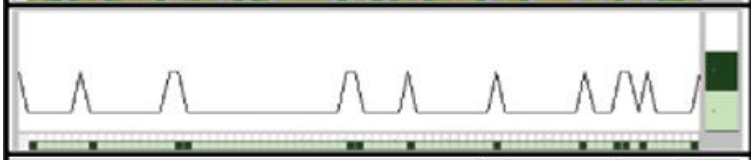
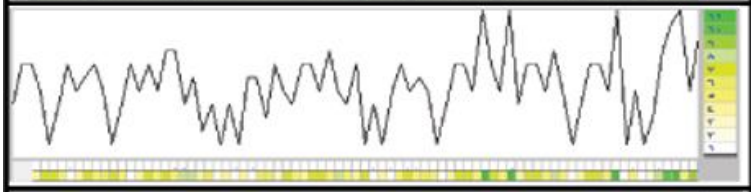
الحرف	الصفات اللازمة												العارضة
	الصفات التي لها ضد				الصفات التي لا ضد لها								
	جهر & همس	شدة توسط رخاوة	إطباق & انفتاح	استعلاء & استفال	إغلاق & إصمات	صفير	انحراف	قلقلة	تكرير	تفشي	لين	استطالة	غنة	
ا	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	الحرف المتحرك (1)
ء	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ب	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
ت	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ث	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ج	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
ح	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
خ	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
د	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
ذ	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ر	1	2	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
ز	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
س	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
ش	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
ص	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ض	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
ط	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
ظ	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ع	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
غ	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ف	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	الحرف الساكن (0)
ق	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
ك	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ل	1	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
م	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
ن	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
هـ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
و	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
ي	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	

٢-٢-٣: التَّمْثيل الرُّسومي المَرْئي(Data Visualization):

تختص مرحلة التمثيل المرئي هنا بتحويل القيم الرقمية الناتجة من عمليات ترميز البيانات الصَّوتيَّة للفظ القرآني إلى صورة مرئية من خلال مخططات التمثيل البياني والطيفي (Graphical and spectral transformation)، وتأتي أهمية هذه المرحلة من كونها مُحصلة عمليات المعالجات السابقة وهدفها المرجو، وهي أيضًا الحاكمة لدقة تلك العمليات حيث يُظهر التمثيل الرسومي أي قصور ينتاب عمليات المعالجة بجلاء ويُسر.

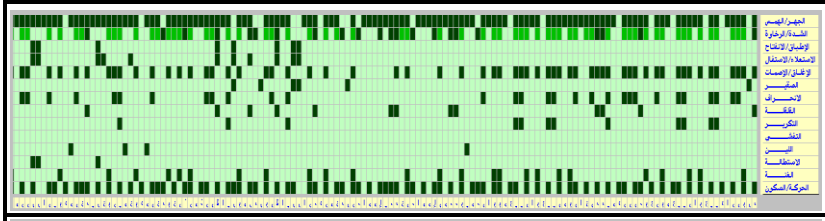
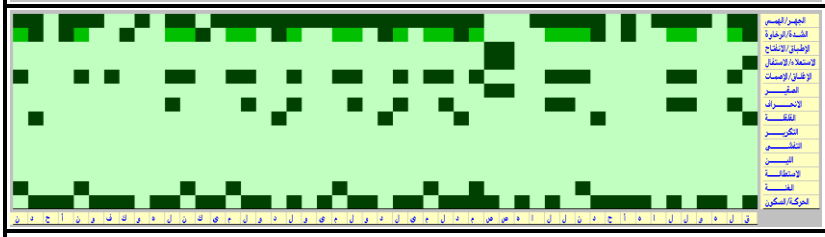
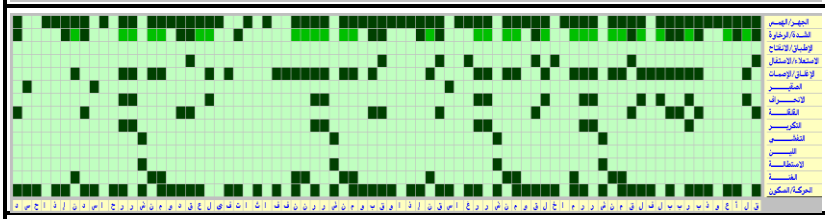
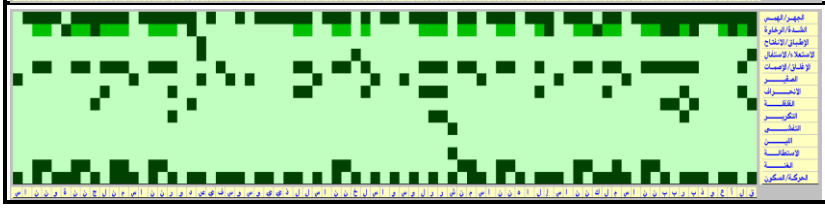
كما يُعد التمثيل الرسو مي هنا لب النمذجة الصَّوتيَّة بوجه عام بوصفه وسيلة لاختزال كمية البيانات الصَّوتيَّة الضخمة في صورة رسومية بسيطة سهلة التفسير والفهم؛ مما يسمح بتطبيق خوارزميات الذكاء الاصطناعي وتقنياتها المتعددة من أجل تحليل عناصر النَّسَق الصَّوتِي في النص اللغوي، وبنظرة تَمعُّن فاحصة يتبيَّن أن التمثيل الرسومي للبيانات الصَّوتيَّة لا يُعد كونه سوى وجه رسومي ذي طبيعة خاصة لتمثيل البيانات الصَّوتيَّة التي يتم تمثيلها بوجوه أخرى كالتمثيل الأبجدي (عند كتابتها) والتمثيل الرقمي(عند نطقها).

ويرتكز التمثيل الرسومي هنا على نوعين من طرق التمثيل لخصائص النَّسَق الصَّوتِي للفظ القرآني، يُعرف النوع الأول بالمنحنيات البيانية الخطية(Linear curves) ويختص هذا النوع بتمثيل مخارج الأصوات بالإضافة إلى إمكانية تمثيله للصفات بصورة فردية، وهو عبارة عن محورين أساسيين: المحور السيني(X-Axis) وهو المحور الأفقي المختص ببيان أحرف النص، والمحور الصادي (Y-Axis) وهو المحور الرأسي المختص ببيان القيم المتغيرة للمخارج أو الصفات، وذلك كما يتضح من تمثيل السور القرآنية الأربع بالجدول الآتي:

السورة	التصنيف	التمثيل البياني الخطي لمخارج النص القرآني
الفاتحة	المخارج بتصنيف الخليل من الداخل إلى الخارج	
	صفة الشدة والرخاوة والتوسط	
الإخلاص	المخارج بتصنيف سيبويه من الداخل إلى الخارج	
	صفة الجهر والهمس	
الفلق	المخارج بالتصنيف الأشهر للمحدثين من الخارج إلى الداخل	
	صفة القلقلة	
الناس	المخارج بالتصنيف د/أحمد مختار من الخارج إلى الداخل	
	صفة الصفير	

أما النوع الثاني المستخدم في البرنامج المعالج لتمثيل خصائص التَّسَق الصَّوتِي للفظ القرآني، فهو المربعات والأعمدة اللونية (Heatmap) وهي تقنية تصويرية تستخدم الألوان لتمثيل القيم الرقمية المختلفة في شكل ثنائي الأبعاد[٤١]، وتم توظيف تلك التقنية هنا لتمثيل الصفات الصَّوتيَّة للحروف في النص القرآني والتعرف على خصائصها المختلفة وتفسيرها عبر معالجات برمجية خُصصت لهذا الغرض أو عبر حاسة البصر مباشرة.

وقد تم تصميم طريقة لونية تناسب طبيعة الصفات الصَّوتيَّة للفظ القرآني، وتتكون من المحور السيني ويتضمن حروف النص مرتبة في سلسلة من اليمين إلى اليسار، وهناك محور صادي تم تقسيمه إلى أربعة عشر جزءًا يختص كل جزء بصفة معينة كـ(الجهر والهمس)، وأمام كل صفة مربع لوني يمثل اللون الغامق فيه الصفة الموجبة كـ(الجهر) واللون الفاتح يمثل الصفة السالبة كـ(الهمس).

السورة	التمثيل الطيفي لصفات الحروف في النص القرآني
الفاتحة	
الإخلاص	
الفلق	
الناس	

٢-٣ : نَواتِج عمليَّات النَّمذجة(Modeling outputs):

تتمثل النواتج هنا فيما تُسفره عمليات النمذجة الرُّسوميَّة من مخرجات معرفية ذات أثر مهم في توجيه المسار البحثي لمجالات متعددة بصورة تُحقق طموحات الباحثين وتطلعاتهم، ولعل أبرز المجالات التي يتم فيها توظيف نواتج النمذجة بصورة جلية مجال الدراسة الصَّوتيَّة – وهو ما يُعنينا هنا – حيث تُمكن اللغويين من الكشف عن دقائق فارقة للظواهر الصَّوتيَّة لم تحظ في السابق بالقدر الكافي من الا هتمام والتناول؛ مما يُسهم في الوصول إلى حقائق لغوية عديدة – قد لم تكن معهودة من قبل – تتعلق بطبيعة النص اللغوي وخصائصه الصَّوتيَّة.

وبالنظر إلى النص القرآني وما يتفرد به من خصائص جمالية في بنيته الصَّوتيَّة فإن نواتج نمذجته الصَّوتيَّة لا تُعد ذات أثر ملموس إلا إذا توافرت فيها مقومات الدقة الفائقة التي تضمن لها قابلية التطبيق ومرونة التوظيف والقدرة على الاستمرارية والتأثير، وقد راعيتُ ذلك – قدر المستطاع – عند تطبيق النمذجة الرُّسوميَّة للنسق الصَّوتِي في النص القرآني، مما سمح بتحصيل نواتج البرنامج ا لمعالج في صورتين، تتمثل الصورة الأولى في الإدراك المباشر لخصائص التَّسَق الصَّوتِي للفظ القرآني من خلال حاسة البصر، وهنا يتم الوصول إلى نتائج النمذجة بمجرد رؤية الرسوم البيانية والطيفية المعالجة لهذا التَّسَق الصوتي، وتلك الصورة لا يعوّل عليها البحث كثيرًا في تحصيله لنواتج عمليات النمذجة الصَّوتيَّة؛ لكونها لا تُظهر الخصائص النطقية الدقيقة لمخارج الحروف وصفاتها بصورة واضحة، كما أنَّ تلك الصورة تتطلب مهارة عالية وخبرة كبيرة بأسس تصميم النماذج الرُّسوميَّة وقواعد تفسيرها، وهذا لا يتسنى إلا لفئة قليلة من المتخصصين في حين أن التطبيق الحاسوبي هنا قائم على أساس سهولة الاستخدام مهما تباينت قدرات المستخدمين ومهاراتهم.

أما الصورة الثانية لتحصيل نواتج النمذجة الرُّسوميَّة للنسق الصَّوتي في النص القرآني فيتمثل فيما يتم الوصول إليه من خلال الإحصائيات والاستعلامات والمقارنات التي يقوم بها البرنامج المعالج عبر بعض العمليات المنطقية المتقدمة، وتتميز تلك النواتج بقابلية وضعها في إطار تفسيري تمهيدًا لتأويلها، ومن ثمّ الوصول إلى قواعد وأسس معرفية جديدة لم تحظ في السابق بالاهتمام الجدير بها.

فعلى سبيل المثال؛ توضح إحصائيات تكرار عناصر صوتية[I] معينة في نسق ما العلاقة بين تلك العناصر الصَّوتيَّة ودلالة معينة يبرزها الكلام، كما توضح الإحصائيات المتعلقة بحصر ندرة ورود أو شيوع عنصر صوتي معين أو سلسلة عناصر صوتية في نسق ما التأثير النفسي الانفعالي لهذه العناصر على المتلقي، وكذلك الحال يتم وضع تفسيرات منطقية للتأثير الدلالي والنفسي الناتج من تجاور عناصر صوتية معينة في نسق ما أو تنافرها، أما المقارنات التي يقدمها البرنامج المعالج فدورها لا يقل أهمية عن الإحصائيات حيث يُعتمد عليها في بيان نسبة التشابه بين الأنساق الصَّوتيَّة ومواطن التلاقي والتباعد بينها؛ مما يُعضد عمليات التحليل الصَّوتِي لتلك الأنساق، ويُبرز جماليات البنية الصَّوتيَّة التي يتفرد بها كل نسق عن الآخر.

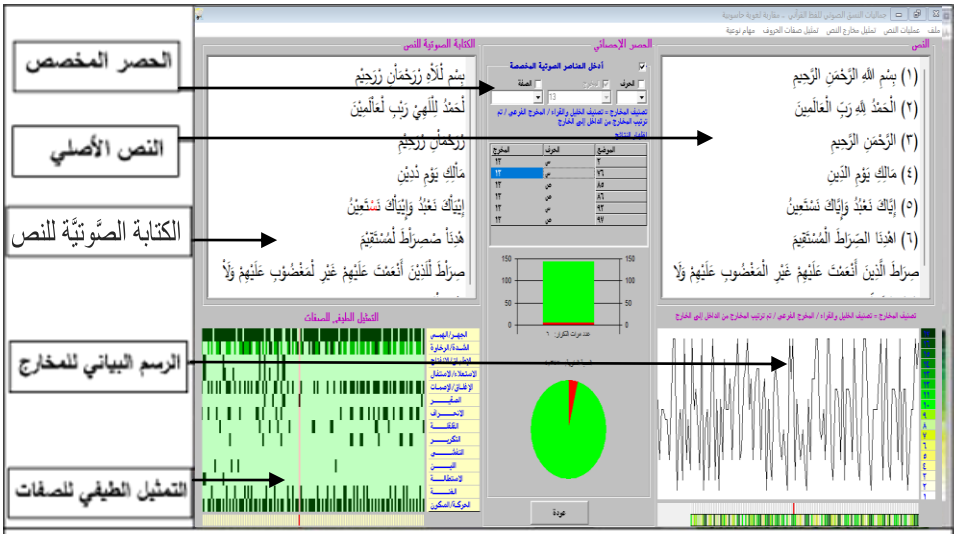
وهكذا تتميز تلك النواتج بقدرتها على إظهار التفاصيل اللُّغويَّة الدقيقة في النَّسَق الصَّوتِي بصورة أكثر عمقًا وموضوعية؛ مما يسمح لتقنيات التحليل الصَّوتِي المتنوعة باستخلاص المعلومات المهمة ذات الأثر البين في النَّسَق الصَّوتِي واستبعاد المعلومات عديمة التأثير، ولتقترب الصورة من الأذهان يُلقي هنا البحث الضوء على بعض نواتج عمليات النمذجة الصَّوتيَّة[II] التي يقوم بها البرنامج المعالج من خلال التطبيق على السور القرآنية الأربع المخصصة لدراسة النَّسَق الصوتي، وذلك على النحو الآتي:

٢-٣-١ : الإحْصائيات (Statistics):

هناك نوعان للإحصائيات التي يقوم بها البرنامج المعالج، يتمثل النوع الأول في الإحصائيات المخصصة: وتتعلق بعمليات حصر العناصر الصَّوتيَّة الفردية على صعيد الحرف والمخرج والصفة، وبيان نسبتها المئوية وتحديد مواضعها في النص وداخل المخطط البياني للمخارج وأيضًا داخل المخطط الطيفي للصفات شكل (١-٢).

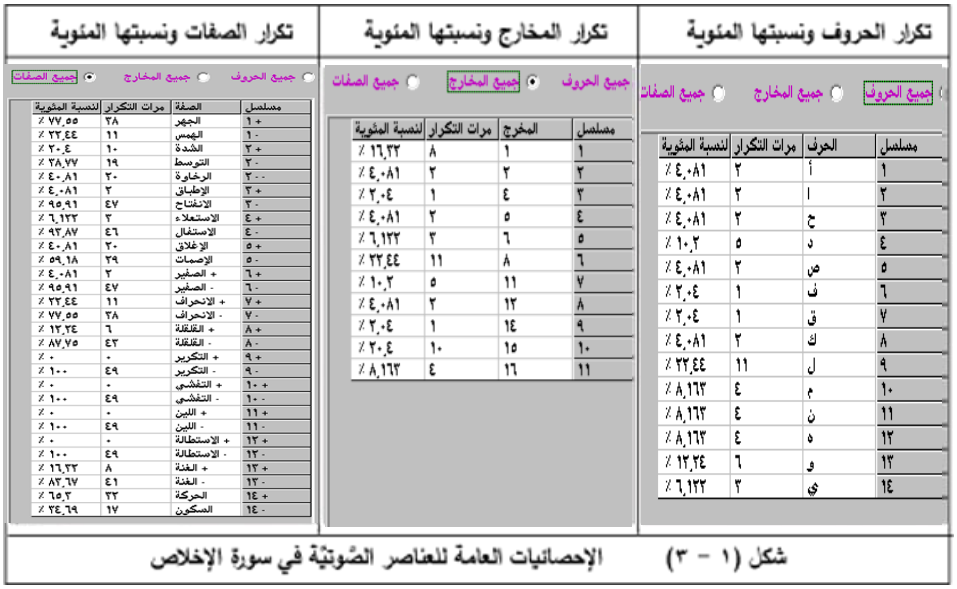
[I] العنصر الصوتي هنا قد يكون عبارة عن صوت معين، وقد يكون عبارة عن مخرج معين، وقد يكون صفة معينة .

[II] تناول نواتج النمذجة هنا يقتصر على بعض تلك النواتج وليس جميعها؛ فالمجال هنا لا يتسع لذكر كل النواتج التي قمتُ ببرمجتها وتطبيقها على النص القرآني .



شكل (١-٢) الحصر المخصص للعناصر الصَّوتيَّة

أما النوع الثاني من الإحصائيات التي ينفذها البرنامج المعالج فتتمثل في الإحصائيات العامة وأقصد بها عمليات الحصر المجمعة سواء على صعيد العناصر الصَّوتيَّة المكونة للنسق الصَّوتي أم على صعيد سلسلة العناصر الصَّوتيَّة بصورتها التركيبية، وهكذا ترد الإحصائيات العامة في البرنامج المعالج على صورتين، الصورة الأولى تتعلق بالعناصر الصَّوتيَّة من حيث حصر تكرار كل عنصر وذكر نسبته المئوية مع تحديد مواضعه في النص وفي الرسم البياني والطيفي للمخارج والصفات، ويوضح الشكل الآتي شكل (١ - ٣) نواتج الإحصائيات العامة للعناصر الصَّوتيَّة في سورة الإخلاص.



تكرار الحروف ونسبتها المئوية

جميع الحروف | جميع المخارج | جميع الصفات

مسلسل	الحرف	مرات التكرار	النسبة المئوية
١	أ	٢	٤,٠٨١ ٪
٢	ا	٢	٤,٠٨١ ٪
٣	ح	٢	٤,٠٨١ ٪
٤	د	٥	١٠,٢ ٪
٥	ص	٢	٤,٠٨١ ٪
٦	ف	١	٢,٠٤ ٪
٧	ق	١	٢,٠٤ ٪
٨	ك	٢	٤,٠٨١ ٪
٩	ل	١١	٢٢,٤٤ ٪
١٠	م	٤	٨,١٦٣ ٪
١١	ن	٤	٨,١٦٣ ٪
١٢	ه	٤	٨,١٦٣ ٪
١٣	و	٦	١٢,٢٤ ٪
١٤	ي	٣	٦,١٢٣ ٪

تكرار المخارج ونسبتها المئوية

جميع الحروف | جميع المخارج | جميع الصفات

مسلسل	المخرج	مرات التكرار	النسبة المئوية
١	١	٨	١٦,٣٢ ٪
٢	٢	٢	٤,٠٨١ ٪
٣	٤	١	٢,٠٤ ٪
٤	٥	٢	٤,٠٨١ ٪
٥	٦	٣	٦,١٢٣ ٪
٦	٨	١١	٢٢,٤٤ ٪
٧	١١	٥	١٠,٢ ٪
٨	١٢	٢	٤,٠٨١ ٪
٩	١٤	١	٢,٠٤ ٪
١٠	١٥	١٠	٢٠,٤ ٪
١١	١٦	٤	٨,١٦٣ ٪

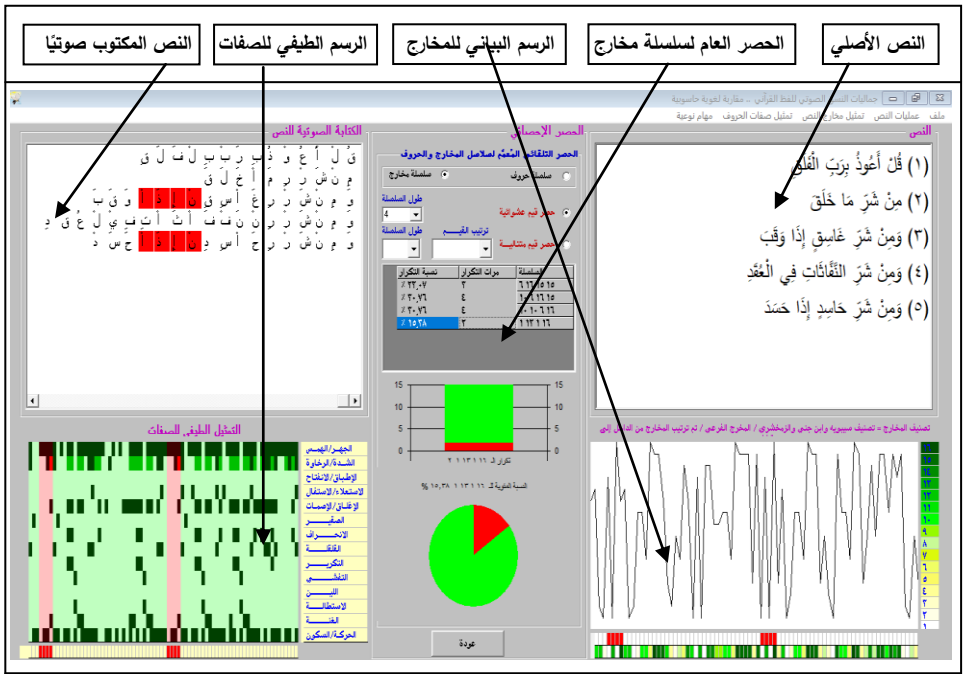
تكرار الصفات ونسبتها المئوية

جميع الحروف | جميع المخارج | جميع الصفات

مسلسل	الصفة	مرات التكرار	النسبة المئوية
١ +	الجهر	٣٨	٧٧,٥٥ ٪
١ -	الهمس	١١	٢٢,٤٤ ٪
٢ +	الشدة	١٠	٢٠,٤ ٪
٢ -	التوسط	١٩	٣٨,٧٧ ٪
٣ - -	الرخاوة	٢٠	٤٠,٨١ ٪
٣ +	الإطباق	٢	٤,٠٨١ ٪
٣ -	الانفتاح	٤٧	٩٥,٩١ ٪
٤ +	الاستعلاء	٣	٦,١٢٣ ٪
٤ -	الاستفال	٤٦	٩٣,٨٧ ٪
٥ +	الإغلاق	٢٠	٤٠,٨١ ٪
٥ -	الإصمات	٢٩	٥٩,١٨ ٪
٦ +	الصفير	٢	٤,٠٨١ ٪
٦ -	الصفير	٤٧	٩٥,٩١ ٪
٧ +	الانحراف	١١	٢٢,٤٤ ٪
٧ -	الانحراف	٣٨	٧٧,٥٥ ٪
٨ +	القلقلة	٦	١٢,٢٤ ٪
٨ -	القلقلة	٤٣	٨٧,٧٥ ٪
٩ +	التكرير	-	٠ ٪
٩ -	التكرير	٤٩	١٠٠ ٪
١٠ +	التفشي	-	٠ ٪
١٠ -	التفشي	٤٩	١٠٠ ٪
١١ +	اللين	-	٠ ٪
١١ -	اللين	٤٩	١٠٠ ٪
١٢ +	الاستطالة	-	٠ ٪
١٢ -	الاستطالة	٤٩	١٠٠ ٪
١٣ +	الغنة	٨	١٦,٣٢ ٪
١٣ -	الغنة	٤١	٨٣,٦٧ ٪
١٤ +	الحركة	٢٢	٤٥,٠٢ ٪
١٤ -	السكون	١٧	٣٤,٦٩ ٪

شكل (١ - ٣) الإحصائيات العامة للعناصر الصَّوتيَّة في سورة الإخلاص

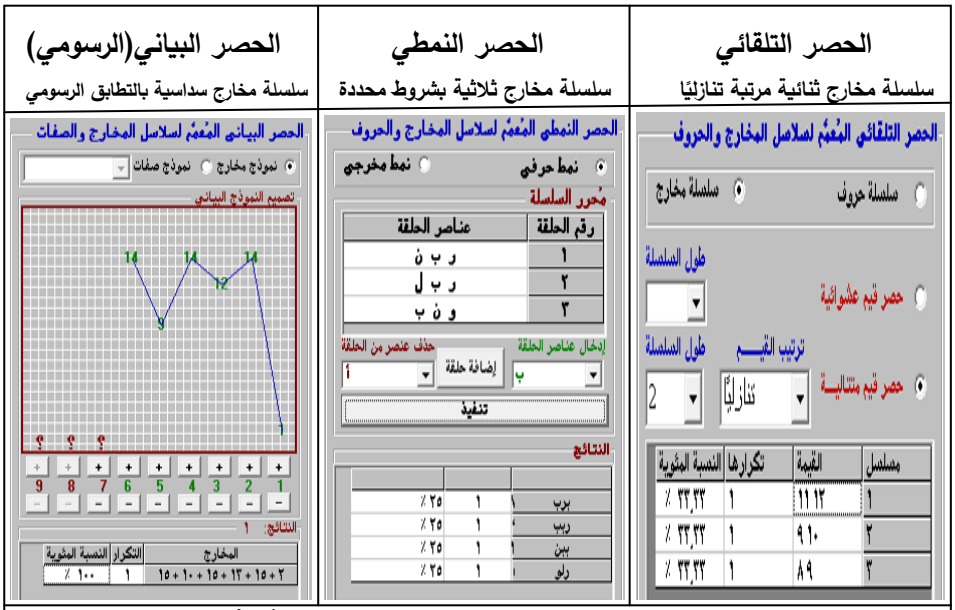
وتتعلق الصورة الثانية التي تشملها الإحصائيات العامة بسلسلة العناصر الصَّوتيَّة، وهنا يتم الحصر على أساس سلسلة العناصر الصَّوتيَّة الواردة في النص اللغوي، وتصل عدد عناصر السلسلة الصَّوتيَّة التي يمكن للبرنامج المعالج التعامل معها تسعة عناصر سواء كانت تلك السلسلة لمجموعة من الحروف أم لمجموعة من المخارج أم لمجموعة صفات، ومن ثمّ يعرض البرنامج المعالج نواتج هذا النوع من الإحصائيات في جدول بيانات يشمل عناصر كل سلسلة وعدد مرات تكراراها ونسبتها المئوية موضحة بالرسوم البيانية، بالإضافة إلى إمكانية البحث عن كل سلسلة بمجرد اختيارها من جدول النتائج داخل النص المكتوب صوتيًا وأيضًا داخل الرسوم البيانية والطيفية للمخارج والصفات، ويوضح الشكل الآتي شكل (١ - ٤) نواتج الإحصائيات العامة لسلسلة المخارج الرباعية في سورة الفلق.



شكل (١-٤) الحصر العام لسلسلة المخارج الرباعية في سورة الفلق

ويقدم البرنامج المعالج ثلاث طرق لحصر السلاسل الصَّوتيَّة في النص، أول تلك الطرق يتمثل في الحصر التلقائي الذي يتم استعماله للكشف عن تكرار السلاسل الصَّوتيَّة بالترتيب الذي يختاره المستخدم(تصاعدي / تنازلي) وبالسلسلة التي يُحدد عدد عناصرها حتى تسعة عناصر صوتية، والطريقة الثانية تتمثل في الحصر النمطي الذي يمنح المستخدم إمكانية البحث عن سلسلة من العناصر الصَّوتيَّة بشروط معينة من خلال تحديد نوع عناصر السلسلة وطول حلقاتها (عدد عناصرها).. الخ، أما الطريقة الثالثة التي يطرحها البرنامج المعالج فهي طريقة

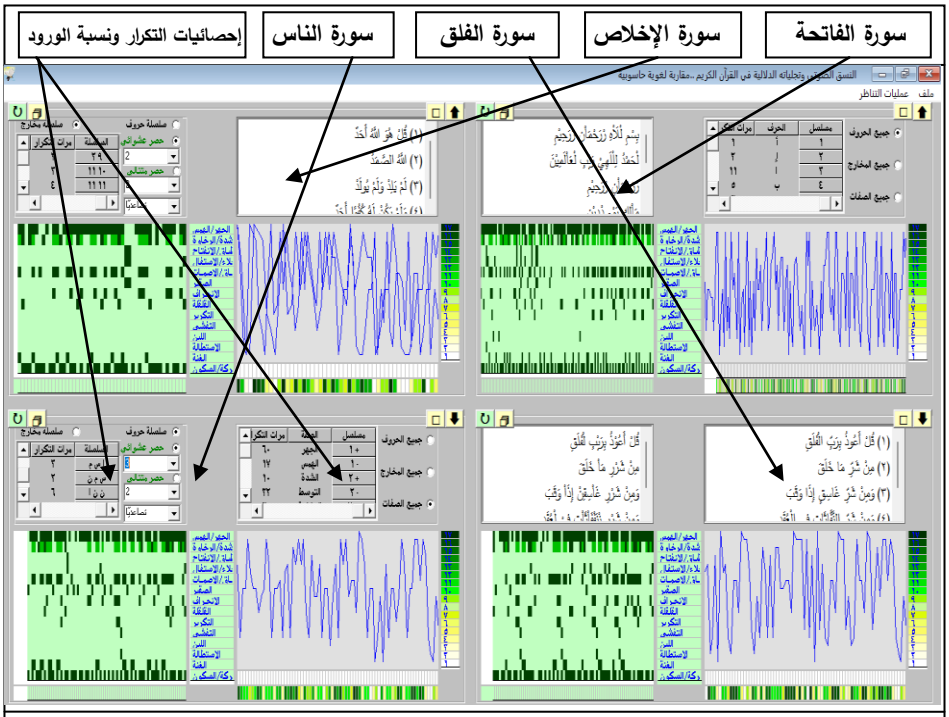
الحصر البياني وهنا يتم رسم نمط رسومي معين من قبل المستخدم، ومن ثمّ يقوم البرنامج المعالج بالبحث عن هذا النمط داخل النص، والشكل الآتي شكل (١ - ٥) يوضح بالطرق الثلاث نواتج الإحصائيات العامة لسلسلة مخارج متنوعة في سورة الناس.



شكل (١ - ٥) الإحصائيات العامة لسلاسل عناصر الصَّوتيَّة في سورة الناس

٢-٣-٢: المُقارَنات (Comparatives):

حظيت عمليات مقارنة الأنساق الصَّوتيَّة سواء بين أنساق النص الواحد أم بين أنساق من نصوص مختلفة بجزء كبير من الاهتمام؛ لدورها الحاسم في الوقوف على جماليات توظيف العناصر الصَّوتيَّة في النص العربي بصفة عامة والنص القرآني بصفة خاصة، ويُخصص البرنامج المعالج شاشة مستقلة (Frame)شكل (١ - ٦) بتلك العمليات تسمح بالمقارنة حتى أربعة نصوص (سور قرآنية) في المرة الواحدة، وتعتمد نواتج تلك المقارنات على بعض الإحصائيات المتعلقة بتكرار العناصر الصَّوتيَّة المختلفة ونسبة شيوعها سواء أكانت تلك العناصر في صورة فردية أم كانت في صورة تسلسلية متتابعة.

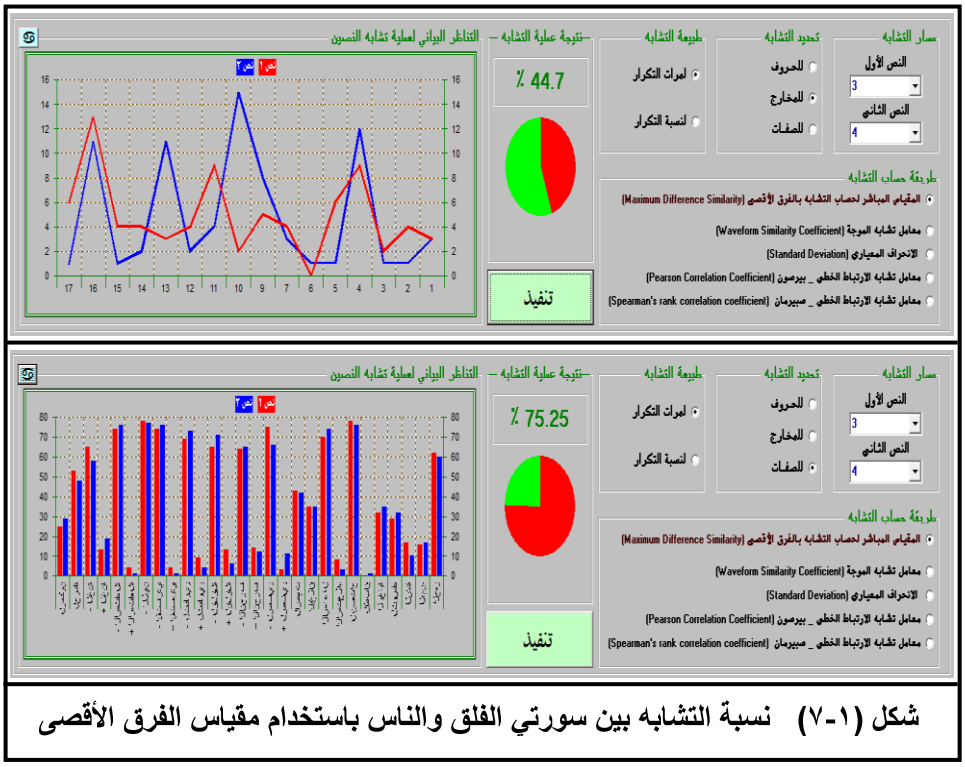


شكل (١-٦) شاشة المقارنات في الوضع الرباعي

كما يوظف البرنامج المعالج هنا تقنية من التقنيات المهمة لإيجاد نشبة التشابه بين نصين لغويين (سورتين قرآنيتين) انطلاقًا من قيام المستخدم(User) بتحديد أربعة عوامل رئيسة، وهي:

- **مسار التشابه:** ويتم هنا تحديد النصين(السورتين) المراد المقارنة بينهما.
- **وجه التشابه:** وهنا يتم تخصيص نوع العناصر الصَّوتيَّة من حيث كونها للحروف أم للصفات أم للمخارج.
- **طبيعة التشابه:** يتم الاختيار هنا بين مرات التكرار العناصر الصَّوتيَّة وبين نسبة تكراراها.
- **طريقة حساب التشابه:** وهنا يتيح البرنامج المعالج إيجاد نسبة التشابه بخمس طرق رياضية يتم الاختيار بينها، وهي: (مقياس الفرق الأقصى، ومعامل تشابه الموجة، ومعامل الانحراف المعياري، ومعامل تشابه الارتباط الخطي لبيرسون، ومعامل تشابه الارتباط الخطي لسبيرمان).

وهكذا يقوم البرنامج المعالج بعد تحديد العوامل الأربعة السابقة بتنفيذ عملية التناظر وعرض النتيجة بشكل مباشر للمستخدم(User) مع توضيح تلك النتيجة بأكثر من شكل بياني (رسومي) تؤكد دقة الطريقة المختارة لإيجاد نسبة التشابه، وذلك كما يظهر من الشكل الآتي شكل (١ - ٧) حيث يظهر نسبة التشابه بين سورتي الفلق والناس على صعيد المخارج والصفات بمقياس الفرق الأقصى.



شكل (١-٧) نسبة التشابه بين سورتي الفلق والناس باستخدام مقياس الفرق الأقصى

٢-٣-٣: مُعالجَات مَعْرِفِيَّة مُتقدِّمة (Advanced cognitive processors):

يُعد هذا النوع من المعالجات الأكثر أهمية للارتقاء بالدراسات اللُّغويَّة في العربية حيث يسعى الباحثون في ظل ما تحقق من إنجازات قدمتها الثورة التكنولوجية الهائلة إلى الوصول لتقنيات ذكية تُحاكي العقل البشري – قدر المستطاع – في الوصول إلى نواتج معرفية يمكن توظيفها في الدرس اللغوي المعاصر بصورة تُحقق المزيد من الفهم والإلمام بالقضايا اللُّغويَّة وظواهرها المختلفة؛ مما يعود بالنفع على البشرية في مجالات كثيرة من خلال القيام بمهام نوعية كثيرة.

وانطلاقًا من تلك الرؤية فإنه يمكن تطوير التطبيق الحاسوبي المقترح في هذا البحث عبر ما تُقدمه خوارزميات الذكاء الاصطناعي، ومن ثمَّ توظيفه بصورة لها مردودها الإيجابي في مجالات كثيرة، ومنها:

- مجال الدرس اللغوي: يُعد الارتقاء بهذا المجال الأساس الذي يعوّل عليه في قيام الآلة ببعض المهام النوعية والمتعلقة بإمكانية صياغة (توليد) أنساق صوتية تتماثل مع أنساق نص مُحدد، كما يمكن هنا تطوير تقنيات ذكية للتعرف الآلي على البصمة الصَّوتيَّة لنص ما ومقارنتها ببصمات نصوص أخرى، ومن ثمّ الحكم على النصوص من حيث فصاحتها ونسبتها إلى أصحابها.

- المجال الطبي: يمكن هنا التوظيف من خلال الإدراك الآلي للسلاسل الصَّوتيَّة ذات الأثر الواضح على الدماغ ومن ثمّ إعادة تهيئتها عبر تقنيات معينة تمهيدًا لاستخدامها في علاج الاضطرابات النفسية والعصبية، كما يمكن استخدامها لعلاج مشاكل نطقية كثيرة كالتلعثم وتأخر النطق وعيوبه.

- المجال التعليمي: وهنا يُستخدم التطبيق الحاسوبي في عملية تلقين الطلاب، وترشيح النصوص اللُّغويَّة ذات المخارج والصفات المناسبة لأعمار المتعلمين.

****

❖ الخاتمة :

في إطار ما طرَحه البحث من رؤى وتصوَّرات لدراسة النَّسَق الصَّوتِي في النَّص القرآني تَبْرُز جُملة من النتائج والتَّوصيات يضعها البحث هنا بين يدي المُشْتغلين بالدَّرس الصَّوتي في القرآن الكريم؛ لعلها تفتح آفاقًا جديدة لتطوير أدوات دراسة اللفظ القرآني:

أولاً: النتائج:

- تبيَّن أنَّ للنسق الصوتي أثرًا واضحًا في التعرف على نظام العناصر الصَّوتيَّة المكونة للنص القرآني والوقوف على أبعادها الجمالية وخصائص بنيتها الفريدة؛ مما يُعزز فهم الدقائق اللُّغويَّة الفارقة لدلالات اللفظ القرآني ومعانيه بصورة تجعل منه جوهر الرؤية لتفسير جوانب الإعجاز اللغوي في نظم اللفظ القرآني وفنيات توظيف عناصره واستعماله.

- يُعد النَّسَق الصَّوتِي جوهر الدراسة المنطقية للغة بوصفه البوتقة التي تتضافر فيها الأصوات والحروف التي يتألف منها الكلام وينتظم بصورة متتابعة في قالب صوتي معين يسمح بتمييز الصفات والمخارج وحصر المطرد منها والنادر وبيان دلالة تكرارها في الكلام أو ندرتها بالإضافة إلى تحليل سلوك الأصوات ورصد ظواهرها التي قد تطرأ عليها عند تجاورها مع بعضها.

- يُنظر إلى النَّسَق الصَّوتِي على أساس كونه معيارًا معرفيًا للحكم على فصاحة النص من خلال الكشف عن جوانب القوة والضعف في توظيف البنيات الصَّوتيَّة الأساسية المكون للنص انطلاقًا من مبدأ التلاؤم(الانسجام) الصَّوتِي بين تلك البنيات في سماتها ومخارجها.

- أبرز البحث بعضًا من جوانب الإعجاز اللغوي للفظ القرآني الذي يجمع بين دقة البنية وروعة المعنى من خلال تطبيق حاسوبي مقترح تم إنشاؤه بأحدث التقنيات البرمجية وخوارزميات الذكاء الاصطناعي لتحقيق أهداف هذا البحث، وقد رُوعي فيه أن يكون تطبيقًا مرنًا شاملاً لتوظيفه في تحقيق أهداف بحثية أخرى مستقبلية، كما رُوعي أن يعتمد هذا التطبيق على النمذجة الرُّسوميَّة في دراسته من خلال منظور لغوي يقوم على تمثيل

العناصر الصَّوتيَّة المكونة للنص القرآني وخصائصها النطقية في صورة مرئية من خلال الرسومات البيانية والصور الطيفية بغرض استخلاص النتائج التحليلية بصورة تجعلها أكثر منطقية ووضوحًا وقابلية للتفسير، وتُعد تلك المحاولة البحثية المتواضعة الأولى مـن نوعها – على حد علمي – في الدرس الصَّوتِي للعربية بصورة عامة وفي القرآن الكريم بصورة خاصة، والتي من شأنها فتح الباب أمام الباحثين لابتكار طرائق معرفية فاعلة أخرى تكشف عن أسرار الإعجاز اللغوي في توظيف العناصر الصَّوتيَّة للنص القرآني اعتمادًا على التحليل البصري(الرسومي) والمنطقي لتلك العناصر.

- توصل البحث إلى أن المواضع – التي تُظهرها الرسوم البيانية والطيفية في البرنامج المعالج للنص القرآني – ذات التناسق الصَّوتِي قد تكون هي الفيصل فيما يُحدثه اللفظ القرآني من الاستقرار النفسي والعصبي الذي يشعر به الإنسان عند سماعه أو قراءته حتى وإن لم يدرك معناه كما في حالة سماع بعض الأطفال أو سماع بعض ممن يعانون الاضرابات النفسية والعصبية أو سماع غير العرب ممن لا يجيدون العربية ولا يفهمون ألفاظها، وكذلك الأمر عند سماع اللفظ القرآني في مواقف وحالات انفعالية يفتقر الإنسان فيها إلى التفكير العقلاني السليم كحالات الهلع والغضب والاكتئاب.

- تُظهر جماليات المواضع ذات التناسق الصَّوتِي أن مقومات الإعجاز في اللفظ القرآني ليست في المعاني التي يؤديها اللفظ فحسب بل يشمل إعجازه أيضًا البنية الصَّوتيَّة من حيث توظيف عناصرها في النص القرآني، وربما يُفسر ذلك كون أجر قراءة القرآن الكريم والاستماع إليه بمقدار ما يقرؤه المرء من حروف وليس بما يستوعبه العقل من معانٍ.

ثانيًا: التوصيات:

- ضرورة العمل على تطوير تقنية النمذجة الرُّساميَّة أو استحداث تقنيات أخرى مشابهة لتوظيفها في مجال دراسة الأصوات اللُّغويَّة على أن يُراعى فيها التأصيل المنهجي للأسس اللُّغويَّة التي يقوم عليها النَّسَق الصَّوتِي في العربية.

- من المهم أن تكون التقنيات المستحدثة لدراسة اللفظ القرآني قائمة على التحليل اللغوي الثابت وليس على التحليل الفيزيائي وقياساته المتغيرة ، وذلك من أجل الوصول إلى معالجة حاسوبية محددة الأهداف والرؤى

وذات نواتج منطقية سليمة تُمكن من الوقوف بصورة أعمق على جماليات النص القرآني ودقة بنائه الفريدة .

- ضرورة تضافر جهود الباحثين من تخصصات مختلفة عبر تكوين فرق عمل بحثية لدراسة التَّسَق الصَّوتِي في النص القرآني بصورة تكشف عن أوجه الإعجاز فيه سواء على الصعيد اللغوي أو النفسي أو التعليمي؛ مما سيكون له مردوده الإيجابي من خلال النواتج المعرفية التي يمكن توظيفها بصورة تُحقق المزيد من الفهم والإلمام بالقضايا الصَّوتيَّة وظواهرها المختلفة؛ مما يعود بالنفع على البشرية في مجالات كثيرة عن طريق القيام بمهام نوعية كثيرة كمقارنة النصوص والحكم عليها من حيث فصاحتها ونسبتها إلى أصحابها، وعلاج الاضطرابات النفسية والعصبية ومشاكل النطق وعيوبه، بالإضافة إلى تلقين المتعلمين وتدريبهم على النطق الصحيح عبر ترشيح النصوص اللُغويَّة ذات المخارج والصفات المناسبة لأعمارهم.

وفي نهاية بحثي أحمد الله رب العالمين على توفيقه وتيسيره، وأسأله أن يكون اجتهادي فيه نافعًا، وخطئي فيه مغفورًا، وإحساني فيه مأجورًا، وصلّ اللهم وسلم تسليمًا كثيرًا على معلم الأمة نبينا محمد ﷺ وعلى آله وصحبه ومن تبعه بإحسان إلى يوم الدين.

****

❖ هَوامِـــش البَحْـــــــث:

(١) انظر مادة(نسق) في: كتاب العين: ٥ / ٨١، لسان العرب: ٣٥٣/١٠، أساس البلاغة:٢٦٦/٢، مجمل اللغة:٨٦٥، تاج العروس من جواهر القاموس: ٤١٩/٢٦، مختار الصحاح: ٣٠٩ ، شمس العلوم ودواء كلام العرب من الكلوم: ١٠/ ٦٥٧٤ ، معجم ديوان الأدب: ٢٢٥/١، المحيط في اللغة: ٢٩٢/٥، المحكم والمحيط الأعظم: ٢٣٩/٦، المعجم الوسيط: ٩١٩/٢ ، معجم اللغة العربية المعاصرة: ٢٠٤/٣ .

(٢) مقاييس اللغة : مادة(نسق) ٥ / ٤٢٠ .

(٣) انظر التَّسَق الصوتي في سورة مريم .. دراسة في نظام الفواصل: ٤، ٥.

(٤) انظر سلطة التَّسَق اللغوي بين اللغة العالمة واللغة المؤسسية: ٢٧٨ .

(٥) انظر التشابه والاختلاف نحو منهاجية شمولية: ٤٨ .

(٦) انظر سلطة التَّسَق اللغوي بين اللغة العالمة واللغة المؤسسية: ٢٨٣ .

(٧) انظر اللسانيات والدلالة : ١٧٨ ، ١٨٠ .

(٨) انظر التَّسَق الصوتي في قصيدة نكون أو لا نكون: ٤٧٠ .

(٩) انظر الأنساق الصوتية وأثرها في وضوح الدلالة : ٥٢٠ .

(١٠) انظر علم الأصوات لكمال بشر:٢٤،٢٦، الدرس الصوتي عند القدماء والمحدثين:١٠٠.

(١١) انظر علم اللغة مقدمة للقارئ العربي: ٩٣.

(١٢) انظر الأصوات اللغوية لإبراهيم أنيس: ١٠٤، ١٠٥، تاريخ الدرس الصوتي: ٦٩، الدرس الصوتي عند القدماء والمحدثين: ٨٧،١٠٠ .

(١٣) انظر تاريخ الدرس الصوتي:٦٩، الدرس الصوتي عند القدماء والمحدثين: ٧٨ ، ١٠٠.

(١٤) انظر علم الأصوات لكمال بشر: ٢٤.

(١٥) انظر الدرس الصوتي عند القدماء والمحدثين: ٨٩ .

(١٦) سر صناعة الإعراب: ٧٠/١ .

(١٧) انظر علم الأصوات لكمال بشر: ٢٤ ، ٢٥ .

(١٨) انظر الأصوات اللغوية لإبراهيم أنيس: ١٣٨، ١٥٢ ، المصطلح الصوتي في الدراسات العربية: ١٦ .

(١٩) انظر تاريخ الدرس الصوتي: ٦٨ .

(٢٠) انظر الأصوات اللغوية لإبراهيم أنيس: ٥ .

(٢١) انظر علم الأصوات لكمال بشر: ٢٥ ، تاريخ الدرس الصوتي: ٧٠ ، ٧١ .

(٢٢) الأصوات اللغوية لإبراهيم أنيس: ٥ .

(٢٣) انظر علم اللغة مقدمة للقارئ العربي: ٨٧، علم الأصوات لكمال بشر: ٤٧ ، ٤٨.

(٢٤) انظر الإعجاز اللغوي في القرآن الكريم: ١١٧ .

(٢٥) اللغة العربية معناها ومبناها: ٣٣.

(٢٦) انظر الخصائص:١/ ٣٤.

(٢٧) انظر الدلالة الصوتية: ١١، ١٧، فقه اللغة وخصائص العربية: ١٧٦ .

(٢٨) ربيع الأبرار ونصوص الأخيار: ٣/ ١٢٣ .

(٢٩) انظر الدلالة الصوتية: ١٥ ..

(٣٠) اللغة العربية معناها ومبناها : ٤٨ .

(٣١) انظر علم الأصوات لكمال بشر: ٥٥ ، ٥٦ .

(٣٢) انظر أساسيات النظم الرقمية: ١٧ ، تكنولوجيا الاتصال الحديثة في عصر المعلومات : ١٤٤.

(٣٣) انظر تقنيات المعالجة الآلية للغة وتطورها: ٥٦٦.

(٣٤) انظر التوظيف المعرفي لمخرجات المعالجة الآلية للغة العربية: ٥٢١ .

(٣٥) see Data Visualization: Representing Information on Modern Web: 2 , poe.com/chat/3g4io1rey5mhvk98lu4 , Fundamentals of Data Visualization:3

(٣٦) انظر اللغة العربية معناها ومبناها : ٤٦ ، ٤٧ .

(٣٧) انظر دراسات في العروض والقافية: ١٧.

(٣٨) انظر علم العروض والقافية : ١٣: ١٦، القواعد العروضية وأحكام القافية العربية: ٢٢.

(٣٩) See Visualization Analysis and Design : 3

(٤٠) انظر المدخل إلى علم أصوات العربية : ٨٨ .

(٤١) See Data Visualization: A Practical Introduction : 125

****

❖ مَراجِع البَحْث(*):

أولاً: المراجع العربيَّة:

- أكرور، د.مصطفى:
  - **الجامع لأحكام روايتي ورش وقالون عن الإمام نافع**، الجزائر، مكتبة الإمام مالك، ٢٠٠١م.
  - **مخارج الحروف وصفاتها عند جمهور علماء التجويد**، الجزائر، دار الخلدونية للنشر والتوزيع، ٢٠١٣م.
- أنيس، د.إبراهيم، **الأصوات اللغوية**، القاهرة، مطبعة نهضة مصر، د.ت.
- بكرو، د.خالد، **أساسيات النظم الرقمية**، سوريا، شعاع للنشر والعلوم، ٢٠١٨م.
- بشر، د.كمال، **علم الأصوات**، القاهرة، دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع، ٢٠٠٠م.
- الترمذي، محمد بن عيسى بن سَوْرة بن موسى بن الضحاك، **سنن الترمذي**، تحقيق: أحمد محمد شاكر، ط٢، القاهرة، مكتبة ومطبعة مصطفى البابي الحلبي، ١٩٧٥م.
- جامعة المدينة العالمية، **الإعجاز اللغوي في القرآن الكريم**، كوالالمبور(ماليزيا)، مطبوعات جامعة المدينة العالمية، ٢٠٠٩م.
- ابن جني، أبو الفتح عثمان بن عبد الله:
  - **الخصائص**، تحقيق: محمد علي النجار، بيروت، عالم الكتب،د.ت.
  - **سر صناعة الإعراب**، تحقيق:د.حسن هنداوي، بيروت، دار الكتب العلمية، ٢٠٠٠م.
- حسام الدين،د.كريم زكي، **الدلالة الصوتية .. دراسة لغوية لدلالة الصوت ودوره في التواصل**، القاهرة، مكتبة الأنجلو المصرية، ١٩٩٢م.
- حسان، تمام، **اللغة العربية.. معناها ومبناها**، الدار البيضاء، دار الثقافة، ١٩٩٤م.
- الحميري، نشوان بن سعيد، **شمس العلوم ودواء كلام العرب من الكلوم**، بيروت، دار الفكر المعاصر، ١٩٩٩م.
- درويش،د.عبد الله، **دراسات في العروض والقافية**، ط٣، مكة المكرمة، مكتبة الطالب الجامعي، ١٩٨٧م.
- الرازي، محمد بن أبي بكر بن عبد القادر. **مختار الصحاح**، تحقيق: محمود خاطر، بيروت، مكتبة لبنان ناشرون، ١٩٩٥م.

(*) المرا جع مرتبة ترتيبًا ألفبائيًا باسم المؤلف مع إهمال البدايات (الـ - ابن – أبو).

- الزَّبيدي، محمّد مرتضى الحسيني، **تاج العروس من جواهر القاموس**، تحقيق: جماعة من المختصين بوزارة الإرشاد والأنباء في الكويت، الكويت ، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب،٢٠٠١م.
- الزمخشري، أبو القاسم محمود بن عمرو بن أحمد:
  - **أساس البلاغة**، تحقيق: محمد باسل عيون السود، بيروت، دار الكتب العلمية، ١٩٩٨م.
  - **ربيع الأبرار ونصوص الأخيار**، تحقيق: عبد الأمير مهنا، بيروت، مؤسسة الأعلمي للمطبوعات، ١٤١٢هـ.
- السعران، محمود. **علم اللغة.. مقدمة للقارئ العربي**، بيروت، دار النهضة العربية، د.ت.
- ابن سيده، أبو الحسن علي بن إسماعيل، **المحكم والمحيط الأعظم**، تحقيق: عبد الحميد هنداوي، بيروت، دار الكتب العلمية، ٢٠٠٠م.
- السيرافي، الحسن بن عبد الله بن المرزبان ، **أخبار النحويين البصريين**، تحقيق: طه محمد الزيني، القاهرة، مكتبة مصطفى البابي الحلبي، ١٩٦٦م.
- الشرقاوي، أحمد بن ممدوح، **مخارج الحروف وصفاتها.. دراسة منهجية عملية في بيان مخارج الحروف العربية والصفات** ، نُشر إلكترونيًا من خلال موقع مكتبة الألوكة، www.alukah.net
- الصيغ، د.عبد العزيز، **المصطلح الصوتي في الدراسات العربية**، دمشق، دار الفكر، ١٩٩٨م.
- ابن عباد، إسماعيل، **المحيط في اللغة**، بيروت، عالم الكتب، ١٩٩٤م.
- عتيق، د.عبد العزيز، **علم العروض والقافية**، بيروت، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، ١٩٨٧م.
- عمر، أحمد مختار:
  - **دراسة الصوت اللغوي**، القاهرة، عالم الكتب، ١٩٩٧م.
  - **معجم اللغة العربية المعاصرة**، القاهرة، عالم الكتب، ١٤٢٩هـ - ٢٠٠٨م.

- عياش، د.منذر، **اللسانيات والدلالة(الكلمة)**، حلب(سوريا)، مركز الإنماء الحضاري، ١٩٩٦م.
- الفارابي، أبو إبراهيم إسحاق بن إبراهيم بن الحسين ، **معجم ديوان الأدب**، تحقيق: د. أحمد مختار عمر، القاهرة، مؤسسة دار الشعب للصحافة والطباعة والنشر، ٢٠٠٣م.

- ابن فارس، أحمد بن زكريا الرازي:
  - **مجمل اللغة**، تحقيق: زهير عبد المحسن سلطان، بيروت، مؤسسة الرسالة، ١٩٨٦م.
  - **معجم مقاييس اللغة**، تحقيق: عبد السلام محمد هارون، القاهرة، دار الفكر، ١٩٧٩م.
- الفراهيدي، أبو عبد الرحمن الخليل بن أحمد، **كتاب العين**، تحقيق: د.مهدي المخزومي ود.إبراهيم السامرائي، بيروت، دار ومكتبة الهلال، د.ت.
- قدوري، د.غانم، **المدخل إلى علم أصوات العربية**، عمَّان، دار عمار للنشر والتوزيع، ٢٠٠٤م.
- المبارك، محمد، **فقه اللغة وخصائص العربية .. دراسة تحليلية مقارنة للكلمة العربية وعرض لمنهج العربية الأصيل فى التجديد والتوليد**، دمشق، دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، د.ت.
- مجمع اللغة العربية بالقاهرة، **المعجم الوسيط**، ط٤، القاهرة، مكتبة الشروق الدولية، ٢٠٠٤م.
- المطيري، محمد بن فلاح، **القواعد العروضية وأحكام القافية العربية**، الكويت، مكتبة أهل الأثر، ٢٠٠٤م.
- مفتاح، د.محمد، **التشابه والاختلاف نحو منهاجية شمولية**، بيروت، المركز الثقافي العربي، د.ت.
- مكاوي، د.حسن عماد، **تكنولوجيا الاتصال الحديثة في عصر المعلومات**،ط٢،القاهرة، الدار المصرية اللبنانية، ١٩٩٧م.
- ابن منظور، محمد بن مكـــرم الأفريقـــي المصري، **لسـان العرب**، بيروت، دار صادر، د.ت .
- ناصيف، م. أحمد، **علم إلكترونيات الحاسب**، دمشق، دار الكتاب العربي، ١٩٩٠م.

ثانيًا : المراجع الأجنبية :

- Healy , Kieran, **Data Visualization: A Practical Introduction**, New Jersey(USA) , Princeton University Press, 2019.
- Kirk ,Andy , **Data Visualization: Representing Information on Modern Web**, Birmingham (UK), Packt Publishing, 2016.
- Munzner, Tamara , **Visualization Analysis and Design**, Florida(USA) , CRC Press, 2014.
- Wilke , Claus **, Fundamentals of Data Visualization**, California(USA), O'Reilly Media, 2019.

ثالثًا : الأَبْحاث والدَّوْرِيات العلميَّة:

- باسل، د.كل محمد، **الدرس الصوتي عند القدماء والمحدثين**، مجلة آفاق الثقافة والتراث (مركز جمعة الماجد للثقافة والتراث بدولة الإمارات العربية)، العدد(٧٢)، ديسمبر ٢٠١٠م.
- حساني، د.أحمد، **سلطة النَّسَق اللغوي بين اللغة العالمة واللغة المؤسسية**، مجلة جامعة الوصل بدولة الإمارات العربية، العدد (٦١)، مايو ٢٠٢١م.
- الطاهر، د.عاطف محمد عبد الله، **الأنساق الصوتية وأثرها في وضوح الدلالة في شعر الوصف عند البحتري**، مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم التربوية والإنسانية بجامعة بابل، العدد(٣٩)، حزيران ٢٠١٨م.
- محمود، د. محمد رأفت
  - **تقنيات المعالجة الآلية للغة وتطورها**، مجلة كلية الآداب بقنا -جامعة جنوب الوادي، العدد (٥٤)، ج١، يناير ٢٠٢٢م.
  - **التوظيف المعرفي لمخرجات المعالجة الآلية للغة العربية .. دراسة تحليلية في ضوء الفكر الحاسوبي المعاصر**، مجلة كلية الآداب -جامعة بورسعيد، العدد (٢٥)، ج١، يوليو ٢٠٢٣م.
- المطيري، د.دلال فراج، **النَّسَق الصوتي في قصيدة نكون أو ... لا نكون(مقاربة أسلوبية بنيوية)**، المجلة العربية للنشر العلمي بدولة قطر، العدد(٤٠)، شباط ٢٠٢٢م.
- مليكة، فولاني، **النَّسَق الصوتي في سورة مريم دراسة في نظام الفواصل**، رسالة دكتوراه، الجزائر، أدرار، جامعة أحمد دراية،٢٠٢٢م.
- منوفلي، إقبال عبد العزيز، **تاريخ الدرس الصوتي**، مجلة السعيد للعلوم الإنسانية والتطبيقية، العدد(١)، مجلد(٣)، يونيو ٢٠١٩م.

رابعًا : مَواقِع شَبكة المَعْلُومات الدَّوْليَّة "Internet" حتى يوليو ٢٠٢٤م :

- **https://archive.org**
- **https:// almaany.com**
- **www.alukah.net**
- **https://poe.com**
- **https://scholar.google.com.eg**
- **https://shamela.ws**
- **https://synonyms.reverso.net**

تمَّ بحمد الله

****