نموذج مقترح للتعرف الآلي

على مستويين من مستويات الأداء الصوتي القرآني المجوّد

أسماء جمال حمزة هاشم*[1], محسن رشوان**[2], مصطفى زكي التوني*[3]
جمال محمد طلبة*[4], أحمد محمد علي حسن*[5]

قسم اللغة العربية- كلية التربية, جامعة عين شمس
***قسم الالكترونيات والاتصالات- كلية الهندسة, جامعة القاهرة*
[1]asmaa25.gamal@gmail.com
[2] mrashwan@rdi-eg.com
[3] Mostafaaltony4@gmail.com
[4] gamal_toulba@edu.asu.edu.eg
[5]dr.ahmedzayedmmh@gmail.com

مستخلص: يتناول هذا البحث فكرة إعداد نموذج إحصائي يتعرف بشكل آلي على مستويين من مستويات الأداء الصوتي التنغيمي، التي يستخدمها قراء القرآن الكريم في تلاواتهم المجوّدة, كما يتناول محاولة اكتشاف نمط تنغيمى شائع لطبقات الصوت، يمكن أن يعبر عن كل منها، وذلك بالاعتماد على عينة من تسجيلات بعض القراء، تم انتقاؤها وفق معايير معينة، ثم تحليلها ومعالجتها آليا؛ لاستنباط النتائج.

الكلمات المفتاحية:

التعلم الآلي، نمط طبقة الصوت، مستويات الأداء الصوتي، التلاوة المجوَّدة.

أولا: المقدمة:

لقد كان في إمكان الحدس اللغوي العربي أن يتخيل جانبًا من علاقة الإنسان بالآلة، ولم يستبعد محاكاتها بعضَ قدراته اللغوية، وإنتاجها أصواتا تشبه أصوات الكلام البشري. يقول أبو الفتح عثمان بن جني (392 هـ): "أرأيْتَ لو أنَّ أحدَنَا عَمِل آلةً مُصوتةً، وحَرَّكَهَا، واحْتَذَى بِأَصْوَاتِهَا أَصْوَاتَ الْحُرُوفِ الْمُقَطَّعَةِ الْمَسْمُوعَةِ فِي كَلامِنا، أَكُنْتَ تُسَمِّيهِ مُتَكَلِّمًا وتُسَمِي تلك الأصواتَ كَلامًا؟ فَجَوَابُهُ أَلا تَكُونَ تِلْكَ الْأَصْوَاتُ كلامًا، وَلا المُصوِّتُ لَهَا مُتَكَلِّمًا. وَذَلِكَ أَنَّهُ لَيْسَ فِي قُوَّةِ الْبَشَرِ أَنْ يُورِدُوهُ بِالآلاتِ الَّتِي يَصْنَعُونَهَا عَلَى سَمْتِ الْحُرُوفِ الْمَنْطُوقِ بِهَا وَصُورَتِهَا فِي النَّفْسِ، لَعَجْزِهِمْ عَنْ ذَلِكَ، وإنَّمَا يَأْتُونَ بِأَصْواتٍ فِيهَا الشَّبَهُ الْيَسِيرِ مِنْ حُرُوفِنَا".[1]

وقد صدق حدس ابن جنى بنسبة كبيرة؛ إذ صنع البشر آلات يمكنها أن تحاكي بعض قدرات الإنسان اللغوية بنسب متفاوتة، وقاموا بعمليات استقراء وتحليل واستنباط وتوليد لأصوات الكلام. كما فرقوا بين الصوت الطبيعي، والصوت الصناعي المولد إحصائيا[2]، ومازال البحث جاريًا إلى أن تفهم الآلة الخصائص القاعدية (الدفينة) لصوت المتكلم، التي لا تتأثر بتغير الصوت أو السياق أو تقدم العمر.[3]

وعندما ذكر ابن جني مسألة (حذو) الآلةِ الأصواتَ البشرية؛ جَعَل (حركة) الصانع سببًا في إصدار هذه الأصوات عنها، ولكن في عصور متأخرة، ومع تطور الآلة؛ فطن بعض العلماء إلى أن (لغة الأرقام) هي مدخل تعليم الآلة، وأن ما يمكن تحويله رياضيًّا يمكن برمجته آليا. ومنذ

ثلاثينيات القرن الماضي، بشر عالم يدعى آلان تورنج، بإمكانية إنتاج آلة تحاكي في قدراتها كثيرا من قدرات البشر الذهنية.[4]

والأداء الصوتي ميدان، لا تعتدل نتائج البحث فيه إلا بأدوات خاصة ومعارف بينية مُفَسِّرة، وقد نجحت الآلة في التعرف الآلي على أهم خصائص أصوات اللغة؛ وفي مقدورها أن تتعرف آليا على خصائص الكلام الأدائية، كالنبر والتنغيم، إذا قُدمتْ لها البيانات المناسبة.

ومستويات الأداء الصوتي هي المقامات الصوتية المشهورة بين القراء في تنغيم الآيات القرآنية؛ لمناسبة المعاني التي تحملها الآيات, من حزن أو فرح أو وعد أو وعيد ..إلخ. ويشير لفظ (المقام) في اللغة، إلى معانٍ متعددة , منها: تسلسل النغم درجة فوق أخرى،[5] وفي اصطلاح المشتغلين بالأداء الصوتي من الموسيقيين، يعرف (المقام) بأنه مجموعة من النغمات، مرتبة ومبنية بعضها فوق بعض، إذ يتألف أساس المقام الواحد من ثمان درجات صوتية، متتابعة ومتسلسلة؛ بحيث تكون الدرجة الصوتية الثامنة (وتسمى الجواب)، تكرارًا للدرجة الأولى (وتسمى القرار)، ويسمون هذه الدرجات الثمانية ديوانا. [6]

ولقد اختار البحث تسميتها بمستويات الأداء الأصواتي، لأن هذه التسمية أقرب لأجواء الدرس الصوتي القرآني، من التسمية الأخرى التي يختص بها الدرس الموسيقي, ذلك من جهة, ومن جهة أخرى لعدم وجود دراسة تجريبية لغوية تؤكد امتثال القراء فعلا لقواعد المقامات من عدمه.

والسؤال الذي يفترض أن يجيب عليه هذا البحث: هل يمكن للحاسوب أن يتكشف الفروق بين المستويات الأدائية في التلاوات المُجَوَّدة؟ وهل يمكن أن نصل إلى نمط شائع من المنحنيات التي تمثل طبقات الصوت، يمكن أن يعبر عن كيانات هذه المستويات؟

1. أهداف البحث:

1) بناء نموذج إحصائي مقترح للتمييز بين مستويين مشهورين من مستويات الأداء القرآني المجوّد، قائم على التعلم الآلي.
2) استكشاف نمط طبقة الصوت الذي يمكن أن يعبر عن كل مستوى أدائي على حدة.
3) استثمار النتائج في استنباط خصائص الأداء الصوتي القرآني, بوصفه فنًّا خاصًا, له معايير توصيفه الخاصة.
4) استثمار النتائج في بناء تطبيقات لفكرة مستويات الأداء الصوتي, على سائر فنون الأداء اللغوي, كالإلقاء الشعري, والخطابة, وكل ما يُتوخى فيه عنصر الإقناع, اعتمادًا على النغم.

2. منهج البحث:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي الحاسوبي في مرحلتي إعداد وتحليل المدونة، وعلى المنهج الإحصائي الحاسوبي في المرحلة الأخيرة من بناء النموذج الإحصائي المقترح للتعرف الآلي على مستويين من الأداء القرآني.

3. خطة البحث:

يشتمل البحث على العناصر الآتية:

1) منهجية بناء أداة للتعرف الآلي على مستويين من الأداء القرآني المجوّد.

2) استنباط نمط طبقة الصوت لمستويين من الأداء القرآني المجوّد.

ثانيا: بناء أداة للتعرف الآلي على مستويين من الأداء:

يُمكن للعقل البشري أن يتعرف على سيارة من صورة فوتوغرافية، ويمكن أن يدرك ما تحتويه الصورة لأول وهلة، حتى وإن لم تكن واضحة؛ ذلك لأننا نمتلك صورا ذهنية متعددة لشكل السيارة، ومكوناتها الأساسية، ولكن الأمر قد يبدو أكثر تعقيدا بالنسبة للعقل الإلكتروني؛ فلو عُرض على الحاسوب صورة سيارة، لا يمكنه التعرف عليها إلا بعد أن يُمَرَّرَ عليه عددٌ كبيرٌ من صور السيارات؛ فيستنتج – إحصائيا - العوامل المشتركة بين هذه الصور جميعا، يستطيع،

ويشير مصطلح التعلم الآلي Machine learning إلى قدرة الآلات الإلكترونية على تعليم نفسها بنفسها؛ بحيث يستطيع الحاسوب قراءة النصوص التعليمية عن مجال معرفة معين، وتمثيل المعلومات بنظام من الرموز المناسبة، والاستنتاج، والتعميم، واستخلاص مضمون النص وحفظه، ووضع مسائل للتمرين وحلها وتحليلها.[7]

وهو فرع من فروع الذكاء الاصطناعي Artificial Intelligence وهو علم من علوم الحاسوب، يبحث في ماهية الذكاء البشري، ويهدف إلى تحديد الأصول والآليات العامة التي تقوم عليها عمليات التفكير، بهدف تطويع الآلة لمحاكاة الذكاء البشري.[8]

لذلك كان يُفترض بالدراسة أن تقدم للحاسوب نماذج متشابهة ومتعددة من التسجيلات الصوتية، التي تمثل بعض مستويات الأداء.

ويمكن إجمال خطوات تجربة لبناء نموذج إحصائي مبسط للتعرف الآلي على مستويين من الأداء القرآني، في ثلاث مراحل هي:

1. إعداد البيانات الخاصة بالتجربة (التسجيلات).
2. تحليل البيانات لاستخراج المعلومات (الخصائص الصوتية).
3. تشغيل الخوارزمية وبناء النموذج والتعرف الآلي واستخلاص النتائج.

1. مرحلة إعداد البيانات ومعايير بنائها:

تمثل البيانات في هذه التجربة مجموعةٌ من التسجيلات الصوتية، اشترط فيها: وحدة مكان وأدوات التسجيل، ووحدة الموضع المقروء من الآيات، ووحدة وقفات الجمل الصوتية، ومعايير جودة الصوت، على أن تكون القراءة من مستويين من مستويات الأداء الصوتي المشهورة بين القراء، وأن تكون التلاوة مجوّدة: أي تتميز بالتحقيق والثراء النغمي، بخلاف التلاوة المرتلة.

فتم إعداد التسجيلات لخمسة قراء مجيدين للأداء الصوتي[1]؛ يقرأ كل منهم سورة (الرحمن)، من مستويين مختلفين من الأداء هما: (أ), (ب)[2] ؛ وأصبح حاصل أداءات الآيات المقروءة (840) جملة صوتية.

وقد لجأ البحث إلى بناء عينة خاصة للتجريب؛ لعدم ملاءمة التسجيلات الشائعة للقراء، لمعايير النقاء الصوتي، كخلوها من الاقتصاص clipping، أو عدم وصول حيز الترددات إلى 8000 هرتز، من ناحية، ومن ناحية أخرى لصعوبة التوفيق بينها في الوقفات والقراءة من مقام واحد.

2. مرحلة تحليل البيانات (التحليل الصوتي والإحصائي لمدونة التجريب):

بعد بناء التسجيلات وفق المعايير السابقة، عُولجت ببعض برامج التحليل الصوتي؛ حيث تم فصل كل تسجيل من التسجيلات إلى جمل صوتية، باستخدام برنامج Cool Edit Pro، ثم تم التعامل مع كل جملة صوتية على حدة؛ لاستخلاص قيم الخصائص الصوتية الفيزيائية لكل منها، وهي: طول الصوت Duration، والنغمة Pitch (كبرى وصغرى ومتوسط)، وشدة الصوت Intensity (كبرى وصغرى ومتوسط)، والحزم الصوتية Formants (F1،F2،F3،F4)،[9] باستخدام برنامج Praat، ثم جُدولت المعلومات المستخرجة من التسجيلات في ملفات برنامج Excel. وكان من المفيد أن تبدأ التجربة بقارئ واحد؛ لاستشراف النتائج الأولية.

1) التجربة التمهيدية:

بدأت التجربة بتحليل تسجيلات المستويين الأدائيين (أ، وب) بصوت قارئ واحد؛ حيث اتخذ التحليل الصوتي مساره المنهجي بدءا من فصل تسجيلات السورة كاملة إلى جمل صوتية، ثم التعامل مع كل جملة صوتية؛ لاستخلاص الخصائص الفيزيائية لكل مقطع صوتي syllable من المقاطع المكونة لكلمات الجملة الصوتية الواحدة. وتبع ذلك رصد قيم التحليل الصوتي في ملف Excel، ثم أجرى التحليل الإحصائي المقارن بين قيم التحليل الخاصة بكل جملة صوتية، في تسجيلات المستويين الأدائيين للقارئ.

يبين جدول(1) نموذج من جداول Excel لقيم التحليل الصوتي لجمل كل مستوى أدائي. حيث تشير حقول الجدول إلى القارئ, والسورة, وتحليل الخصائص الفيزيائية للمقاطع الصوتية: (بِسْ/مِلْ/لا/هِرْ/رَحْ/مَا/نِرْ/رَ/حِي/مِرْ/رَحْ/مَانْ), من الجملة الصوتية (بِسْمِ اللهِ الرَّحْمنِ الرَّحِيمِ. الرَّحْمَنْ) المقروءة من المستوى الأدائي (أ) أو حجاز.

ثم قورنت متوسطات قيم تحليل الخصائص الصوتية لمقاطع الجملة الواحدة، في الأدائين؛ واحدة بواحدة واثنتان باثنتين وثلاثة بثلاثة.. وهكذا؛ حيث تم حساب الفروق Differences بينها، ثم حساب المتوسط Average، وهكذا **في كل الجمل الصوتية**؛ بغرض الوقوف على قدر معين من

(1) تمت التسجيلات باستوديو (صوت القرآن) بمدينة طنطا، محافظة الغربية، أشرف عليها المهندس / شادي طه محمد عبد الوهاب، والقراء من تلامذة الدكتور/ طه عبد الوهاب الخبير الدولي في مقامات الأداء القرآني، والحاصل على درجة الدكنوراه في المقامات القرآنية من جامعة الحضارة الإسلامية ببيروت ، عام 2016، عمل محكما في مسابقات محلية ودولية، وقدم عددا من الدورات التدريبية في اليمن ولبنان و السعودية.

(2) يطلق على المستويين بين المختصين بالمقامات بين القراء : حجاز , ونهاوند, وقمت بالرمز للحجاز بـ(أ), وللنهاوند بـ(ب).

المقاطع أو الجمل الصوتية، يمكن أن يُظهر اطرادًا لنسب المتوسطات، ومن ثم نكتشف أهم الخصائص الصوتية الفارقة بين أداء هذين المستويين عند هذا القارئ.

جدول (1)

نموذج لقيم التحليل الصوتي لجملة الصوتية على مستوى المقطع

Reciter	Surah	Voice syllable	Verse	Duration	Intensity			Pitch			Formants				Level
					maximum	minimum	average	maximum	minimum	average	F1	F2	F3	F4	
أحمد محمد علي	الرحمن	بِسْ	ب	0.290028	75.24542	44.07472	70.40876	175.5469	110.5726	145.3708	947.2637	2468.376	3436.624	4385.665	hegaz
أحمد محمد علي	الرحمن	مِلْ	ب	0.541213	71.39738	60.71115	68.60037	189.3068	168.653	182.3894	369.2331	2223.569	2843.381	3786.134	hegaz
أحمد محمد علي	الرحمن	لَ	ب	0.810524	79.24476	71.1442	77.07618	281.9044	189.3068	248.6467	675.5491	1644.056	2854.554	3920.408	hegaz
أحمد محمد علي	الرحمن	هِرْ	ب	0.77945	77.3303	61.93722	74.40111	278.532	217.7994	269.3212	592.3929	1782.87	2766.031	3931.283	hegaz
أحمد محمد علي	الرحمن	رَحْ	ب	0.341818	78.42115	52.05117	75.36035	290.7661	182.2381	274.5124	749.5911	1704.973	2997.859	4024.374	hegaz
أحمد محمد علي	الرحمن	مَ	ب	1.084048	78.49304	53.92936	75.11861	291.6559	183.0309	253.4481	669.4228	1670.511	2912.394	3913.334	hegaz
أحمد محمد علي	الرحمن	نِ	ب	0.706943	77.66484	67.82735	73.75893	283.1062	239.3459	261.4554	576.0852	1500.897	2648.624	3828.903	hegaz
أحمد محمد علي	الرحمن	رَ	ب	0.308155	78.98069	64.62263	76.87244	243.2918	222.9958	233.8625	768.6843	1426.652	2832.631	3860.074	hegaz
أحمد محمد علي	الرحمن	حِي	ب	1.091489	74.13375	55.44843	71.71146	281.0828	191.6184	260.1107	439.5734	2211.275	2589.436	3855.133	hegaz
أحمد محمد علي	الرحمن	مِ	ب،١	0.817302	76.74841	69.72506	74.34946	286.5446	266.9341	276.3138	602.9318	1563.159	2653.743	3802.598	hegaz
أحمد محمد علي	الرحمن	رَحْ	1	0.381408	79.67932	51.81267	74.86214	284.4369	202.0624	270.7019	767.0356	1653.669	2946.659	3925.069	hegaz
أحمد محمد علي	الرحمن	مَنْ	1	2.150133	79.61842	27.76454	75.87345	301.526	158.9399	238.6894	615.7336	1635.878	2889.761	3936.54	hegaz

وأشارت النتائج الأولية إلى ما يأتي:

أ- لم تُظهر المقارنة بين المستويين الأدائيين عند القارئ الأول، نتيجةً مميزة لنسب الاختلاف، إلا بعد مقارنة متوسطات ناتج تحليل مجموعة مقاطع صوتية كبيرة (عدة جمل صوتية)، لا المقاطع الصغيرة syllable؛ الأمر الذي يُثَمِّن ما ذهب إليه الدكتورعبد الرحمن أيوب من أن دراسة الظواهر الأدائية قد لا تحتاج إلى تحليل صوتي على مستوى الفونيمات بالضرورة، واعتبارها أصغر وحدة في التحليل الصوتي، وأن ذلك قد لا يكون مفيدا في دراسة قضايا مثل: النبر والتنغيم؛[10] ومن ثم فقد آثر الاعتماد على التقسيم المقطعي في تحليل الحدث اللغوي، باعتبار السكوت السابق واللاحق علامتين ماديتين، يمكن بهما تبرير تحليل الكلام إلى أحداث لغوية.[11]

وتضيف الدراسة بهذه النتيجة أن التحليل باعتبار المقاطع الصوتية واستخلاص خصائصها الفيزيائية، لا يُظهر كذلك فارقًا جوهريًّا في دراسة قضية مستويات الأداء القرآني التنغيمي، وأنه يمكن اعتبار (الجملة الصوتية) أساس تحليل الظواهر الأدائية وأهمها التنغيم، كما الحال في ظاهرة المستويات الأدائية في التلاوة المجودة للقرآن الكريم.

ب- تشكل خاصية درجة الصوت Pitch فارقًا ظاهرًا بين الأداءين، وتعد أكثر الخصائص الفيزيائية تمييزا بين المستويين، ولا يشكل مدى أو طول الصوت Durationعاملا فارقا بينهما، ولا ينفي ذلك أهميته في تحقيق انسجام تنغيم الكلام بوجه عام، الذي قد يتطلب أحيانا طول بعض الأصوات، وقصر البعض الآخر، كما ذهب الدكتور إبراهيم أنيس.[12]

ت- يلي خاصية درجة الصوت في التمييز بين المستويين، خاصية الحزم الصوتية Formants، وتحديدا الحزمة الأولى (F1)، وتوافق النتيجة – نسبيا - ما ذكره بعض

العلماء من أن الحزمتين الأوليين، يُستهلك فيهما معظم طاقة الصوت، كما أنهما يُعينان على معرفة الصوت.[13]

ث- وصلت نسبة دقة التعرف الآلي على المستويين إلى 85% في التجربة الأولى على القارئ الأول.

2) التجربة كاملة:

كُررت خطوات التجربة على باقي القراء؛ حتى يمكن استخلاص تعميمات للنتائج الأولية السابقة، واختبار نسبة دقة التعرف الآلي على عدد أكبر من القراء.

ولأنه كان من الصعب الوصول إلى فوارق ظاهرة إلا بعد مقارنة عدة جمل صوتية، جرى التحليل على استخلاص خصائص (الجملة الصوتية الواحدة)، ويقصد بالجملة الصوتية، تلك السلسة الكلامية التي يسبقها سكوت ويتبعها سكوت، حتى وإن كانت كلمة واحدة أو مجموعة من الآيات.

ولم يتم الاعتماد على المقطع الصوتي syllable كما جرى في بداية التجربة مع القارئ الأول. واستُكمل تحليل عدد 840 جملة صوتية، هي حاصل جملة الآيات المقروءة بالمستويين عند الخمسة قراء، بالخطوات ذاتها المذكورة آنفا، ورصدت قيم تحليل الجمل عند كل قارئ في جدول إكسل، كما في جدول (2):

جدول (2)

نموذج لقيم التحليل الصوتي على مستوى الجملة الصوتية

sequence	Duration	Intensity			Pitch			Formants				Level
		maximum	minimum	average	maximum	minimum	average	F1	F2	F3	F4	
1	8.715374	80.00734	-335.655	75.6479	214.2433	75.63196	167.9341	546.6269	1931.795	2986.087	3787.791	hegaz
2	11.828	84.37318	-334.233	75.8335	216.1809	88.60166	149.1512	592.0215	1740.21	2912.3	3764.007	hegaz
3	8.590862	82.48522	-331.416	78.27229	476.0181	75.23932	196.7703	654.5961	1630.845	3187.483	3853.126	hegaz
4	8.839864	83.89143	-332.425	79.27416	272.4352	84.39882	211.5867	625.2988	1669.25	3065.557	3798.919	hegaz
5	9.213379	83.28812	-330.876	78.76168	240.4272	77.50745	160.8755	625.2417	1635.603	2961.283	3709.546	hegaz
6	23.03347	85.60617	-331.624	80.54344	295.0076	75.5189	209.7547	601.5207	1583.018	2889.098	3782.772	hegaz
7	7.71932	80.906	-331.255	76.79778	216.8009	75.42436	164.9116	678.5855	1688.676	3132.565	3835.199	hegaz
8	9.462404	81.62799	-332.102	75.07786	187.3277	109.5228	135.7011	690.2289	1836.541	3108.753	3820.217	hegaz
9	17.92875	86.65071	-332.082	81.44639	467.4496	117.667	222.9236	745.37	1670.593	2840.221	3804.656	hegaz
10	10.20943	85.43263	-332.325	80.23669	275.0924	76.69131	215.9172	680.2497	1804.258	3040.257	3753.625	hegaz

ويعبر عمود (sequence) في جدول (2) عن تحليل خصائص مجموعة من الجمل الصوتية تعبر عنها الأرقام (1:10)، كل جملة على حدة, مقروءة من المستوى الأدائي(أ), وذلك بدلا من التحليل على مستوى المقطع الصوتي في التجربة التمهيدية.

وأصبح إجمالي الجمل المقروءة من المستوى الأدائي (أ) عند الخمسة قراء 420 جملة صوتية، وبعد تحليل المعلومات المستخرجة منها؛ قورنت بمعلومات 420 جملة صوتية مقروءة

من المستوى الأدائي (ب)، في التجربة الكاملة, عولجت جميعا بالخطوات ذاتها المتبعة في التجربة التمهيدية.

وبذلك تنتهي إجراءات المرحلة الثانية من تحليل للبيانات, واستنباط معلوماتها, تمهيدا للمرحلة الثالثة.

3. مرحلة تشغيل الخوارزمية Algorithm وبناء النموذج الإحصائي:

عندما يُقْدِمُ المعلم على دخول قاعة الدرس، فإنه يتهيأ لذلك بالتحضير لخطة استراتيجية، يُفترض أن يسير عليها بخطوات متسلسلة، تتوافق مع موضوع الدرس، فيعد لذلك تهيئة مناسبة، ثم يرتب وسائل العرض، فإن نجح في تحقيق الهدف, فإن ذلك يعني أنه أحسن انتقاء استراتيجيته، وإذا فشل يفترض به أن يغيرها أو يعدلها؛ سعيًّا إلى تحقيق المراد. كذلك الحال مع الحاسوب، إذا أردت تعليمه مهارة معينة، فعليك انتقاء الاستراتيجية الرياضية المناسبة، أو بمعنى آخر مجموعة الخطوات المتسلسلة التي سيقوم بها بترتيب معين، ولأنه لا يفهم سوى لغة المنطق: نعم ولا (1،0)؛ فستحتاج إلى وسيط يقوم بنقل محتوى ما تهدف إليه بخطوات محددة ومتسلسلة، كي يفهمك الحاسوب.

فماذا يطلقون على هذه الاستراتيجية الرياضية؟ وما هو الوسيط؟

يعني مصطلح الخوارزمية في مجال برمجة الحاسوب تحديدا دقيقا لطريقة حل مشكلة أو مسألة آليا، بسلسلة خطوات محددة الترتيب ومحدودة العدد؛ تنتهي إما بحل المشكلة أو بإثبات أنها غير قابلة للحل. ولكي يفهم الحاسوب الخوارزمية فإنها تُصاغ بلغة من لغات برمجة الحاسوب (الوسيط)، في شكل برنامج Program كي تساعده في حل المشكلة. مع ملاحظة أن الخوارزمية الواحدة يمكن أن تُكتب بعدة لغات برمجة فتصبح برنامجا في كل من هذه اللغات.[14]

وتتباين الخوارزميات وتتعدد حسب الأهداف المرجوة منها، والميادين المخصصة لذلك. ويستعين الباحثون في ميدان التعرف الآلي على ضرب من الخوارزميات يسمى المصنفات الإحصائية Classifiers، يتم بها تصنيف البيانات المُدخلة إلى الحاسوب؛ لمساعدته على فهمها إحصائيا. مثل: نماذج ماركوف المُخفاة Hidden Markov Models (HMMs) , والشبكات العصبية المتكررة Recurrent Neural Networks (RNNs) , وشبكات الذاكرة طويلة قصيرة المدى Long Short Term Memory networks (LSTMs), وآليات المتجهات الداعمة Support Vector Machines (SVMs).

ولقد اعتمدت الدراسة على Support Vector Machines (SVMs) في تصنيف البيانات؛ نظرا لأنها أكثر مناسبة للتعامل مع المدونات ذات البيانات والأعداد القليلة . ورغم دقة وجودة المصنفات السابقة في التعامل مع البيانات -عموما - والبيانات الصوتية ضمنا, إلا أنها تحتاج إلى كمية كبيرة من البيانات (100 -50 ساعة صوتية)؛ لتعطي أفضل نتائج.

لذلك استعاض البحث عن استخدام المصنفات من غير ال(SVMs), باعتماد التحليل الصوتي على سياق متتابع ومتكامل من المقاطع الصوتية, تمثله الجملة الصوتية , بوصفها وحدة للتحليل؛ لصغر حجم عينة بيانات البحث.

ويمكن إجمال خطوات التعلم الآلي بشكل عام في أربع خطوات، هي: تجهيز البيانات المستهدفة لتعلم المهارة واختبار ناتج التعلم، ثم تحليل البيانات لاستخراج معلومات منها، ثم اختيار الخوارزمية المناسبة لعرض المعلومات على الحاسوب من خلال الوسيط المناسب (لغة البرمجة)، وأخيرا إنشاء النموذج الإحصائي.

وقد سبق عرض اجتياز الخطوتين الأوليين، في المرحلتين الأوليين من بناء النموذج المقترح، وفيما يأتي استكمال الخطوتين الأخريين، وعرض المرحلة الثالثة، والتي تبدأ باختيار الخوارزمية، وفهم آليات عملها والوسيط المناسب لتشغيلها.

1) آليات المتجهات الداعمة Support Vector Machines:

هي إحدى المصنفات الإحصائية للبيانات، وتُعد من الخوارزميات الخطية؛ حيث إن فكرة عملها الفصل بين نوعين من البيانات من خلال خط على المستوى.[15] ومن أهم تطبيقاتها: تصنيف Classificationالبيانات إلى فئات، والتنبؤ Regression بقيم معينة، والتنبؤ بالقيم الغريبة أو الشاذة Outlier detection كما في مجال الشبكات واكتشاف مخترقيها، والعنقدة Clustering.[16]

اعتمدت الدراسة على هذه التقنية في التجربة بوصفها مُصَنِّفًا Classifier؛ حيث تعمل من خلال مجموعتين من البيانات، إحداهما للتدريب والأخرى للاختبار، وكل نموذج في مجموعة التدريب يحتوي على قيمة مستهدفة Target Value واحدة، كما يحتوي كل نموذج على سمات Attributes مثل الخصائص أو المتغيرات الملاحظة، بغرض إنتاج نموذج يمكنه التنبؤ بالقيم المستهدفة.[17]

ويعبر المستوى الأدائي(المقام) عن القيمة المستهدفة Target Value بالتعلم من هذه التجربة، كما تعبر الخصائص الفيزيائية المستخرجة من تحليل الصوت، عن السمات Attributes التي يحتويها كل نموذج.

2) كيف تتم عملية التدريب Training؟

عند بناء النموذج الإحصائي، يتم تعليم الحاسوب الأنماط المميِّزة لكل نوع من البيانات المطلوب التعرف عليها، في مرحلة التصنيف Classification، وضبط متغيراتها؛ لتعبر عن الخواص العامة لتلك البيانات؛ حتى يقوم بالتنبؤ بالقيم.Regression

حيث يتم في مرحلة التدريب تقديم بيانات مُوَسَّمَة للحاسوب، معروفة النتائج responses، هذه النتائج يمكن أن تكون تسميات لفئات معينة Class labels.

ثم يقوم النموذج باستخدام المعرفة التي اكتسبها في التدريب في عملية التنبؤ بالقيمة للعينات الجديدة؛ حيث تقدم للنموذج بيانات جديدة، ثم يقوم النموذج بعرض المخرج Output الذي هو النتائج المتوقعة Predicted response، الذي يمكن أن يمثل نوع الفئة أو القسم Class الذي نريد معرفته.[18]

وتكمن مهمة خوارزميات (SVM) في أنها تقوم بتوسيم العينة إلى نوعها، كما أنها تناسب الأعداد القليلة من البيانات.[19]

ومن ثم فقد تم تحليل الخصائص المميزة لكل مستوى أدائي في المرحلة الأولى، وتوسيمها بالمستوى الذي تنتمي إليه، ثم تم تقسيم مدونة التجربة إلى ثلاثة أقسام، هي: (train، dev، test) الأول: لتدريب الحاسوب لبناء النموذج الإحصائي، وهو الأكبر حجما، والثاني: لاختبار دقة تنبؤات الأداة المنتجة، والثالث لتطويرها في المستقبل.

وفيما يأتي تفصيل لآليات عمل الخوارزمية المتبعة في التصنيف والتنبؤ، وأهم البرمجيات التي اعتمدت عليها.

3) البرمجيات المعتمدة لتشغيل الخوارزمية:

سبقت الإشارة إلى أن البيانات التي تتم معالجتها في أي مشكلة بحثية، تحتاج إلى تحليل وتنظيم؛ للحصول منها على معلومات، وتحتاج هذه المعلومات إلى وسيط أو مترجم يقوم بتحويلها إلى لغة الحاسوب التي يفهمها (1،0)؛ بحيث يحمل الخطوات المحددة المتسلسلة الخاصة بالخوارزمية التي يُعوَّل عليها في الدراسة. لذلك؛ فقد ترتب على استخدام خوارزمية SVM؛ الاعتماد على البرمجيات الآتية:

أ. نظام تشغيل أوبنتو Ubuntu:

يعد أحد أكثر أنظمة لينكس Linuxانتشارا، وهو أحد البرمجيات الحرة (المجانية) أو مفتوحة المصدر، ومن مميزاته سهولة الاستخدام والتثبيت، ومقاومة الفيروسات، ويمكن تثبيته بجانب ويندوز أو أي نظام آخر.[20]

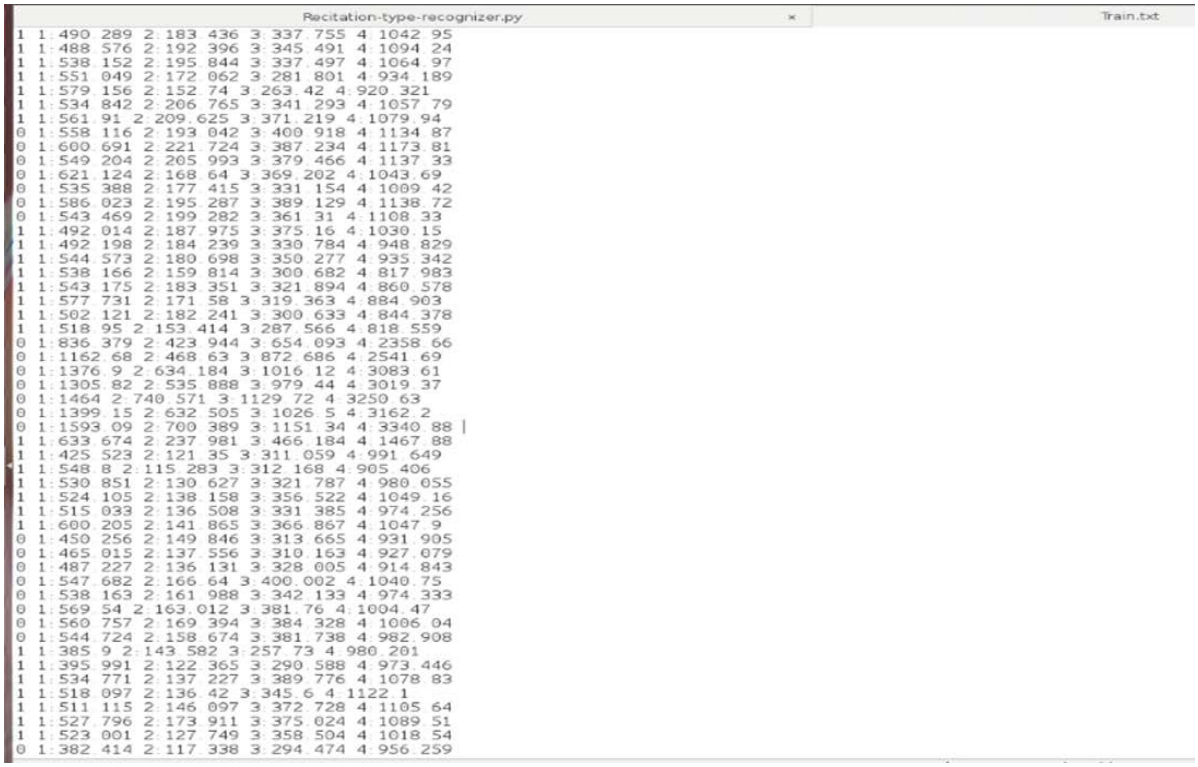
ب. لغة البرمجة بايثون Python:

هي أحد أسهل وأشهر لغات البرمجة، التي يكثر استخدامها في التعامل مع النصوص المكتوبة أو المنطوقة؛ لاستخراج معلومات إحصائية منها، ومن أهم مميزاتها أن الدوال المستخدمة فيها تُكتب باللغة الإنجليزية في صورة أكواد بسيطة، كما أنها يمكن أن تعمل مع أنظمة التشغيل المختلفة: Windows،Linux، Mac . وتعد من البرمجيات الحرة ومفتوحة المصدر Open Source Soft-ware؛ بمعنى أنها تقبل التعديل والتطوير ومتاحة ومجانية.[21] ومن أدوات لغة البايثون التي اعتُمد عليها في الدراسة أداة NumPy وهي أحد العمليات المستخدمة في لغة البايثون، وتهدف إلى اختصار العمل على القوائم lists التي تحتوي على القيم الرياضية بأقل عدد من السطور.[22]

كذلك جرى الاعتماد على مكتبة Scikit learn، وهي إحدى مكتبات تعليم الآلة بلغة البايثون، وتحتوي على العديد من الخوارزميات، والطرق المستخدمة في مجال تعليم الالة مثل: التصنيف classification، والعنقدة clustering، والاستنباط regression، بالإضافة إلى استخدامها في مرحلة تجهيز البيانات، وتقييم النماذج، ويتم بناؤها بالاعتماد على مكتبات SciPy، NumPY،Matplotlib . [23]

4) خطوات بناء النموذج الإحصائي باستخدام خوارزمية آليات المتجهات الداعمة Support Vector Machines:

أ. تجهيز قاعدة بيانات التسجيلات الصوتية الخاصة بالخمسة قراء، بعد معالجتها باستخدام أدوات التحليل الصوتي والإحصائي، بالخطوات السابقة، ثم استخراج المعلومات الصوتية منها (خصائص التحليل الفيزيائي للصوت)؛ وهي المرحلة الأولى (التحليل الصوتي والإحصائي)؛ ثم تم تحويل هذه المعلومات المصفوفة في ملفات الExcel (المرحلة الثانية استخراج المعلومات)، إلى الهيئة التي يفهمها الحاسوب، وذلك بعرضها في شكل أعمدة ورموز باستخدام لغة البرمجة c++. كما في شكل (1):



شكل (1)

Train.txt

حيث يشير العمود الأول من جهة اليسار إلى نوع المستوى الأدائي (المقام)، أما بقية الأعمدة، ذوات الترقيم:1 و:2 و:3 و:4، فتمثل قيمها متوسط كل تسع خانات متتالية من من قيم أعمدة درجة الصوت، والحزمة الأولى من الحزم الصوتية في ملفات الإكسيل المدخل فيها بيانات التحليل الخاصة بالمستويين، كما يلى على الترتيب:

1: maximum pitch
2: minimum pitch
3: average pitch
4: F1

ب. تحميل مجموعة من البرمجيات والأدوات هي: (python) و(NumPy.) و(SciPy) و(pip) و(scikit-learn).

ت. استدعاء الملفات المطلوب إجراء (SVM)عليها، وهي: train.txt وtest.txt وdev.txt باستخدام بعض الأكواد المكتوبة بلغة البرمجة python. واستُخدمت بيانات الtrain في تعليم النموذج لتعيين المستوى الأدائي.

Recitation-type-recognizer.py | Train.txt | Dev.txt | Test.txt | Recitation-type-recognizer.py

```
#!/usr/bin/env python

# Apache 2.0

import sklearn
from sklearn import svm
from sklearn import metrics
from sklearn.datasets import load_svmlight_file
X_train_Pitch_only_without, y_train_Pitch_only_without = load_svmlight_file("/home/rdi/Hegaz-and-Nahawand/pitch-only/Pitch-only/train-Pitch-only-without-avg-60.txt")
X_Dev_Pitch_only_without, y_Dev_Pitch_only_without = load_svmlight_file("/home/rdi/Hegaz-and-Nahawand/pitch-only/Pitch-only/dev-Pitch-only-without-avg-60.txt")
clfpoly2 = svm.SVC(kernel='poly', degree=2)
clfpoly2.fit(X_train_Pitch_only_without,y_train_Pitch_only_without)
y_pred_clf_dev = clfpoly2.predict(X_Dev_Pitch_only_without)
print("Accuracy:",metrics.accuracy_score(y_Dev_Pitch_only_without, y_pred_clf_dev))
X_test_Pitch_only_without, y_test_Pitch_only_without = load_svmlight_file("/home/rdi/Hegaz-and-Nahawand/pitch-only/Pitch-only/test-Pitch-only-without-avg-60.txt")
y_pred_clf_test = clfpoly2.predict(X_test_Pitch_only_without)
print("Accuracy:",metrics.accuracy_score(y_test_Pitch_only_without, y_pred_clf_test))
```

شكل (2)
الأوامر المكتوبة بلغة بايثون لاستدعاء SVM، وحساب الدقة

ث. استخلاص نسبة دقة Accuracy التعرف الآلي للنموذج الإحصائي على المستويين (أ)، و(ب). بالخطوات الآتية:

أ) استدعاء مكتبة (scikit-learn) من بايثون، ثم استدعاء خوارزميات (SVM) بواسطتها، حيث تقوم بعملية التصنيف classification في ضوء المعلومات المستخرجة من البيانات، ثم استدعاء إحدى الدوال function تدعى (Metrics)، التي تعين على تحديد القيم والأرقام بشكل يسهل من استدعاء ملفات البيانات منها، وهي: ملف التدريب train.txt، وملف Dev.txt أو الاستنباط deviation، وملف الاختبار test.txt؛ لتحميلها.

ب) إدخال البيانات الممثلة في ملفات الإكسل التي تحتوي على الخصائص الصوتية لكل جمل العينة، في (x)، ووضع التوسيمات Labels(اسم المستوى الأدائي أو المقام) في (y).

ت) بعد تحميل الملفات وقيام النموذج بالتنبؤ predictions بالتوسيمات Labels الموجودة في (y) أو نوع المستوى الأدائي، يتم استدعاء دالة metrics مرة أخرى؛ لحساب الدقة accuracy في dev.txt والtrain.txt، بين تنبؤات النموذج، وبين التوسيمات labels الصحيحة في (y).

ث) ثم يقوم بعمل prediction لبيانات الاختبار الموجودة في (x)، وبنفس الطريقة، يقوم بقياس الدقة، بينها وما بين التوسيم الصحيح الموجود في (y).

نتائج التجريب:

وصلت دقة النموذج الإحصائي المقترح في التعرف الآلي على مستويين من الأداء (أ) و(ب) إلى **80%**، وذلك على مستوى عينات التدريب والاختبار والتطوير.

مع ملاحظة أن التجربة بحاجة إلى استكمال وتطوير؛ وذلك على باقي مستويات الأداء المشهورة بين القراء، ليخرج النموذج بالشكل المكتمل-كغيره من البرامج والتطبيقات اللغوية - وهو عمل مؤسسي ليس بمقدور فرد واحد أن يقوم به. ورغم أن النسبة التي خرجت بها التجربة قد تكون جيدة، إلا أن الأمر الذي قامت به الباحثة لا يعدو إلقاء حجر في بحيرة، ربما لم يلتفت إليها أحد بالتجريب.

ثالثا: استنباط نمط طبقة الصوت Pitch contour لمستويين من الأداء الصوتي:

يعد نمط طبقة الصوت pitch contourأحد العوامل المميزة بين الأداءات اللغوية المختلفة، ومن ثم حاولت الدراسة الكشف عن إمكانية الوصول إلى نمط متكرر ثابت أو شائع common pattern، يمكن أن يعبر عن كل من المستوى الأدائيين في التجربة السابقة، بوصفه عاملا آخر في التفرقة بين مستويات الأداء الصوتي.

1. طبقة الصوت Pitch

تناول اللغويون مصطلح طبقة/درجة الصوت في إطار دراساتهم لظاهرتي التنغيم؛ حيث ذُكر أن التنغيم هو ذلك الإطار الصوتي الذي تتابع فيه الدرجات الصوتية المختلفة ارتفاعا وانخفاضا بشكل مطرد؛ للدلالة على المعاني المختلفة للجملة الواحدة.[24]

وقد فرق بعضهم بين مصطلحي النغمة والتنغيم، بأن النغمة Tone تكون على مستوى الكلمة المفردة، في مثل: (نعم، لا)، وأن التنغيم Intonation يكون على مستوى الجملة.[25] لذلك يعرف التنغيم بأنه تغير منتظم في الصوت من حيث ارتفاعه وانخفاضه، وطبقته ومدته على مستوى الجملة ككل، يرتبط بدرجة الصوت، لإبراز جزء من الكلام أو تمييز نوع الجملة.[26] ويعد المصطلحان (التنغيم والنغمة) أعم من مصطلح درجة الصوت pitch، إذ تُدرس طبقة أو درجة الصوت pitch في إطار مصطلحي.intonation،tone [27]

ويُطلق مصطلح طبقة الصوت Pitch على الذبذبات الرئيسية Fundamental Frequencies (F0) للمقاطع المتتابعة في التعبير.[28]

وقد أشار علماء اللغة المحدثين إلى تنوع درجات الصوت أو النغمات، ما بين هابطة إلى أسفل، وصاعدة إلى أعلى، وثابتة، مستوية،[29] كما حددوا الوظيفة الصوتية للتنغيم بأنها النسق الأصواتي الذي يستنبط التنغيم منه [30]. وقاموا بتصنيفها وتقسيمها حسب تنوع معاني الأساليب اللغوية. ومنهم من سماها نماذج وبعض آخر سماها أنماطا. [31]

2. نمط طبقة الصوت Pitch Contourوتردد النغمة الأساسية F0

تدل كلمة Contourفي أصل وضعها على الرسم في شكل منحرف أو متعرج، وتترجم إلى (منحنى تطريزي)، ويستخدم المصطلح في علم الأصوات الوظيفي، في مجال الملامح التطريزية؛ للإشارة إلى درجة الصوت والنبر في الكلام المنطوق.[32] ويعبر فيزيائيا عن نظام انخفاض وارتفاع طبقة الصوت في الجملة، للتمييز بين الأنواع المختلفة من الجمل كالخبر والاستفهام والتعجب، بمصطلح نمط طبقة الصوتpitch contour .[33] كما يُعبر عن قيمة أدنى تردد في موجة صوتية معقدة بمصطلح التردد الأساسي fundamental frequency (F0).[34]

3. استخدام Praat في عرض نمط درجة الصوت pitch contour وF0 في المستويين:

يوفر البرنامج إمكانية تمثيل نمط طبقة الصوت pitch contour، واستخراج أية معلومات إحصائية عنها، كما يوفر قيم التردد الأساسي F0. وفيما يأتي عرض لخطوات استخلاص معلومات نمط طبقة الصوت، لكل جملة صوتية في عينة التجريب:

1) فتح الملف الصوتي باستخدام برنامج praat، ثم الضغط على Edit & View.
2) اختيار Draw pitch contour، من قائمة pitch، ثم التقاط صور نمط طبقة الصوت، لكل جملة من الجمل الصوتية في المستويين الأدائيين.

النتائج والملاحظات:

بمراجعة الصور الملتقطة لكل منحنيات طبقة الصوت Pitch contour لتسجيلات المستوى الأدائي الأول وكذلك المستوى الأدائي الثاني؛ لم تقف الباحثة على نمط ثابت او شائع من حيث تفاصيل المسار صعودا أو هبوطا، يمكن أن يعبر عن أي من المستويين الأدائيين عند القراء الخمسة.

وفيما يأتي نماذج أنماط طبقات الصوت لجملة صوتية واحدة، من مستويي الأداء ، تمثل أداء القراء الخمسة لقوله تعالى: (**فبأي آلاء ربكما تكذبان**) الرحمن 15: كما يوضح شكل (3).

نلاحظ في شكل (3), عدم تشابه مسار المنحنيات التي تمثل الجملة الصوتية الواحدة عند الخمسة قراء, سواء كان في المستوى الأدائي (أ), أم في المستوى الأدائي (ب). رغم وحدة المقام ووحدة الوقفات, ووحدة الموضع المقروء, إلا أن نمط طبقة الصوت كان متباينًا.

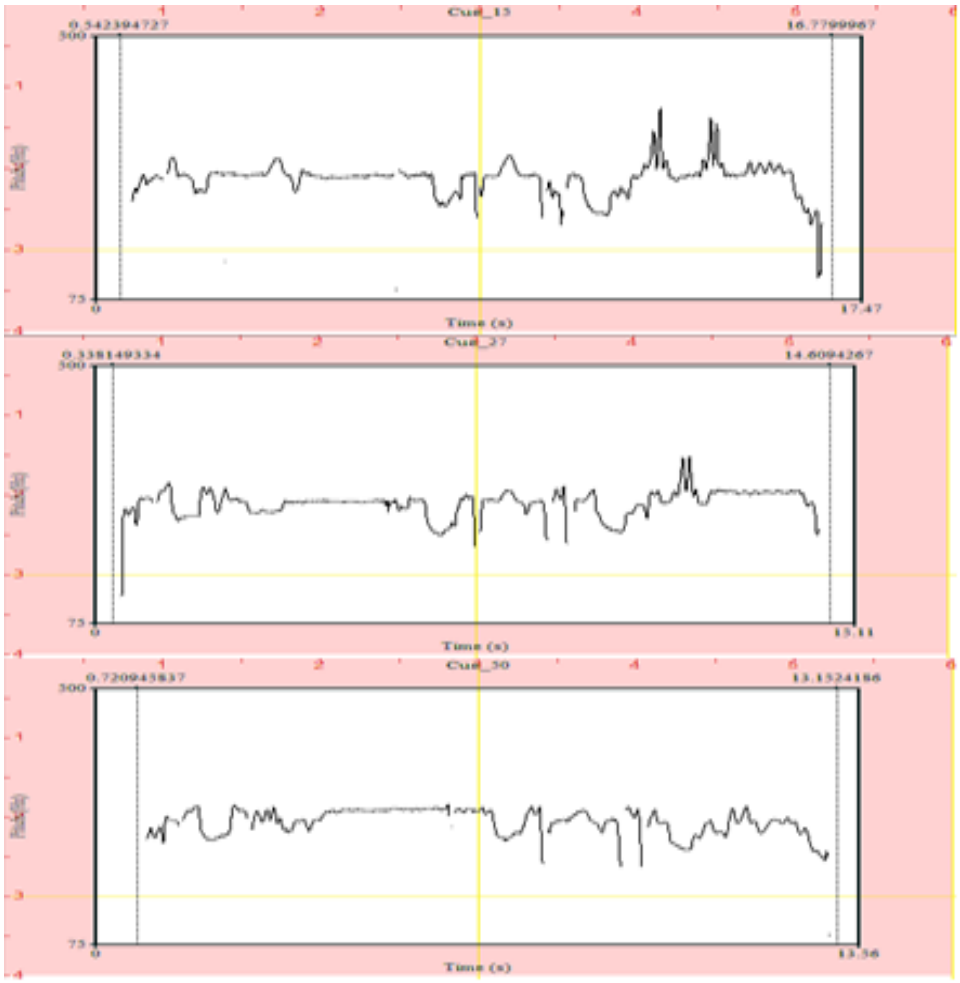
و**رغم** ملاحظة أن الأنماط لم تمثل اطرادا معينا، يمكن أن يُفرق به بين مستويي الأداء عند القراء الخمسة، إلا أنه كان من الملاحظ تكرار نمطين بعينهما، أو ثلاثة أنماط بعينها، في تسجيلات القارئ الواحد. وفيما يأتي عرض تمثيلي لنمطين شائعين، في كل مستوى أدائي عند القارئ الأول.

شكل (3)

أنماط طبقات الصوت لأداء القراء قوله تعالى: (فبأي آلاء ربكما تكذبان) الرحمن:15من المستويين

4. أمثلة من المستوى الأدائي (أ):

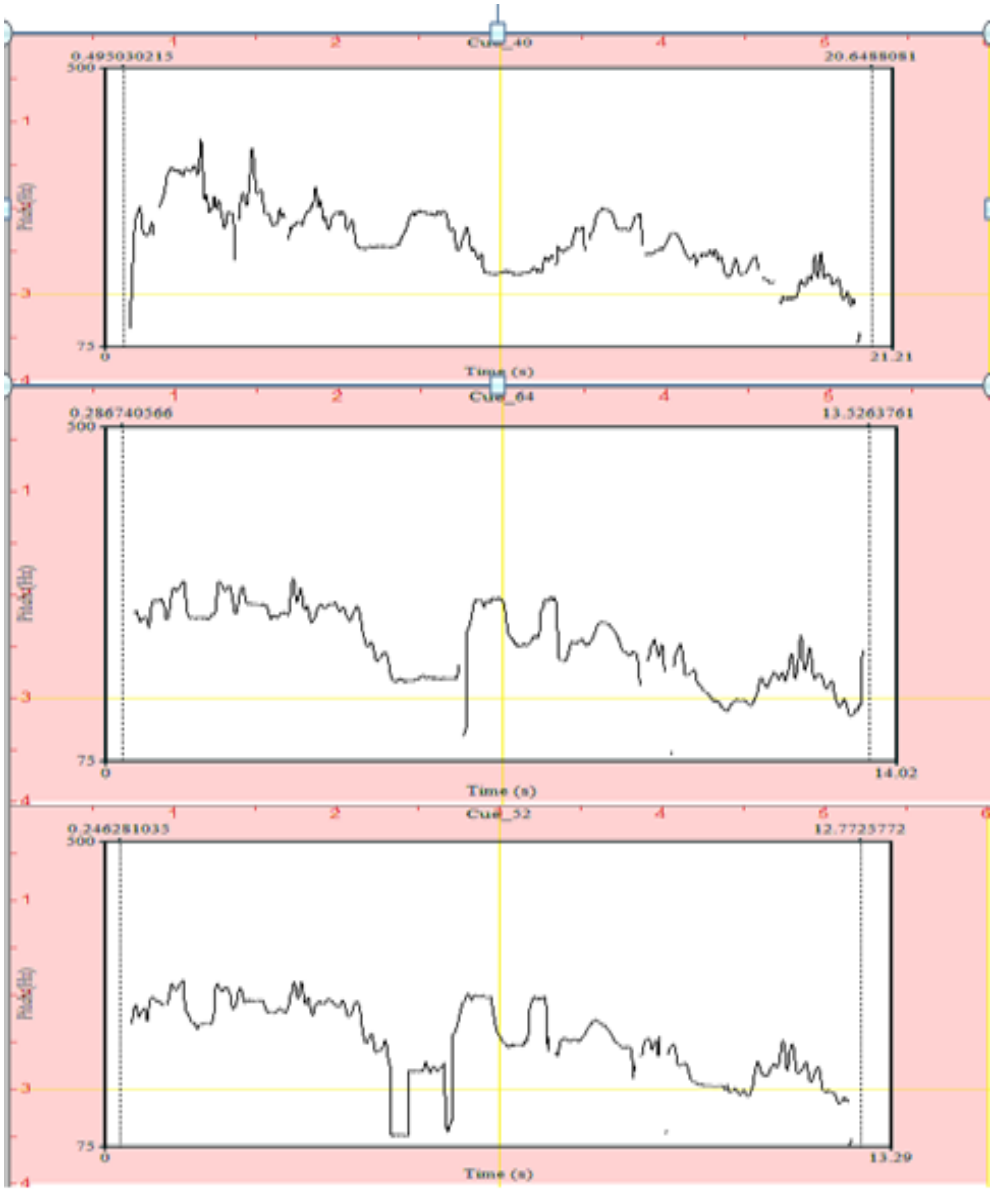
1) **النمط الأول:** يمثله في أداء القارئ الأول قوله تعالى: (فبأي آلاء ربكما تكذبان) في الآيات 13،25،45 من سورة الرحمن؛ حيث اتخذ مسار نمط طبقة الصوت الشكل (4):



شكل (4)
النمط الأول عند القارئ الأول من المستوى الأدائي (أ)

حيث يمكن ملاحظة مطابقة مسارات أنماط طبقات الصوت, في الجمل الصوتية الثلاث في شكل (4)؛ بحيث يمكن أن يمثل نمطا مكررا في تسجيلات هذا القارئ بعينه, لهذه السورة بعينها.

2) **النمط الثاني:** منه أداء القارئ الأول لنص قوله تعالى: (فبأي آلاء ربكما تكذبان) في الآيات 47،59، وتتشابه معهما في نمط طبقة الصوت، الجملة الصوتية لأداء قوله تعالى: (يرسل عليكما شواظ من نار ونحاس فلا تنتصران) الرحمن:35، ويمثلها cue 49، كما في شكل (5).

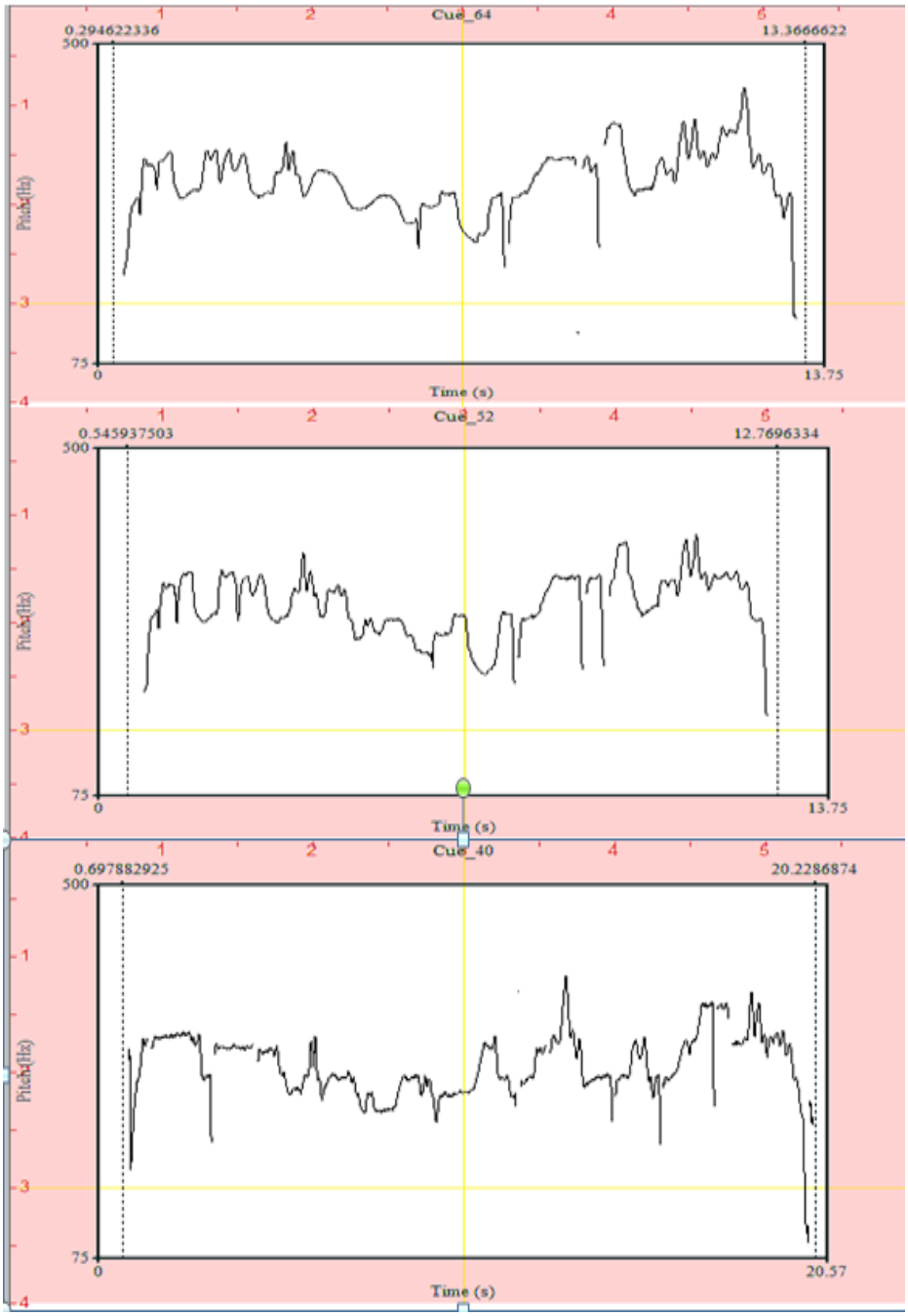


شكل (5)
النمط الثاني عند القارئ الأول من المستوى الأدائي(أ)

وإذا كان شكل(4) يمثل نمطا مكررا لثلاث جمل صوتية , متفقة في الألفاظ والوقف, فإن شكل (5) يعكس تشابها بين أنماط طبقات صوتية لثلاث جمل , إحداهن مختلفة في الألفاظ, يمثلها المنحنى الأول في شكل(5).

5. أمثلة من المستوى الأدائي (ب):

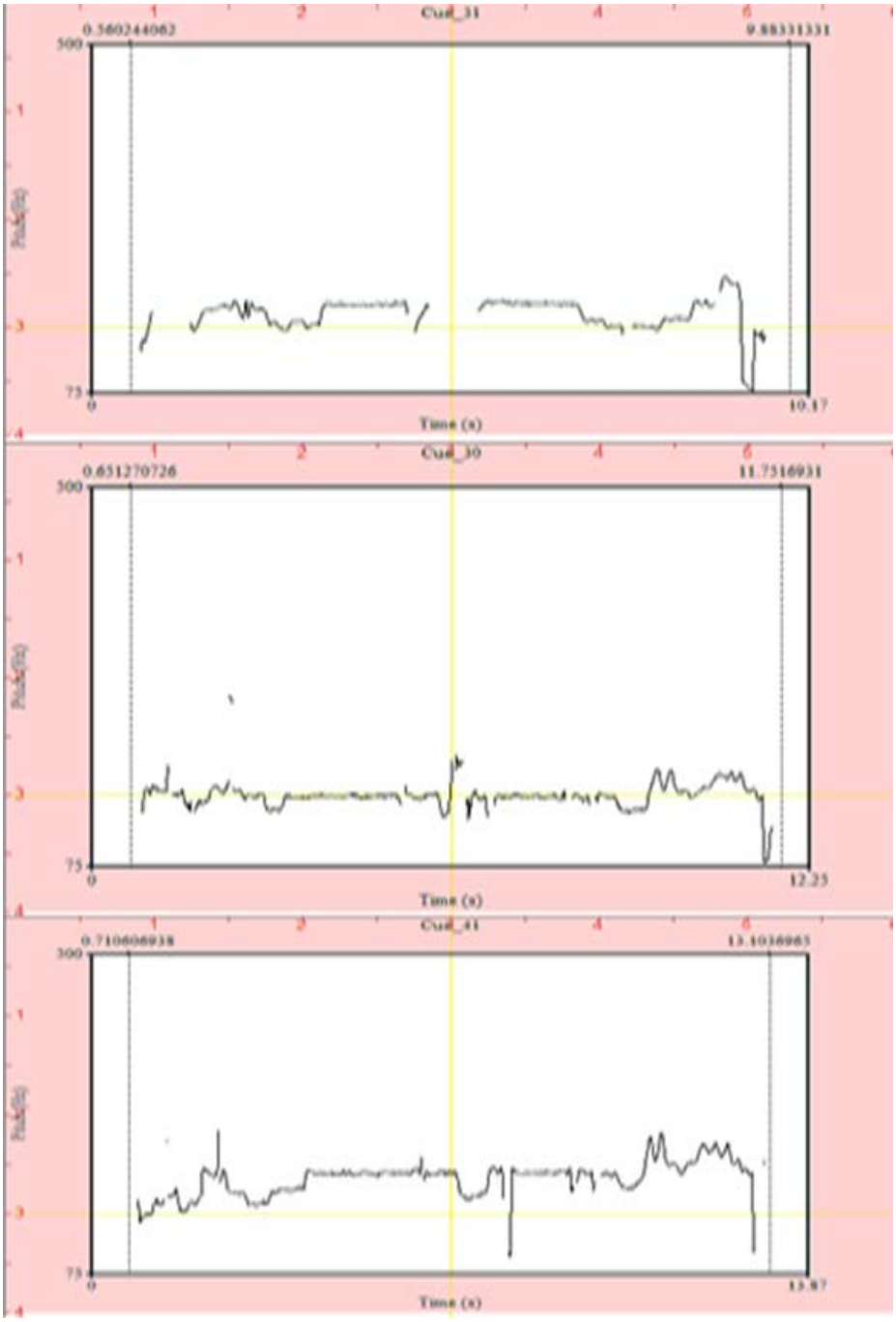
1) **النمط الأول:** منه أداء القارئ لقول الله تعالى: (يرسل عليكما شواظ من نار ونحاس فلا تنتصران) الرحمن:35، وأدائه لقول الله تعالى: (فبأي آلاء ربكما تكذبان) في الآيات 47و59 من سورة الرحمن، كما في شكل (6).



شكل (6)
النمط الأول عند القارئ الأول من المستوى الأدائي (ب)

إذ تتشابه مسارات منحنيات طبقة الصوت , للجمل الثلاث في شكل(6), بشكل عام , ويلاحظ أيضا اختلافها عن مسارات المستوى الأدائي (أ).

2) **النمط الثاني:** يمثله أداء القارئ الأول لقوله تعالى: (يسأله من في السماوات والأرض) الرحمن:29، وأداء قوله تعالى: (فبأي آلاء ربكما تكذبان) الرحمن 28، 34 كما في شكل (7).



شكل (7)

النمط الثاني عند القارئ الأول من المستوى الأدائي (ب)

ويلاحظ في شكل (7), تشابه مسارات منحنى طبقة الصوت للجمل الثلاث, مع ملاحظة وجود بعض الفواصل التي تقطع المنحنى الأول, التي يفسرها وجود حرف السين في الجملة الصوتية لقوله تعالى: (يسأله من في السماوات والأرض) الرحمن:29.

6. تفسير الاختلافات بين القراء في شكل نمط طبقة الصوت Pitch contour:

لقد عكست النتائج السابقة فيما يخص منحنى أو نمط طبقة الصوت، ما لمسألة المقامات الصوتية، من أصول نظرية عند المختصين بالأداء القرآني, فيما يخص حرية القراء في تناول

أية درجة من درجات المقام الواحد (المستوى الواحد)، ثم الانطلاق منها، وأنه ليس بالضرورة أن يأتي القارئ بالمقام كاملا؛ قد يكفيه طبقة واحدة منه، أو اثنتين للأداء. [3]

وإذا افترضنا أن المستوى الأدائي (س) يتكون نظريا من ثلاث طبقات أساسية متتالية، هي: (أ، ب، ج)؛ فيجوز للقارئ أن يقرأ بها جميعا، وله أن يبدأ من (ب)، ويكمل ب(ج)، أو أن تكون قراءته كاملة بواحدة من الطبقات الثلاث: (أ)، أو (ب)، أو (ج).. وهكذا. وكأن لمستويات الأداء حروف ومفردات، هي الطبقات الصوتية المكونة له، وكل قارئ يستطيع تركيب جمله الأدائية الخاصة التي تمثله، وتفرض أسلوبه الخاص، وعلنا لاحظنا ذلك في عديد من تسجيلات الشيخ مصطفى إسماعيل، والشيخ محمد صديق المنشاوي، فقد يقرأ كل منهما السورة ذاتها، من المقام ذاته، إلا أن لكل منهما أسلوبه الأدائي الذي يميزه، وجمله الأدائية الخاصة.

وبعيدا عن العوامل اللغوية وغير اللغوية , التي قد تدفع القارئ لاختيار طبقة الصوت التي ينطلق منها؛ فإن الاختلاف في أشكال وأنماط طبقة الصوت في التجربة السابقة، يعكس ثراء في المستويات الأدائية، لدى القراء الخمسة, كما يعكس خصوصية للأداء الصوتي القرآني, ليس من العدل حصره في توصيفات ضيقة لم تختبر.

الأمر الذي يدفعنا للكشف عن نظامية هذا الأداء, وهيكلة بنائه, وتركيب مستوياته, بوصفه فنا خاصا بالقرآن, يفوق حتى وصفه بالمقامات الصوتية, لما ثبت من ثراء طبقاته عند قراء القرآن الكريم- بشكل عام- وإبداعهم وابتكارهم في الأداء الصوتي, والحق أنهم لم يبدعوا أو يبتكروا في (المقامات), فبعضهم لم يتعلمها من الأساس, إنما إبداعهم وتحبيرهم كان خاصا بالأداء القرآني لذاته وبذاته.

الخلاصة:

- فكرة إنتاج أصوات تشبه كلام البشر، كانت أحد بواعث التفكير اللغوي العربي القديم، حول علاقة اللغة بالآلة.
- التحليل الصوتي على مستوى الفونيمات أو المقاطع الصوتية، لا يخدم كثيرا دراسة بعض الظواهر الأدائية للكلام، ويمكن اعتبار الجملة الصوتية وحدة للتحليل الصوتي في هذا الجانب؛ إذا تظهر نتائج أكثر وضوحا وقابلية للتعميم.
- تعد خاصية درجة الصوت Pitch هي المميز الأكثر اطرادا بين المستويين (أ)، و(ب) من الأداء.
- رغم أهمية خاصية طول الصوت Duration في ضبط مسارات التنغيم ومناسبتها للمعاني؛ إلا أنها لم تشكل عاملا مميزا بين مستويي الاداء موضع التجربة.
- لم تصل الدراسة إلى نمط لطبقة الصوت Pitch Contour، يمكن تعميمه أو الجزم بشيوعه، لتمثيل مستوى معين من الأداء في تسجيلات تجربة.
- تتكرر بعض أنماط طبقة الصوت Pitch Contour عند كل قارئ على حدة، رغم اتفاق قراء التجربة في القراءة من المستويات الأدائية ذاتها؛ مما يوحي بارتباط شيوع أو تكرار نمط طبقة الصوت بأسلوب القارئ، واختياره.

(3) بسؤال د/طه عبد الوهاب , أستاذ المقامات الصوتية والأداء القرآني.

- يمكن بناء نموذج إحصائي للتعرف الآلي على مستويات الأداء الصوتي في تجويد القرآن الكريم، وقد أسفرت نتائج التجربة عن قدرة الآلة على التعرف الآلي على مستويين أدائيين بنسبة 80%.

المراجع:

[1] الخصائص، ابو الفتح عثمان بن جني (392 هـ)، تحقيق محمد على النجار، المكتبة العلمية، ج2، ص454-455.

[2] اللغة العربية والحاسوب، نبيل علي، تعريب، 1988، ص435-447.

[3] اللغة العربية والحاسوب، نبيل علي، ص454.

[4] اللغة العربية والحاسوب، د. نبيل علي، ص3.

[5] مادة (قوم)، معجم اللغة العربية المعاصرة، أحمد مختار عمر بمساعدة فريق عمل، عالم الكتب، المجلد الأول، ط1، 2008.

[6] جمال التلاوة في الصوت والنغم، السيد محمد رضا الموسوي المحمدي، إعداد ونشر جمعية القرآن الكريم للتوجيه والإرشاد، بيروت-لبنان، ط1، 2012، ص95

[7] قاموس مصطلحات المعلوماتية واللسانيات الحسابية، نبيل الزهيري، نبيل الزهيري، مكتبة لبنان، بيروت، ط1، 2003، ص221.

[8] قاموس مصطلحات المعلوماتية واللسانيات الحسابية، نبيل الزهيري، ص21، وقاموس علم اللغة (إنجليزي - عربي)، محمود سليمان ياقوت، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، 2011، ص98 . ومعجم اللغة العربية المعاصرة، أحمد مختار عمر، ج1، مادة (ذ ك و)، ص818.

[9] أصوت اللغة، عبد الرحمن أيوب، مطبعة الكيلاني، ط2، 1968ص156

[10] أصوت اللغة، عبد الرحمن أيوب، ص129.

[11] أصوت اللغة، عبد الرحمن أيوب، ص133 .

[12] الأصوات اللغوية، إبراهيم أنيس، 156

[13] أصوت اللغة، عبد الرحمن أيوب، مطبعة الكيلاني، ط2، 1968ص156

[14] قاموس مصطلحات المعلوماتية واللسانيات الحسابية، نبيل الزهيري، ص13، ويستعمل مصطلح Algorithm أحيانا باعتباره مرادفا للبرنامج وأحيانا مرادفا للإجرائية Procedureينظر: المرجع ذاته والصفحة ذاتها.

[15] Support Vector Machine- A Survey، International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering، Volume 2 ،Issue 8 ،August 2012، p82-85 and https://scikit-learn.org/stable/modules/svm.html
https://www.youtube.com/watch?v=xIzcITfPY7A&t=34s

[16] Support Vector Machine- A Survey، International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering، Volume 2 ،Issue 8 ،August 2012، p82-85.
Algorithmic Approaches to Training Support Vector Machines: A survey، Colin Camp bell، Bristol BS8 1TR، United Kingdom ،2000 ،p1. http://svms.org/survey/Cam.pdf. and
https://www.youtube.com/watch?v=xIzcITfPY7A&t=34s

[17] الاستنتاج الآلي لعلامات الضبط الإعرابية باستخدام القرائن اللغوية وطرق الذكاء الاصطناعي، عمرو حمدي الجندي، رسالة ماجستير بكلية دار العلوم، جامعة القاهرة، 2016، ص96.

[18] يرجع إلى الرابط الأتي:

https://www.youtube.com/watch?v=xIzcITfPY7A&t=34s

[19] Revise: Support Vector Machine- A Survey، International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering، Volume 2 ،Issue 8 ،August 2012، p82-85.and:
https://www.youtube.com/watch?v=xIzcITfPY7A&t=34s
[20] أوبنتو ببساطة (ابدأ نظام أوبنتو لينكس الآن)، أحمد م. أبوزيد، ص18-22، الموقع الرسمي للكتاب:
https://www.simplyubuntu.com
[21] بايثون بلمسة، مصطفى فرحات، سوريا، الكتاب برعاية موقع بايثون بالعربي www.ar-python.com، 2012، ص8. وكذلك ينظر: خطوة على طريق بايثون، سوارب سي إتش، ترجمة: أشرف علي خلف، من موقع www.byteofpython.inf، ص7، 8، 2008. وكذلك:
Natural Language Processing with Python، Steven Bird، Ewan Klein، and Edward Loper Beijing، USA، 2009 ،PP.1
[22] https://www.youtube.com/watch?v=oNkuVFnniZE
[23] https://tinyurl.com/y5y3szld
[24] أسس علم اللغة، ماريو باي، ترجمة وتعليق أحمد مختار عمر، عالم الكتب، الطبعة الثامنة، 1998 ص93، و الدراسات الصوتية عند علماء التجويد، غانم قدوري الحمد، دار عمار للنشر والتوزيع، ط2، 2007، ص477. وكذلك: دراسة الصوت اللغوي، أحمد مختار عمر، عالم الكتب، القاهرة، 1997، ص366-367، ومناهج البحث في اللغة، تمام حسان، مكتبة الأنجلو المصرية، 1990 ص164، واللغة العربية مبناها ومعناها، تمام حسان، دار الثقافة، الدار البيضاء، المغرب، 1994، ص226. و الأصوات، كمال بشر، ص245
[25] دراسة الصوت اللغوي، ص191، 192
[26] قاموس مصطلحات المعلوماتية واللغويات الحسابية، نبيل الزهيري، ص192
[27] قاموس علم اللغة، محمود سليمان ياقوت، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، 2011، ص662 . وكذلك قاموس مصطلحات المعلوماتية واللغويات الحسابية، نبيل الزهيري، مكتبة لبنان، بيروت، ط1، 2003، ص279.
[28] التشكيل الصوتي في اللغة العربية فونولوجيا العربية، سلمان العاني، ص141.
[29] مناهج البحث في اللغة، تمام حسان، مكتبة الأنجلو المصرية، 1990، ص166، وينظر كذلك: دراسة السمع والكلام: صوتيات اللغة من الإنتاج إلى الإدراك، سعد مصلوح، عالم الكتب، القاهرة، ط2، 2005، ص 156
[30] مناهج البحث في اللغة، تمام حسان، مكتبة الأنجلو المصرية، 1990، ص164
[31] مناهج البحث في اللغة، تمام حسان، ص165-166. وينظر كذلك: التشكيل الصوتي في اللغة العربية فونولوجيا العربية، سلمان العاني، ص141. وينظر توزيع هذه المستويات باختلاف الأساليب حتى ص147، ودراسة السمع والكلام، سعد مصلوح، ص224-226.
[32] قاموس علم اللغة، محمود سليمان ياقوت، ص254.
[33] قاموس مصطلحات المعلوماتية واللغويات الحسابية، نبيل الزهيري، ص279.
[34] قاموس علم اللغة، محمود سليمان ياقوت، ص402، ويشير مصطلح تردد الصوت frequency إلى عدد االذبذبات التي ينتجها المصدر في الثانية الواحدة.

سير ذاتية مختصرة:

أسماء جمال حمزة هاشم

- مدرس مساعد بقسم اللغة العربية والدراسات الإسلامية، كلية االتربية -جامعة عين شمس.
- حاصلة على ماجستير في اللغة العربية بعنوان: انشطار الفتحة في ضوء النظام الصوتي والتطبيقات الحاسوبية، في عام 2014، بتقدير ممتاز.

- حاصلة على عدد من دورات إعداد القادة وأعضاء هيئة التدريس بجامعة عين شمس.
- عضو من أعضاء فريق (حاسوبويه) لمعالجة اللغة العربية وتطبيقاتها.
- عضو في فريق الجودة بقسم اللغة العربية بكلية التربية جامعة عين شمس.

أ.د. محسن عبد الرازق رشوان:

- يعمل أستاذا بقسم الالكترونيات والاتصالات بكلية الهندسة - جامعة القاهرة.
- حصل على الدكتوراه من جامعة كوين بكندا عام .1986
- أشرف على عدد كبير من الباحثين في مجالي الهندسة واللغة , وله العديد من الأبحاث والمشروعات في مجال المعالجة الآلية للغة العربية.
- مؤسس ومدير الشركة الهندسية لتطوير النظم الرقمية المتخصصة في مجال تقنيات اللغة العربية (RDI), وحصل من خلالها على العديد من الجوائز الدولية والمحلية, ومنها الجائزة العالمية WSA 2007عن تقنية حفص لتعليم أحكام تلاوة القرآن الكريم في محور التعليم الالكتروني.

أ.د. مصطفى زكي التوني:

- أستاذ علم اللغة بقسم اللغة العربية والدراسات الإسلامية بكلية التربية- جامعة عين شمس.
- أشرف على عدد كبير من الباحثين , وله العديد من المؤلفات والأبحاث, منها: النون في اللغة العربية دراسة لغوية في ضوء القرآن الكريم , المدخل السلوكي لدراسة اللغة في ضوء المدارس والاتجاهات الحديثة في علم اللغة , وعلل التغير اللغوي , وآليات النطق عند علماء التجويد.
- ترجم بعض المؤلفات مثل: علم اللغة النفسي لجودث جرين, واللغة وعلم اللغة لجون ليونز.

أ.م.د جمال محمد طلبة:

- أستاذ العلوم اللغوية المساعد بقسم اللغة العربية والدراسات الإسلامية بكلية التربية -جامعة عين شمس.
- أشرف على عدد كبير من الباحثين, وله عدة مؤلفات في اللغة وتحقيق التراث. فمن مؤلفاته: معاجم المعاني في العربية حتى القرن الخامس الهجري, الفكر اللغوي عند أبي العلاء المعري في ضوء علم اللغة الحديث, وبحوث وتحقيقات لغوية.
- ومن أعماله في مجال التحقيق: المُنَخَّل مختصر إصلاح المنطق للوزير أبي القاسم المغربي, وفقه اللغة للثعالبي, ومعجم ما استعجم لأبي عبيد البكري.

د. أحمد محمد علي حسن:

- مدرس علم اللغة بقسم اللغة العربية والدراسات الإسلامية بكلية التربية - جامعة عين شمس.
- أشرف على عدد من الباحثين وله العديد من الدراسات والأبحاث منها: ألفاظ الأدواء في كتاب القانون لابن سينا- دراسة لغوية, الفكر اللغوي عند أبي محمد الأموي- قراءة في المنهج, مرويات الأعرابيات في اللغة : دراسة ومعجم, بنية المقدمة في المعجمات اللفظية التراثية- قراءة وتحليل.
- يعمل بمركز التميز بكلية التربية في مجال تعليم العربية لغير الناطقين بها.
- نائب مدير وحدة ضمان الجودة بكلية التربية جامعة عين شمس.

Proposed Model for Automatic Recognition on Two Levels of Quranic Acoustic Performance *Mugwwad*

Asmaa Gamal Hamza Hashim[*1], Mohsen A.Rashwan[**2], Mostafa Zaki Altony[*3], Gamal Mohamed Toulba[*4], Ahmed Mohamed Ali Hassan[*5]

[*]*Department of Arabic Language and Islamic Studies, Faculty of Education - Ain Shams University*

[**] *Department of Electronics and Communications, Faculty of Engineering – Cairo University*

[1]asmaa25.gamal@gmail.com
[2] mrashwan@rdi-eg.com
[3] Mostafaaltony4@gmail.com
[4] gamal_toulba@edu.asu.edu.eg
[5]dr.ahmedzayedmmh@gmail.com

Abstract: ***This paper deals with the idea of preparing a statistical model that automatically recognizes two levels of acoustic performance levels ، which are used by readers of Holy Quran in their recitation (Mujawwad)، and discovering if there are common pitch contour patterns that may express each of performances. Based on a sample of some readers' recordings، selected according to certain criteria، then analyzed and processed automatically; to reach results.***

Key words*: Machine learning، Pitch contour، Audio performance levels، and Mujawwad recitation.*