د. صفوت علي صالح
أستاذ علم اللغة المساعد – كلية دار العلوم .. جامعة القاهرة

حجية الدَّليل اللغوي في الإثبات القضائي:

دراسة تطبيقية للتحليل التقني للبصمة الصوتيَّة في ضوء علم الأصوات الجنائي

المراسلة: د. صفوت علي صالح
أستاذ علم اللغة المساعد – كلية دار العلوم .. جامعة القاهرة

معرف الوثيقة الرقمي (DOI): https://doi.org/10.54873/jolets.v3i2.149

البريد الإلكتروني: Safwat.saleh@bue.edu.eg

نسق توثيق البحث:
صفوت علي صالح، حجية الدَّليل اللغوي في الإثبات القضائي: دراسة تطبيقية للتحليل التقني للبصمة الصوتيَّة في ضوء علم الأصوات الجنائي، مجلة القانون والتكنولوجيا، المجلد ٣، العدد ٢، أكتوبر ٢٠٢٣. صفحات

حجية الدَّليل اللغوي في الإثبات القضائي

دراسة تطبيقية للتحليل التقني للبصمة الصوتيَّة في ضوء علم الأصوات الجنائي

الدكتور/ صفوت علي صالح

الملخص:

يمثل الصوت إحدى صور البيانات الشخصية التي تُمكِّن من التعرف على صاحبها وفقًا لمنصوص قانون حماية البيانات الشخصية رقم ١٥١ لسنة ٢٠٢٠. إلا أن هناك تباينًا حول مدى مشروعية الأدلة المستمدة من التسجيلات الصوتية؛ فمن فقهاء القانون من يقطع بمشروعيةَ الدليل الصوتي؛ مادام قد استوفى الأصول المنصوص عليها في القوانين. بينما يميل آخرون إلى عدم التعويل على دليل البصمة الصوتية في الإثبات؛ لما قد يشوبه من تلاعب، خاصة في ظل تطور الوسائل التكنولوجية الحديثة في التسجيل والمعالجة الصوتية. هذه الجدلية تمثل إحدى قضايا علم الأصوات الجنائي الذي يهتم بالكشف عن هوية المتحدث (أو المشتبه به) من خلال بصمته الصوتيَّة التي يُعتمد في تحليل سماتها على تقنيات دقيقة لاستخلاص الأدلة والقرائن الجنائية. ومن هنا تأتي أهمية هذا البحث في دراسة حجية الدليل الصوتي في التحقيق الجنائي والإثبات القضائي؛ وتقييم مدى دقة نتائج التطبيقات الحاسوبية في التحقق من تفرّد البصمات الصوتية وتحديد هوية المتحدث. وبعبارة أخرى، يجيب هذا البحث عن سؤال عام: إلى أي مدى يمكن الاحتكام إلى نتائج التحليل الحاسوبي في تفرد البصمة الصوتية والاستناد إليها في التحقيقات الجنائيَّة والإثبات القضائي؟

وللإجابة عن هذا السؤال، قدم البحث نموذجًا للتحليل الآلي لسمات تفرّد البصمات الصوتية بالاعتماد على برنامج Praat، وهو أحد تطبيقات التعرف على الصوت وتحويله إلى صورة طيفية، ثم تحليل السمات النطقية إحصائيًّا لعينة صوتية مختارة وفق معايير محددة. ومن إسهامات هذا البحث اقتراح آليةً رقميَّةً لتنميط البصمات الصوتية لاختزانها في بنك إلكتروني للبصمات في صورة باركود، يَسهُل استرجاعه ومضاهاته بعينات جديدة في حالات الاشتباه والتحقيق والإثبات. بالإضافة إلى اقتراح دليل معياريّ يَسترشدُ بها خبراء الأصوات والباحثون الأكاديميون عند التحليل التقني للبصمة الصوتية.

الكلمات المفتاحية: حجية الدليل اللغوي، التحليل الآلي للبصمة الصوتية، علم الأصوات الجنائي، تطبيق برات.

Authenticity of Linguistic Evidence in Judicial Proof: Applied study of technical Voiceprint analysis in the light of Forensic Linguistic

Dr. Safwat Ali Saleh

Assistant professor of Applied Linguistics

Cairo University

Abstract:

Human voice is one of the personal data types that enables the identification of the owner in accordance with the provisions of the Personal Data Protection Act No. 151 of 2020. However, there is a discrepancy about the legitimacy of evidence derived from voice recordings; one of the jurisprudence approves the legitimacy of the voice evidence; as long as the assets provided for in the laws have been fulfilled. Others tend not to rely on voiceprint evidence for proof due to possible manipulation, especially in the light of the evolution of modern technological tools of recording and processing voice. This argument is one of the issues of Forensic Phonetics that is interested in revealing the identity of speaker (or suspect) through his voiceprint, whose features are analysed on precise techniques for extracting evidence and forensic evidence. Hence, this research examines the authenticity of voice evidence in criminal investigation and judicial proof and assess the accuracy of the results of technical applications in verifying the uniqueness of voiceprint and identifying speaker. In other words, this research answers a general question: to what extent can the results of technical analysis be invoked in the uniqueness of the voiceprint and based on it in criminal investigations and judicial proof? To answer this question, the research provided a model for automated analysis of voiceprint uniqueness features based on Praat, one of the applications of voice recognition and conversion into spectral image, and then statistically analyze the pronunciation features of a selected voice sample according to specific criteria. One contribution of this research is to propose a digital voiceprint profiling mechanism for storage in an electronic barcode voiceprint bank, which facilitates retrieval and reconciliation with other samples in cases of suspicion, investigation and evidence. In addition to proposing a standard guide to voice experts and academic researchers in technical analysis of the voiceprint

Keywords: Linguistic Evidence, Judicial Proof, Voiceprint, Forensic Linguistic, Praat

المقدمة:

(١) مفهوم علم اللغة الجنائي وتحليل البصمة الصوتية:

علـم اللغة الجنائـي Forensic Linguistics هو أحد مجالات علـم اللغة التطبيقي، ويهـدف إلى تحديـد هوية الجاني من خـلال التحليل العلمـي لسلوكه اللغـوي كتابةً أو نطقًـا باستخلاص القرائـن اللغوية الدالـة عليه. وقد ظهـر علم اللغـة الجنائي. كما يوضـح كارول شابِـل Carol Chapelle وجانيت كوتِريـل Janet Cotterill ونسِّي ماكليود Nicci Macleod. نتيجـةً لدراسـة العلاقـة بـين اللغـة والقانـون، من خـلال مجالين أساسيـين: (١) الدراسـة اللغوية للنص القانـوني (بتحليل المـواد القانونية، والعقود، والعلامـات التجارية، والملصقات التحذيريـة)، (٢) وتوفير الأدلة اللغوية في القضايا القانونيـة (من خلال تحليل النصوص اللغوية في التحقيقات الجنائية، ومنها: رسائل التهديد والابتـزاز، ومذكرات الانتحار، والاعترافات الملفقـة، وطلبات الفدية، ورسائل البريد الإلكتروني، والرسائل النصية)[١].

فعلـم اللغة الجنائي. بهـذا المفهوم. أحد المجالات البينية التـي تلتقي فيها معطيات المعرفـة اللغوية مـع معطيات المعرفـة القانونية؛ إذ يقوم البحث فيـه (من ناحية) على المعرفة اللغوية باللهجات، والخصائص الصوتية، وطرائق الكتابة، والحصيلة اللفظية، والبنية الأسلوبية، وتحليل الخطاب، ويقوم من ناحية أخرى على طرائق البحث الجنائي، ومدلول المواد القانونية التي تُجرِّم انتحال الشخصية، أو التعدي على الماركات التجارية المسجَّلـة، أو التقليد الصوتي...إلخ. ويُستعان في بحث الأدلة اللغوية والتحري الجنائي بخبراء لغويين تتحقق فيهم شروط الخبرة.

ويقـع ضمـن مجـالات علم اللغـة الجنائي ما بـات يُعـرف بعلم الأصـوات الجنائي Forensic Phonetics (كمـا سيأتـي تفصيلـه فـي ٢, ١)، وهو علم يهـدف إلى تحديد

---

(١) انظر تعريف علم اللغة الجنائي Forensic Linguistics في:
- Carol . A. Chapelle (2013), Introduction to The Encyclopedia of Applied Linguistics, Blackwell Publishing Ltd, p: 4-5.
- Cotterill .J. (2013), Corpus Analysis in Forensic Linguistics, in The Encyclopedia of Applied Linguistics, Edited by Carol A. Chapelle, Blackwell Publishing Ltd, p: 1403.
- Macleod. N. (2013), Forensic Linguistics: Overview, in The Encyclopedia of Applied Linguistics, (Eds.) Carol A. Chapelle, Blackwell Publishing Ltd, p: 2398.
- Cotterill, J. (2002), Language in the legal process, Basingstoke, England: Palgrave Macmillan.
- Coulthard, M., & Johnson, A. (2007), An introduction to forensic linguistics: Language in evidence. London, UK: Routledge.

هوية المتحـدث Speaker Identification من خلال تحليل السمات الصوتية التي يتفرد بهـا أداؤه الصوتي بما يمثل بصمةً صوتيَّة للمتحدث Voiceprint، يعتمد تحديدها على وسائل وتقنيات دقيقة في تحليل المواد الصوتية واستخلاص الأدلة والقرائن الجنائية.

ومـن أساليب تحديـد هوية المتحدث ما يُعرف بالطابـور الصوتي Voice Line-up؛ حيـث يتم التعرف علـى شخصية المتحدث وتمييزه من خلال الاستمـاع المباشر بالأذن المجـردة. فقـد يُعرَض على الشاهـد (أو المُدَّعي، أو المجني عليه) طابـور من الأصوات المسجلـة (وغالبًا ما تكون متشابهة في سماتها النطقية)، ثم يُطلَب إليه الاستماع إليها للتعـرف على أحدهـا وتمييزه من بينهـا. وفي بعض حـالات التعـرف المباشر، يتمكن أحـد شهود السمـاع من تحديد شخصية متحدث (يعرفه معرفـةً شخصيَّة) من خلال الاستمـاع إلى المـادة المسجَّلـة المنسوبـة إليه؛ مُقرًّا بـأن هذا صوتُ فـلان. وفي بعض الحـالات الأخـرى، يتمكن المجني عليـه (أو المدَّعي) من تمييز الصـوت الذي سمعه أو اتصـل به أثناء وقوع الحدث (أو الجريمة)[1]. وقد يُعتمد في تحديد المتحدث المجهول ـ كمـا يشير ماكليـود Nicci Macleod ـ علـى تصوُّر بروفايل صوتـي (مجموعة الملامح المميـزة) بناءً علـى اللكنة أو اللهجة الإقليمية والاجتماعيـة وطريقة النطق[2]. وتقريبًا لهذه الفكرة، يمكن التمثيل بما قام به الممثل الأمريكي الشهير Liam Neeson في فيلم Taken الـذي عُرض عـام ٢٠٠٨ حينما اختُطِفَـت ابنته في رحلـة إلى أوروبا، فتحدث إلى أحـد الخاطفين على هاتف ابنته، فأجابه بعبارة Good Luck!، وكان Liam عميلاً متقاعدًا لوكالة الاستخبارات الأمريكية CIA، فاستخدم خبراته العملية في تحليل لهجة الخاطـف بمساعدة زميله الخبير فـي التحليل المعلوماتي، واستطـاع بالفعل أن يستدل علـى هوية الخاطف والمنطقة التي يُحتمل أن يكون فيها من اللكنة الإقليمية (الألبانية) التي غلبت على الأداء الصوتي للخاطف.

ومن أساليب تحديد هوية المتحـدِّث أيضًا أسلوب التحليل الآلي باستخدام التقنيات الصوتيَّـة Technical Phonetic Identification ومـن بينهـا تطبيقـات التحليـل الآلي

(١) انظـر: عبد المجيد الطيب عمـر، علم اللغة الجنائي: نشأته وتطوره وتطبيقاته، المجلة العربية للدراسات الأمنية، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، ٢٠٠٨، ص: ٢٨١-٢٨٢.

- Nolan. F. (2002), Speaker Identification Evidence: Its Forms, Limitation and Roles, Cambridge: Cambridge University Press.

(2) Macleod. N. (2013), Forensic Linguistics: Overview, in The Encyclopedia of Applied Linguistics, (Eds.) Carol A. Chapelle, Blackwell Publishing Ltd, p: 2399.

للصوت التي تُمكِّن من تحويل الكلام المنطوق إلى صور طيفية Spectrograms مصحوبةً بدرجات التردد، ومنحنيات النبر والتنغيم، وشدة الصوت والوضوح الإسماعي، وغيرها من الملامح الصوتية (انظر: العنصر ٢,٣,٢). وممَّن اشتُهِر باستخدام تقنيات التحليل الآلي للصوت والعمل في مجال الأدلة الصوتية في القضايا الجنائية كلٌّ من: هنرس سويت Henery Sweet، ودانيال جونز Daniel Johns، ولورنس كيرستا Kersta Lawrence، وتون برودرز Ton Broeders ، وجانيت كوتريل Janet Cotterill ، و سوزِن بِرك سليجستون Berk–Seligson، وريتشارد ماكلوم كولثارد Richard Malcolm Coulthard.

ولم يكن النظام اللغوي للعربية بعيدًا عن هذا التطور المتسارع في مجال حوسبة اللغات والتحليل الآلي لكيفية عمل أنظمتها على المستويات المختلفة صوتيًّا وتركيبيًّا ودلاليًّا للأغراض البحثية والتعليمية والحاسوبية المختلفة؛ فقد حظيت العربية بالعديد من المعالجات الآلية على مستوياتها المختلفة[١]؛ ومن الثوابت المنهجية أن المعالجة الحاسوبية للأنظمة اللغوية (وبخاصة النظام اللغوي للعربية) ينبغي أن يقوم أولا على المعرفة اللغوية، ثم للطريقة التي تعمل بها التطبيقات الحاسوبية في تحليل الخصائص اللغوية. وهذا أحد أهم التحديات التي تواجه حوسبة العربية حديثًا. ومن هنا تأتي أهمية هذا البحث في تقييم مدى دقة نتائج التطبيقات الحاسوبية وحجيتها في التحقق من تفرّد البصمات الصوتية؛ بما يفيد في المجالات التطبيقية المختلفة، ومنها التحقيقات الجنائية والتعرف على هوية المتحدث، باستخدام أحدث التطبيقات الحاسوبية (برنامج Praat) في التعرف على الصوت وتحويله إلى صورة طيفية وتحليل السمات النطقية المميِّزة (التي يشكل مجموعها بصمةً صوتية فريدة). ويجيب هذا البحث عن سؤال عام، هو: إلى أي مدى يمكن الاحتكام إلى نتائج التحليل الحاسوبي في

(١) فالمتابع لجهود حوسبة اللغة العربية تستوقفه جهود هائلة قد انصرفت لملاحقة التطور الواسع في حوسبة اللغات الطبيعية من خلال تعريب قوائم نظم التشغيل وواجهات التطبيقات الحاسوبية، وبتوفيقها مع طبيعة اللغة العربية. ويكفي دليلا على هذا، ما نطالعه من دراسات وأبحاث ومؤتمرات وإعلانات عن برامج معرّبة ومدونات عربية ومحللات صرفية ونحوية ودلالية تتوافق مع كود اللغة العربية، وكذلك تصنيع حواسيب لوحية وهواتف ذكية بنظم تشغيل عربية، بالإضافة إلى إنشاء منظمات وهيئات تنهض بمشاريع قومية في مجال حوسبة اللغة العربية للأغراض المختلفة. وهذه الجهود تقف. بلا شك. دليلاً على أن اللغة العربية باتت لغة محوسبة على مستويات الترميز والتحليل والتدوين والتوليد والإحصاء والترجمة والتعليم وصناعة المعاجم الإلكترونية. مما يتمثل. في وجهة نظري. مؤشرًا حقيقيًّا على قابلية النظام اللغوي للعربية للتطويع والحوسبة، وعلى إحراز العربية نجاحًا ملموسًا في إحدى حلقات الصراع اللغوي التقني.

تفرد البصمة الصوتية، والاستناد إليها في التحقيقات الجنائيَّة والإثبات القضائي؟

ويمكن تقسيم هذا السؤال إلى الأسئلة الفرعية الآتية:

(١) ما مدى حجية الدليل اللغوي في التحقيقات الجنائيَّة والإثبات القضائي؟

(٢) كيف يمكن توظيف التطبيقات الحاسوبيَّة في تحليل سمات تفرّد البصمة الصوتية؟

(٣) ما دلالة القيم الإحصائية الناتجة عن تحليل السمات النطقية؟

(٤) إلى أي مدى يمكن تنميط البصمات الصوتية وتشفيرها في صيغة باركود يمكن تخزينه في بنك إلكتروني ؟

(٥) كيف يمكن الإفادة التطبيقية من التحليل الآلي للبصمة الصوتية في استخلاص معايير يمكن الاسترشاد بها في التحقيق الجنائي أو البحث العلمي؟

ويتكون هذا البحث من العناصر الآتية:

(١) مقدمة حول مفهوم علم اللغة الجنائي وتحليل البصمة الصوتية والغرض البحثي

(٢) منهجية البحث:

(١,٢) الإطار النظري: علم الأصوات الجنائي وعلم اللغة الحاسوبي .

(٢,٢) المادة المحللة: خمس عينات صوتية مختارة وفق معايير محددة .

(٣,٢) أداة التحليل: وظائف التحليل في برنامج Praat.

(١,٣,٢) تقنيات تحليل الصوت.

(٢,٣,٢) برنامج التحليل الآلي للصوت Praat.

(٣,٣,٢) الخصائص الصوتية التي يمكن تحليلها آليًّا بتطبيق Praat.

(٤) تجريم التعدي على البيانات الشخصية في القانون المصري.

(٥) حجية الدليل اللغوي في الإثبات القضائي.

(١,٥) نبذة تاريخية عن "البصمة الصوتية" والتعويل عليها قضائيًّا.

(٢,٥) نماذج للاعتداد بالدليل الصوتي في القضاء المصري.

(٣,٥) القيمة القانونية لدليل البصمة الصوتية في الإثبات .

(٦) النموذج التطبيقي: التحليل الآلي لسمات تفرد البصمة الصوتية:

(٥:١,٦) تحليل الحالات الصوتية الخمس.

(٦,٦) مقارنة القيم الإحصائية للعينات المحللة.

(٧,٦) آلية تنميط البصمة الصوتية .

(٨,٦) معايير استرشادية لتحليل البصمة الصوتية آليًّا.

(٧) خاتمة: نتائج وقضايا بحثية مستقبلية.

(٢) منهجية البحث: الإطار النظري، المادة المحلَّلة، أداة التحليل:

الإجابة عن هذه الأسئلة البحثية تقتضي توضيحَ الإطار النظري الذي تنتمي إليه دراسات التحليل الآلي للصوت البشري (٢,١)، ومعايير اختيار العينات الصوتية المحللة في هذا البحث (٢,٢)، ثم وصفَ الوظائف الآلية التي يتيحها برنامج Praat في تحليل الخصائص الفيزيائية للسمات النطقية (٢,٣).

(٢,١) الإطار النظري: علم الأصوات الجنائي وعلم اللغة الحاسوبي:

يقع هذا البحث - كما سبقت الإشارة - في إطار علم الأصوات الجنائي Forensic Phonetics الذي يُعنَى بتوظيف تقنيات علم الأصوات ومبادئه النظرية في تحري المسائل القانونية، وكشف هوية الجناة من خلال فحص البيانات الصوتية المُسجلة (أو المباشرة) التي صدرت لحظة حدوث النزاع أو الجريمة[١]. ويعتمد علم الأصوات الجنائي على إحدى الثوابت العلمية يُجمع عليها علما الأصوات، وهي أن الصوت ظاهرة فيزيائية تصدر عن جهاز النطق الإنساني؛ فيكتسب الكلام المنطوق خصائص نطقية تحمل ملامح التفرد الصوتي[٢]. ومن هنا يمكن تحديد مفهوم البصمة الصوتية Voiceprint بأنها تحديد هوية المتحدِّث من خلال التحليل الصوتي للخصائص النطقية التي يتفرد بها[٣]. ويشيع في كتابات المهتمين بهذا المجال استخدام عدد من المفاهيم أو المصطلحات المكافئة لمفهوم "البصمة الصوتية"؛ ومنها: (١) التعرف

---

(١) انظر: عبد المجيد الطيب عمر، علم اللغة الجنائي: نشأته وتطوره وتطبيقاته، مرجع سابق، ص: ٢٧٧.

وانظر تعريف علم الأصوات الجنائي Forensic Phonetics في:

- Asher. R, and Simpson. J. (1994), Encyclopedia of Language and Linguistics, Oxford, Vol: 3, p: 12.
- Hollien. H. (1990), The Acoustics of Crime: The New Science of Forensic Phonetics, Springer Science and Business Media New York, p: 9.
- Macleod. N. (2013), Forensic Linguistics: Overview, in The Encyclopedia of Applied Linguistics, (Eds.) Carol A. Chapelle, Blackwell Publishing Ltd, p: 2399.
- Watt. W., and Brown. G. (2021), Forensic phonetics and automatic speaker recognition, , in Coulthard. M, et.al (Eds.), The Routledge Handbook of Forensic Linguistics, Routledge, New York, P: 400.
- Gibbons. J. (2006), Applied Forensic Linguistics, in Encyclopedia of Language and Linguistics, Brown. K. (Eds.) Elsevier Science, P: 333.

(٢) عمر بن عبد المجيد مصبح، بصمة الصوت وأثرها في الإثبات الجنائي، بحث منشور في مجلة البحوث الأمنية لكلية الملك فهد الأمنية، ٢٠١٢، مج: ٢١، ع: ٥٢، ص: ٢٢.

(٣) تُعرف الخصائص النطقية المتفرِّدة بالسِّمات أو الملامح المميزة، وهو مصطلح يشير إلى المحددات القياسية المستخدمة لوصف الصوت وفق أحد أساليب التحليل والوصف، بالإشارة إلى المخرج أو طريقة إنتاج الصوت أو نطقه، وخصائص النبر والتنغيم والتفخيم والترقيق والجهر والهمس... إلخ. ويساعد هذا التحليل للسمات المميزة للفونيمات في فك تشفير الكلام، وتحديد المتحدث وغير ذلك في علم الأصوات الجنائي.

على المتحدث Speaker Recognition: وهو التحليل الأكوستي للموجات الصوتية لتعيين هوية المتحدث. و(٢) تحقيق هوية المتحدث Speaker Verification: ويعني مطابقة الخصائص الصوتية لمتحدث ما بالخصائص الصوتية المختزنة إلكترونيًّا للشخص نفسه بغرض التحقق من البصمات الصوتية في حالات الدخول إلى أنظمة حاسوبية أو حسابات البنوك أو فتح الأبواب... إلخ. و(٣) تحديد المتحدث Speaker Identification: والمقصود به مضاهاة الخصائص الصوتية لمتحدث ما (غالبًا ما يكون مشتبهًا به) بالخصائص الصوتية لكلام مُسجَّل (كالمكالمات الهاتفية أو الرسائل الصوتية) بهدف التحقق في حالات الجرائم من أن الصوتين لشخص بعينه).

والتحليل الآلي للنظم اللغوية وبخاصةٍ خصائص الصوت البشري أحد المجالات التطبيقية لعلم اللغة الحاسوبي Computational Linguistics الذي يهتم بمعالجة الظواهر اللغوية حاسوبيًا، وبتصميم برمجيات حاسوبية لتحليل النظام اللغوي بمستوياته المختلفة، وتطبيقها في مجالات البحث اللغوي، وتعليم اللغة، والترجمة الآلية، والتحقيق الجنائي، وصناعة المعاجم الإلكترونية، والتلخيص الآلي، وتصحيح الأخطاء الإملائية[١]. فمنذ اختراع الحاسب الآلي عام ١٩٤٨ ـ كما يؤرخ د. نبيل علي[٢]. وهناك توجه عالمي متسارع نحو التحول إلى الرَّقمنة أو الحوسبة (الأتمتة) في كل مناحي الحياة معلوماتيًّا وتجاريًّا وعلميًّا وخدميًّا واتصاليًّا وأرشيفيًّا... إلخ. أما في حقل الدراسات اللغوية فيُؤرَّخ لتوظيف التقنيات الحاسوبية بأوائل الخمسينيات من القرن العشرين حينما ظهرت بدايات الترجمة الآلية في أمريكا وبخاصة ترجمة الوثائق الروسية لأغراض عسكرية (فيما عُرف بالترجمة الميكانيكية). وقد كان لجامعة جورج تاون الأمريكية السبق عام ١٩٥٤ في تقديم أولى محاولات المعالجة الآلية للغة الطبيعية، وتحديدًا في مجال الترجمة الآلية إلى اللغة الإنجليزية. وسرعان ما امتدت هذه التجربة إلى أوروبا في أوائل الستينيات وتحديدًا في السويد عام ١٩٦١. ثم شهدت هذه المرحلة (أوائل الستينيات) إنشاء عدد من المراكز الحاسوبية للغة في

(١) انظر على سبيل المثال تعريف علم اللغة الحاسوبي في:
- Brown. K and Miller . J. (2013). The Cambridge Dictionary of Linguistics, Cambridge Uni. Press: 94
- Crystal. D. (2008). A Dictionary of Linguistics and Phonetics, Blackwell, p: 97
- Ditters. E. (2011). Issues in Arabic Computational Linguistics: in Ed. Jonathan Owens, The Oxford Handbook of Arabic Linguistics, Online Publication, p: 455 .

(٢) انظر: نبيل علي، اللغة العربية والحاسوب، دار تعريب، ١٩٨٨، ص: ٣.

أوروبا والاتحاد السوفيتي، منها: (المركز الحسابي لدراسة الأدب واللغة في جامعة كيمبردج عام ١٩٦٤، والمركز المعجمي بمجمع دالال كرومسكا بإيطاليا عام ١٩٦٤، ومعهد الألسنية التابع لمجمع العلوم بكييف في أوكرانيا عام ١٩٦٤ [١] .

أما عربيًّا، فيمكن التأريخ لأول محاولة عربية لمعالجة اللغة حاسوبيًا باقتراح قدمه الطبيب محمد كامل حسين في أوائل السبعينيات إلى اللغوي المصري الدكتور إبراهيم أنيس عن إمكانية توظيف تقنيات الحاسوب في البحث اللغوي، فاستعان د. إبراهيم أنيس بالدكتور علي حلمي موسى أستاذ الفيزياء (وكانا يعملان بجامعة الكويت آنئذ)، فوضعا خُطة لإحصاء أصول المواد اللغوية في العربية، وطبقًا الفكرة في دراسة إحصائية لجذور معجم الصحاح باستخدام الكمبيوتر[٢]. ثم تلا هذه التجربة في جامعة الكويت (في السبعينيات أيضًا) عدد من الدراسات الإحصائية لجذور أشهر المعاجم اللغوية، منها معجم لسان العرب لابن منظور، ومعجم تاريخ العروس للزبيدي. ولهذا، يمكن التأريخ لهذه المرحلة (بمرحلة الإحصاء اللغوي) التي شهدت تعاونًا مشتركًا بين اللغويين والفيزيائيين في إجراء إحصاءات لغوية وفق منهج حاسوبي وأسس علمية دقيقة. ومنذ الثمانينيَّات وحتى الآن، يشهد علم اللغة الحاسوبي في العالم العربي إسهامات متزايدة على الجانبين النظري والتطبيقي. وقد تنوعت هذه الجهود لتشمل: ١) بحوثًا ومؤلفات قام بها خبراء في هذا المجال باللغة العربية والإنجليزية. ٢) تصميمات للبرامج والتطبيقات الحاسوبية على اللغة العربية بمختلف مستوياتها التحليلية:.٣) هيئات ومنظمات وأقسام علمية متخصصة في علم اللغة الحاسوبي وتطبيقاته على العربية.

وهنا ينبغي التفريق بين مفهوم «اللغة الطبيعية»، و«الذكاء الاصطناعي»، و«اللغة الصورية»، و«الأتمتة»؛ لتحديد المنهجية اللغوية الحاسوبية التي تقوم عليها معالجة اللغات الطبيعية[٣]. فاللغة الطبيعية كما حدَّد خصائصها دي سوسير وابن جني هي منظومة من العلاقات أو الرموز اللغوية التي يستخدمها الإنسان في التواصل والأغراض

(١) انظر: عبد الرحمن العارف، توظيف اللسانيات الحاسوبية في خدمة الدراسات اللغوية العربية: جهود ونتائج، مجلة مجمع اللغة العربية الأردني، ع: ٧٣، ٢٠٠٧، ص: ٤٩.

(٢) انظر: علي حلمي موسى، دراسة إحصائية لجذور معجم الصحاح باستخدام الكمبيوتر، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٨، ص: ٩.

(٣) انظر: صفوت علي صالح، مقدمة في علم اللغة الحاسوبي، مطبعة جامعة القاهرة، ٢٠٢٢، ص: ١٦ – ٢٣.

المختلفــة. وهي بهــذا ذات طبيعة بشرية ذهنية اجتماعية عرفية. ومــن أمثلتها العربية والإنجليزية وغيرها. أما اللغة الصورية فهي منظومة من الرموز تحكمها قواعد صورية وقوانين رياضيــة وعلاقات منطقية، ومن أمثلتها لغات البرمجــة، والتكويد، والتشفير. أمّــا الذكاء الاصطناعي فيعني هندسة تصميــم الآلات الذكية التي تحاكي الإنسان في إنجــاز العمليات المعقدة، مثل حل المسائل، والإجابــة عن الأسئلة، والاستدلال المنطقي، وتنفيــذ الأوامــر. وبهذا المفهــوم يُقارب الــذكاء الاصطناعي مــا اصطُلح عليــه حديثًا بالأتمتة، أي جعْل العمليات والأوامر تُنجز أوتوماتيكيًا. ويأتي مجال علم اللغة الحاسوبي متداخــلًا مع معالجــة اللغات الطبيعية ليُعنَــى بكل ما يحتاجه الحاســوب للتعرف على اللغــات الطبيعية وتوليدها وتحليلها... إلخ. ومن هنا، تتداخل فيه عدة علوم منها علوم اللغــة وعلوم الحاسوب، وهندسة البرمجيات، والذكاء الاصطناعي. وبهذا التداخل (أو التكامل) يهدف علم اللغة الحاسوبي إلى تطوير النظم الحاسوبية بما يخدم الأغراض اللغويــة (البحثية والتجاريــة و التواصلية وغيرها)؛ بإنتاج تطبيقــات حاسوبية تساعد فــي التحليل الآلي للصوت، والترجمة الآلية، والتلخيص الآلي للنصوص، والتعرف على الــكلام المنطوق و توليــده أو تحويله إلى نص مكتوب أو العكــس، والتنقيب في المدونات النصيــة، واسترجاع المعلومــات و تحليلها على مستوى الصيــغ أو التراكيب أو الدلالات السياقية، و التطريزات التداولية أو العلاقات الخطابية... إلخ.

وكما سبقت الإشارة، فإن علم اللغة الحاسوبي يتأسس أولًا على النظرية اللغوية من خلال فهم خصائص النظام اللغوي المُراد حوسبته؛ ثم تصميم التطبيقات أو برمجيات المعالجــة الآلية ثانيًا. وقد أثبتت الدراسات الحديثــة أن لعلم اللغة الحاسوبي تطبيقات عديــدة في دراســة اللغة، وتحليل خصائــص النظام اللغوي، والكيفيــة التي يعمل بها، والوظائــف اللغوية التي يمكن إنجازها آليًّا على المستويــات المختلفة، فقد فكّر المهتمون بحوسبــة اللغة في الإفادة من هــذه الكفاءة الحاسوبية في محــاكاة الكفاءة الإنسانية في التعرف على الأنظمة اللغوية ومعالجتها بما يحقق نتائج بحثية أكثر دقة وموضعية، ويسهــم في تطوير المجالات المعلوماتية والاقتصاديــة والاتصالية التي تعتمد على اللغة الإنسانيــة. وانطلاقًا من هذا، تعــددت مجالات علم اللغة الحاسوبي وتحققت نجاحات كبــيرة في: (١) التحليــل الآلي للصوت البشري وبحث الخصائــص الصوتية كالجهر والهمــس والترقيق والتفخيم والنبر والتنغيم والوقفــات الصوتية بصورةٍ علميةٍ دقيقةٍ،

مـا ساعد فـي تعليـم الأصوات وعلاج أمراض الكلام وإجـراء الدراسات الصوتية على المستويات اللغوية المختلفة وإعداد الأطالس المعجمية وغيرها. (٢) التعرف على الكلام المنطـوق وتحويلـه إلى كلام مكتوب والعكـس، والإفادة منه فـي مساعـدة المكفوفين فـي القـراءة والكتابة والتعلُّم الذاتي. (٣) التعرُّف على البصمة الصوتية والإفادة منها فـي التحقيقات الجنائية، وتطوير نظم التشفير الصوتي للحسابات البنكية والهواتف الذكية ونحوها. (٤) التحليل الآلي للصرف، بالتعرف على صيغ الكلمات واشتقاقاتها وأوزانها وتحليلها إلى جذور ومورفيمات وصيغ تؤدي معاني وظيفية مختلفة. (٥) الترجمة الآلية مـن لغة إلى لغة. (٦) التدقيق الإملائـي وتصحيح الأخطاء النحوية. (٧) التنقيب فـي النصوصـ وتلخيصها بالاكتفاء بالمعلومات الأساسية وحـذف المعلومات الهامشية التي تحمل إضافات أو أمثلة أو شروح ... إلخ. (٨) الإحصاء اللغوي لجذور الأفعال، ولمداخل المعاجـم، وللمفـردات الأكثر شيوعًـا فـي الاستعمـال اللغوي، وللمتصاحبـات اللفظية، ولـلأدوات النحويـة وللتراكيـب العباريـة والأسلوبيـة المختلفـة. (٩) صناعـة المعاجم الإلكترونيـة وتطبيقاتها المختلفة على مواقع الإنترنـت، أو الحواسيب المكتبية والمحمولة واللوحية، أو الهواتف الذكية. (١٠) بناء المدونات اللغوية بأنواعها المختلفة، وتطبيقاتها البحثيـة والتعليمية. (١١) تعليم اللغـة لأبنائها ولغير الناطقين بها وتوظيفها فـي تنمية مهارات الاستماع والقراءة والكتابة والتقييم وتحليل الأخطاء.

ويأتـي هـذا البحث فـي إطـار التحليـل الآلي للصـوت بغرض التعـرف على سمات البصمة الصوتية بما يقوم دليلاً أو قرينةً يُستنَدُ إليها فـي التحقيقات الجنائية والإثبات القضائـي، من خلال تحليل عينـات صوتية باستخدام برنامـج Praat. والعنصر الآتي يوضح العينة التي يعتمد عليه البحث مادةً للتحليل التطبيقي لتحقيق الغرض البحثي.

(٢,٢) المادة المحللة:

يهدف هذا البحث ـ كما سبقت الإشارة ـ إلى تقديم نموذج تطبيقي لتوظيف إمكانات التحليل الآلي للصوت العربي باستخدام برنامج Praat بوصفه أحد التطبيقات الحديثة والمتقدمـة فـي مجـال التحليل الحاسوبي. كمـا يهدف البحث من خـلال هذا النموذج التطبيقـي إلى إثبات اختلاف البصمة الصوتية؛ للإجابة عن السؤالين البحثيين الثاني والثالـث، وهمـا: كيف يمكـن توظيف التطبيقـات الحاسوبيَّـة فـي تحليل سمـات تفرّد البصمـة الصوتية؟ وما المظاهر الصوتيـة التي ينبغي تحليلُها وقياسُها لإثبات اختلاف

البصمة الصوتية؟ وللإجابة عن هذين السؤالين، يقدم البحث تحليلا آليًّا لعينة صوتية مسجلة من عائلة واحدة تتكون من ٥ حالات. ومن معايير اختيار هذه المادة الصوتية: (١) تقارب الأداء الصوتي المدرك بالأذن المجردة وبخاصة في التسجيلات الصوتية أو المحادثات الهاتفية. (٢) كما روعي اختيار العينة لخمسة ذكور أشقاء بالغين؛ لتحليل مدى تأثير العوامل الوراثية في الأداء الصوتي أو درجة التطابق في إنتاج الصوت. (٣) كما روعي تسجيل عبارة واحدة (عشرة آلاف جنيه) في محاكاة لمشهد تمثيلي أو افتراضي (طلب ١٠,٠٠٠ جنيه على سبيل التحديد، والاستدلال بهذا التسجيل في نزاع قضائي يتطلب إسناد المادة الصوتية لخبير أصوات لتحديد هوية المتحدث). (٤) ولضمان عدم تأثر الأداء الصوتي بأي عوامل خارجية كالضوضاء أو وسيلة التسجيل أو الظروف المحيطة بالمتحدث؛ فقد روعي تسجيل العينة الصوتية في سياق خارجي واحد، ونفس أداة التسجيل وإعداداته الفنية في برنامج Praat، ثم تنقية الصوت المسجل بإحدى وظائف البرنامج قبل الشروع في التحليل.

(٣,٢) أداة التحليل: وظائف التحليل في برنامج Praat:

تعتمد إجابة الأسئلة البحثية في هذا البحث على استخدام برنامج Praat في تحليل العينات المختارة (إصدار ٢٠١٨: ٦,٠,٤٠). وقد صُمِّم هذا التطبيق بغرض تحليل الأداء الصوتي وتحديد الخصائص الفيزيائيَّة للموجات الصوتية، والتردد، والتنغيم، والوضوح الإسماعي، والوقفات الصوتية. ويَحسُن قبل تفصيل الإمكانات التي يوفرها برنامج Praat في التحليل الآلي للصوت أن أقدِّم نبذة عن تطور تقنيات التحليل (الفزيائي) للصوت بما يحقق الدقة في نتائج التحليل.

(١,٣,٢) تقنيات تحليل الصوت:

مرت تقنيات التحليل الفزيائي للصوت بتطورات هائلة من أجهزة آلية إلى برامج وتطبيقات حاسوبية. ومن بين الأجهزة التي (كانت) تُستخدم في التحليل الصوتي[١]: (١) منظار الحنجرة Laryngoscope: لتحديد مخارج الأصوات الحنجرية كالعين والحاء والهمزة والهاء، وكيفية نطقها. (٢) رسام الحنك الإلكتروني Electropalatograph: الذي تطور ليحل بديلًا عن رسّام الحنك Palatograph، من خلال وضع بودرة سوداء

(١) انظر: صفوت علي صالح، مقدمة في علم اللغة الحاسوبي، مرجع سابق، ص: ٥٧ – ٦٠.

على حنك المتحدث، ثم يُطلب إليه نطق صوت معين مثل /س/، ثم تُلتَقَط صورة فوتوغرافية للحنك لتحديد المخرج.. (٣) راسم الذبذبات Oscilloscope: ويقوم على تحويل الطاقة الصوتية إلى طاقة كهربائية، تُعرض مع مقياس الزمن على شاشة عرض تُظهِر شدة الصوت، وزمن الذبذبة، وحالة الصوت من حيث الجهر والهمس بناءً على حالة الوترين الصوتيين. (٤) جهاز الطيف المرئي Spectrograph: وتقوم فكرة عمله على تحليل الموجة الصوتية من حيث معايير الشدة، والزمن، والتردد). (٥) المطياف الحاسوبي Computerized spectrograph: لعرض الموجات الصوتية بأبعادها الثلاثية (زمن النطق، والتردد، والشدة)، لحساب التردد الأساسي ولقياس النطق الرنيني عند نقطةٍ معينة من زمن الموجة الصوتية باستخدام liner productive coding.

ثم ابتُكرت مؤخرًا برامج حاسوبية للتحليل الصوتي، تعطي نتائج دقيقة ذات جودة عالية، منها: (١) برنامج Audacity Beta: لعرض الصوت في صورة طيفية مرئية. (٢) برنامج Speech Filing System: لتحليل مستويات الصوت من حيث القوة والشدة، وشكل الموجة، وصورتها الطيفية، والرسم البياني للّتردد الأساس، وأثر حركة الوترين الصوتيين في المجهورات، ومعالم النغمة الترددية Formats، وكذلك المنحنى التنغيمي للّنغمة الهابطة والنّغمة الصاعدة. (٣) برنامج Ic Speech analyzer: لرسم الموجة الصوتية بيانيًا، وتحليل طيفها رقميًّا، والتوزيع الطيفي للإشارة الصوتية، وعرض الشدة الصوتية، وتحويل الكلام إلى صورة مرئية ذات بُعدين: عمودي، يُمثل تردد الصوت، وأفقي، يُمثل الزمن، وتظهر شدة الصوت في درجات متفاوتة من القتامة. (٤) برنامج AROS: وهو أداة تعمل بالذكاء الاصطناعي في التعرف الآلي على المتحدث Automatic Recognition of Speakers، من خلال تحويل المادة الصوتية المسجلة إلى مخطط طيفي يمكن مقارنته بعينة صوتية أخرى لتحديد خصائص الصوت ومضاهاتها بالصوت الأصلي. وتشير الدراسات أن نسبة الخطأ في نتائج التحليلات التجريبية التي اعتمدت على AROS تقارب ١٪، مما يدل على مدى دقة.

(٢,٣,٢) برنامج التحليل الآلي للصوت Praat:

من التطبيقات الحاسوبية في التحليل الآلي للخصائص الصوتية برنامج Praat: لتحليل الموجات الصوتية والخصائص الفيزيائية للصوت، من خلال معاينة الموجة

الصوتية والرسم الطيفي[١]. ومما يميز Praat أنه يجمع بين البعد الطيفي (للموجات الصوتية) والبعد الاهتزازي (لخصائص التردد)، كما أنه يدعم كتابة التعليقات بالعربية، وإن كانت واجهته لم تُعرَّب بعد. ولبرنامج Praat إمكانات وظيفية في التحليل الصوتي دفعت كثيرًا من الباحثين للاعتماد عليه في التحليل الآلي للخصائص الصوتية. ومن هذه الإمكانات: (١) التجسيد الطيفي والقياس والاهتزازي؛ إذ تُحوَّل السمات الصوتية (كالتردد، والنبر، والتنغيم، والوقفات صوتية، والجهر والهمس، وحِدَّة الصوت وشدَّته، والوضوح الإسماعي، إلخ) من وحدات لغوية ذات طبيعة نطقية تُدرك بالسماع إلى وحدات أكوستيكية (فيزيائية) يمكن قياسها بالهيرتز وتجسيدها في صورة موجات طيفية ومنحنيات وبوان؛ (٢) الدقة العالية في التحليل والقياسات وفي الإعدادات المطلوبة لتنقية المادة المراد تحليلها، واستخراج تقارير صوتية تتضمن التحليل الإحصائي للسمات الصوتية المحدَّدة؛ (٣) سهولة الاستخدام ومرونة التطبيق؛ إذ يمكِّن التطبيق من تحرير ملفات صوتية بحجم ٢ جيجا بايت، بما يعادل ٣ ساعات مسجَّلة؛ (٤) التوافق مع معظم أنظمة التشغيل الحاسوبية (ليونكس، ماكينتوش، ويندوز)، مع إمكانية مقارنة العينات المحللة، والكتابة على المقاطع المعينة؛ إذ يُمكِّن Praat من عزل الصوت الأساسي عن الأصوات المصاحبة، والتدوين الكتابي transcript على الإشارة الصوتية المنطوقة في نافذة التحليل.

(٣,٣,٢) الخصائص الصوتية التي يمكن تحليلها آليًا بتطبيق Praat [٢]:

يتيح Praat مجموعة من قوائم الوظائف التحليلية لخصائص الصوت، كما أنه مزوَّد بدليل استعمال شارح لكل قائمة. ومن أبرز جوانب التحليل في هذا التطبيق أن يقدِّم تقريرًا بالتحليل الإحصائي لكل سمة صوتية على حدة، وتقريرًا كليًّا بالتحليل الإحصائي والانحراف المعياري للنطاق الصوتي المحدَّد للتحليل. ومن الخصائص الصوتية التي يحللها Praat:

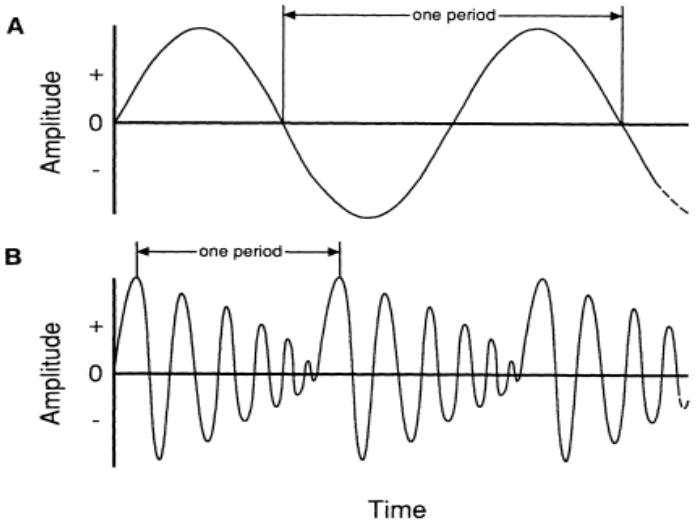
(١) طول الموجة الصوتية Wavelength: وهو المسافة بين أية نقطة من الموجة

---

(١) وهو من تصميم الهولنديَّيْن David Weeninck و Paul Boersma، بمعهد علوم الصوتيات بجامعة أمستردام. و Praat كلمة هولندية تعني (تكلَّم). انظر: بن عيسى كبير، دليل مستعمل تطبيق تحليل الإشارات الصوتية ومعالجتها برات Praat، مركز البحث العلمي والتقني لتطوير اللغة العربية، الجزائر، ع: ٩، ٢٠١٩، ص: ٥-٧.

(٢) انظر: بن عيسى كبير، دليل مستعمل تطبيق تحليل الإشارات الصوتية ومعالجتها برات Praat، مرجع سابق، ص: ٢٢.

الصوتيــة ونظيرتها فـي الطور الذي يليها، أي بين قِمَّتَيْ الموجتين المتواليتين أو قاعَيْهِما، كمــا يتضح من الرسم الآتــي[١]. وهناك علاقة طردية بين عدد الأسطر الموجية Pulses الصوتيــة فـي النطــاق الصوتي والــتردد Frequency، فكلما تقاربــت النقاط بين قمم الموجات الصوتية المتتالية أو قيعانها؛ ازدادت درجة تردد الصوت.



(٢) سعة الموجة Amplitude: مدى ارتفاع قمة الموجة الصوتية (أو شدة إشارتها)، ويُستدَل عليها بالمنحنى الموجي بارتفاع الموجة، وهناك ارتباط طردي بين شدة الصوت Intensity (درجة علو الصوت) وسعة الموجة، فكلما علت قمة الموجة، صاحَبها علو شدة الصــوت (درجة الوضــوح الإسماعي) والعكس، فالموجة الصوتيــة (w – ١) فـي الرسم الآتي[٢] أعلى شدةً وإسماعًا نظرًا لاتساعها؛ على عكس الموجة الصوتية (w – ٢). ومن معــالم سعة الموجة الصوتية مدى قتامة الرسم الطيفــي، فكلما ازدادت درجة القتامة؛ دلَّ ذلك على درجة شدة الصوت (أو طاقته) فـي زمنٍ وترددٍ معيَّنَيْن.

(1) Hollien. H. (1990), The Acoustics of Crim: The New Science of Forensic Phonetics, Springer Science and Business Media New York, p: 17.
(2) ibid, p: 19.

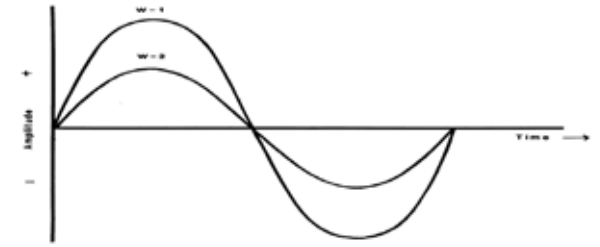
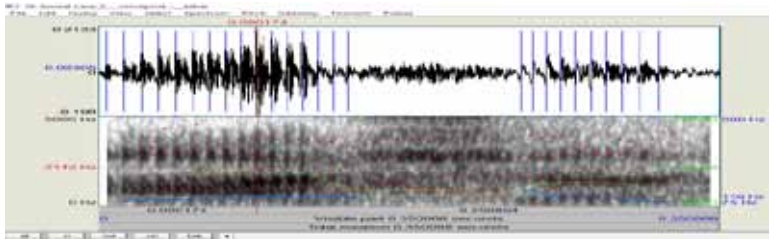
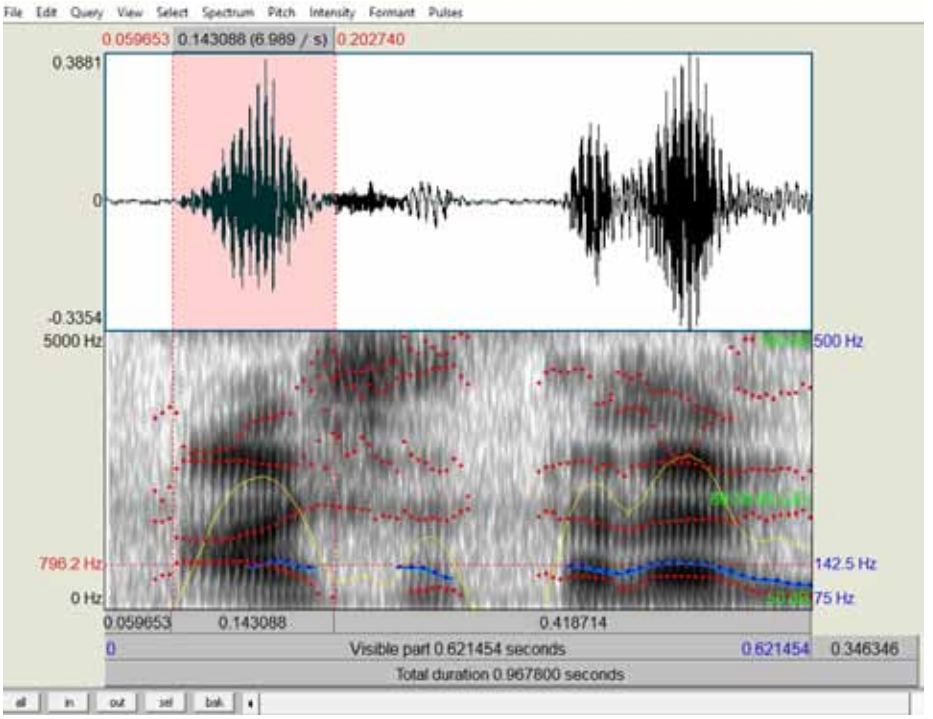


Figure 3-4. A pair of sine waves of the same frequency but with differing amplitudes. They are heard as a single tone.

(٣) التـردد Frequency: وهـو عـدد الموجات التي تتجاوز نقطـة معينة خلال فترة زمنية محددة. ويرتبط تردد الصوت بسرعة اهتزاز مصدره، فكلما زاد تردد الصوت، زادت درجـة حدتـه، والعكس. ووحدة قياس التردد Hz هرتـز، وتمثله الأرقام الحمراء علـى يسـار النافذة بـين أقل قيمـة معيارية ٠ Hz وأعلـي قيمـة ٥٠٠٠ Hz، كما توضح الصورة الآتية.

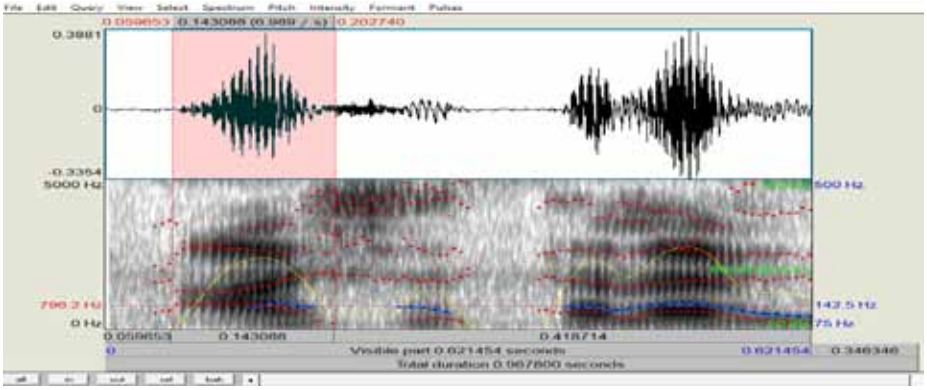


(٤) البانيـة الصوتية (النطاق الرنينـي) Formants: وهي حزم تكوينية تشير إلى تركيز كثافة الطاقة الصوتية وسعة التجويف الصوتي عند إنتاج الصوت؛ ومن ثم يعتمد تـردد البانية علـى شكل المخرج لحظة إصدار الصوت. ويبـدأ ترتيب البواني من أسفل الرسم الطيفي، كما توضحها الأشكال التالية على النحو الآتي:



حيث يوضح الجزء الأسفل في هذه الصورة توزيع البواني الصوتية من (F1 إلى F4) من أسفل إلى أعلى في صورة خطوط أفقية منقَّطة حمراء بشكل متعرج. ويُقاس تردد البانية الصوتية بالهرتز (HZ)، وفق قيم معيارية ثابتة: فالبانية الصوتية الأولى من أسفل F1 (المرتبطة بإنتاج حركة مفتوحة open vowel بتردد عالٍ، أو حركة ضيقة close vowel بتردد منخفض) يتراوح ترددها من (٠ : ١٠٠٠ HZ)، والبانية الثانية F٢ (التي ترتبط بشكل اللسان في تقعره لإصدار حركة خلفية back vowel أي مفخمة بتردد منخفض، أو انبساطه لإصدار حركة أمامية front vowel أي مرققة بتردد عالٍ) يتراوح ترددها من (١٠٠٠ : ٢٠٠٠ HZ)، أما تردد البانية الثالثة F3 (التي ترتبط بشكل التجويف الفموي أثناء مرور الهواء) فيتراوح ترددها من (٢٠٠٠ : ٣٠٠٠ HZ)، وفي بعض الحالات يُلجَأ إلى تحليل البانية الرابعة F٤ (التي يرتبط ترددها باستدارة الشفتين لإصدار حركة مستديرة أو منفرجة أو عادية) ويتراوح ترددها من (٣٠٠٠ : ٤٠٠٠ HZ). أما F0 فلا تُعد بانيةً بالمفهوم الصوتي؛ إذ تشير إلى التردد الأساسي (النغمة الأساسية للأوتار الصوتية عند النطق).

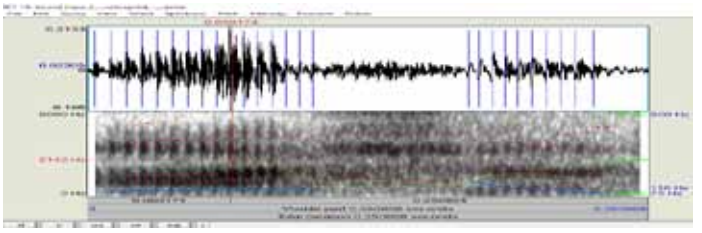
(٥) شـدة الصـوت Intensity: ويمثلهـا المنحنى الموجي الأصفر الـدال على ارتفاع الموجـة الصوتيـة (أو شدة إشارتها). وهناك ارتباط طردي. كمـا سبقت الإشارة. بين شدة الصوت (درجة علوه) وسعة الموجة Amplitude، فكلما اتسعت الموجة (أي ارتفعت قمتـه)، ازدادت شـدة الصوت (أي درجة الوضوح الإسماعـي) والعكس. كما يصاحب شدة الصوت قتامة في الرسم الطيفي تعكس كثافة الطاقة الصوتية في النطاق المحدد. وتُقاس شدة الصوت بالديسبيـل dB وفق قيم معيارية تُستخرج مـن قائمة خصائص الشـدة في Praat (حيث متوسط الشـدة، وأعلى قيمة، وأقل قيمة، والانحراف المعياري للنطاق الصوتي) [١]، أو بالوقوف على النقطة المستقرة في منحنى الشدة لتظهر درجة شدة الصوت المحدد عند هذه النقطة.



(٦) النـبرة الصوتيـة Pitch: (أو نغمـة الصـوت) ويمثلها المنحنـى الأفقي الأزرق والأرقام الزرقاء على يمين النافذة بين أقل قيمة معيارية ٧٥ Hz وأعلى قيمة ٥٠٠ Hz. وترتبـط درجة النبرة الصوتية بطول الوترين الصوتيـين وسمكهما وتوترهما؛ ومن ثم تختلف النبرة باختلاف جنس المتحدث وعمره (انظر الصورة التوضيحية السابقة).

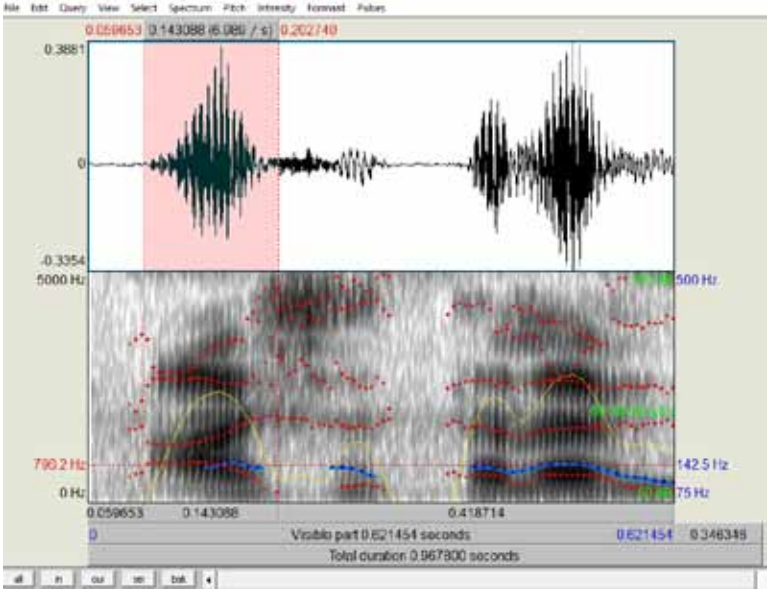
(٧) الأسطر الموجيَّة Pulses: عدد الموجات الصوتية في زمن معين، وبالتالي يرتبط بدرجـة تردد الصوت ارتباطًا إيجابيًّا، فيعبر عن مدى سرعة الصوت. وتمثلها الأسطر العموديـة الزرقاء أعلـى الرسم الطيفي (كما يتضـح في الصورة الآتيـة). وتُستخرَج قيمها العددية من التقرير الإحصائي للصوت المظلل أو للنطاق الصوتي بأكمله.

(١) أقصى ما يمكن أن تُطيق الأذن البشرية سماعه ١٢٠dB. انظر: جون أولسون، علم اللغة القضائي: مقدمة في اللغة والجريمة والقانون، ترجمة: محمد بن ناصر الحقباني، جامعة الملك سعود ، ٢٠٠٨، ص: ٢٨٠.



(٨) الصـورة الطيفية Spectrogram : تمثيل الطاقـة الصوتية طيفيًّا؛ حيث يوضح الشريـط المظلـم voice bar الخصائـص الصوتيـة للفونيم المحدد (بالنقـر عليه) أو للنطاق الصوتي (بتظليله) في زمن معين. كما يمكن الاعتماد على قراءة معالم الصورة الطيفية لتحديد هوية المتحدث من خلال مضاهاة درجة قتامة الموجات الطيفية الدالة علـى كثافة الطاقة الصوتية أثناء نطق فونيـم أو مقطع معين (انظر الجزء الأسفل من الصورة التالية).

(٩) زمـن الصـوت Duration: قياس المدة الزمنية التـي يستغرقها إنتاج الصوت، وتظهـر على الشريـط الأفقي أسفل نافـذة التحليل، كما يتيح التحليـل الإحصائي في Praat المـدة الزمنيـة للملـف الصوتي كليًّا والمـدة الزمني للجزء المحـدد للتحليل، كما يتضح فـي الصورة الآتية.



هـذه أبـرز المفاتيح الفيزيائيـة التي تصف سمـات النطق والخصائـص الصوتية؛ فالصـوت الحـاد أو الرخيم أو العالي، ... إلخ تُحلَّل خصائصـه الفيزيائية آليًّا وتُجسَّد فـي صور طيفية، ومنحنيات، وأسطر موجيَّة، ثم تُحوَّل إلى قيم إحصائية وفق مقاييس معياريَّة ثابتة بوحدات قياس الصوت. وبقراءة هذه الأطياف والمنحنيات والإحصاءات؛ يتمكن خبير الأصـوات (أو المحلل الصوتي من الباحثين وغيرهم) من عمليات المقارنة والمضاهـاة، واستخلاص النتائـج القائمـة علـى الدليل العلمـي، وليس علـى الحدس والتخمـين أو التمييـز بالأذن المجردة. وفي العنصـر (٦) سيقدم هذا البحث قراءات لهذه المعطيات من خلال تحليل خمس حالات تمثل عينة الدراسة في إثبات تفرد البصمة الصوتية بما يعزز حجيتها في الاستدلال الجنائي والإثبات القضائي. لكن السؤال الذي يمكـن طرحه هنا: ما مـدى قانونيَّة البيان الصوتي؟ وما موقـف قانون حماية البيانات الشخصية من المعالجة الإلكترونية للصوت بما يمثل تعديًا على الحقوق؟ العنصر الآتي (٤) يوضح موقف المشرِّع من البيانات الشخصية وتحديدًا البيانات الصوتية.

(٤) تجريم التعدي على البيانات الشخصية في القانون:

يمثل الصـوت إحدى صور البيانات الشخصية التي تُمكِّن من التعرف على صاحبها (الشخـص الطبيعـي). وقد عـرَّف قانون حمايـة البيانات الشخصية رقـم ١٥١ لسنة ٢٠٢٠ ـ مادة (١) البيانات الشخصية بأنها: "أيُّ بيانات متعلقة بشخص طبيعي محدَّد، أو يمكـن تحديـده بشكل مباشر أو غير مباشر عن طريق الربـط بين هذه البيانات وأي بيانـات أخـري كالاسم، أو الصـوت، أو الصورة، أو رقم تعريفـي، أو محدد للهوية عبر الإنترنـت، أو أى بيانات تحدد الهوية النفسية، أو الصحية، أو الاقتصادية، أو الثقافية، أو الاجتماعية»[١].

كما حدَّد القانون مفهوم «المعالجة» الإلكترونية التي يمكن أن تتعرض لها هذه الصور مـن البيانات الشخصية بحيث تُجرَّم أيةُ معالجـة للبيانات الشخصية تتم بصورة غير شرعية (سواء خارج سياق التحقيقات، أو بما يقتضيه واجب العمل المصرَّح به)، فنصَّ علـى أن المعالجة تعنـي: «أية عملية إلكترونيـة أو تقنيَّة لكتابة البيانـات الشخصية، أو تجميعهـا، أو تسجيلهـا، أو حفظها، أو تخزينها، أو دمجها، أو عرضهـا، أو إرسالها، أو

(١) الجريدة الرسمية - العدد ٢٨ مكرر (هـ) - في ١٥ يوليو، سنة ٢٠٢٠.

استقبالها، أو تداولها، أو نشرها، أو محوها، أو تغييرها، أو تعديلها، أو استرجاعها أو تحليلها وذلك باستخدام أي وسيط من الوسائط أو الأجهزة الإلكترونية أو التقنية سواء تم ذلك جزئيًّا أو كليًّا»[1].

ومعنى هذا أنه إذا تعرضت البيانات الصوتية لشخص ما لأيٍّ من هذه المعالجات بصورة غير مشروعة؛ خضع المعالِج لطائلة المساءلة القانونية وفق لائحة العقوبات التي حددها القانون أو التي يقدرها القضاء. فقد تتعرض البيانات الصوتية (وبخاصة في ظل تطور التطبيقات الحاسوبية) لعمليات التقليد أو التركيب والتلاعب أو إزالة بصمة اللحن الموسيقي والتشويش أو التسجيل دون مسبِّب قضائي، أو نحو هذا من الأفعال المنافية للحقوق مما يترتب عليها ضرر يعاقب عليه القانون. وهذا ما احتج به فريق من فقهاء القانون في التحوط عند التعويل على الدليل الصوتي في الإثبات القضائي؛ لما قد يشوب عملية تسجيل الصوت من انتهاك للحق الإنساني (ما لم يكن له مسبِّب قضائي)، ولما قد يعتري المادة الصوتية نفسها من معالجات إلكترونية تَحرِفها عن خصائصها الطبيعية؛ فلا تُسفر نتائج المضاهاة الصوتية عن نتائج واقعية لكشف الحقائق.

ومن هنا يقتضي السياق أن أوضح - في العنصر الآتي (٥) - مدى حجية الدليل الصوتي في الإثبات القضائي من خلال الاستدلال ببعض الحالات (أو الأحكام) القضائية التي احتُكِم فيها إلى خبراء الأصوات لتحليل العينات الصوتية ومضاهاتها بما يقوم سندًا في الحكم.

(٥) حجية الدليل اللغوي في الإثبات القضائي:

درجَت معظم الدراسات والبحوث في المكتبة العربية على الاستشهاد بحالات من واقع القضاء الأمريكي أو الأوروبي في سياق التعريف بالبصمة الصوتية؛ ولم تتطرق أية دراسة إلى أحكام من القضاء العربي، وهو ما أحاول استدراكه بتقديم أمثلة دالة من القضاء المصري من بين عشرات الأحكام التي طالعتها على شبكة قوانين الشرق. فالمدقق في هذه الأعمال التي قُدِّمت إلى المكتبة العربية - يجد بعضها أعمالاً نُقلت

(١) السابق.

إلى العربيــة عن اللغــات الأخرى (وأغلبها عــن الإنجليزية)[١]، وبعضهــا أوراق بحثية تحــاول أن تقــدم للقارئ العربــي علم اللغة الجنائــي (أو القضائــي) ونشأته ومجالاته وأشهــر الحالات القضائية التي اعتمدت عليه في الغــرب[٢]. إلا أن ما يمكن ملاحظته فــي هذه الأعمــال هو غلبة الجانب التنظــيري وغياب الجانب التطبيقــي وبخاصة في تحليــل البصمة الصوتية، وعــدم التطرق لمعايير المعالجة الحاسوبيــة للصوت البشري بغرض التحقيق الجنائــي أو الإثبات القضائي. ومما تُجمع عليه هــذه الأعمال أن علم اللغــة الجنائي (بــكل فروعه وتطبيقاته) وبخاصة علم الأصــوات الجنائي لا يزال بكرًا فــي الدرس اللغــوي العربي، ولا يزال في حاجة إلى مزيد مــن الدراسات (التطبيقية) والإفادة من معطياته في التحقيقات الجنائية والإثبات القضائي.

ولعلــه من المفيــد أولًا أن أعطــي نبذة مختصــرة لتاريخ ظهور مصطلــح "البصمة الصوتية" والاعتماد على الدليل الصوتي في كشف الجرائم.

(١,٥) نبذة تاريخية عن "البصمة الصوتية" والاستدلال بها قضائيًا:

يمكــن التأريــخ لظهور مصطلح "البصمــة الصوتية" بمطلــع الستينيات من القرن العشريــن؛ وتحديــدًا حــين نشر الأمريكــي لورنــس كيرستــا Lawrence Kersta (وكان ضمــن فريق العمل في مشروع وزارة الدفاع على خلفيــة الإنذارات التي تلقتها شركات الطيران الأمريكية بوجود قنابل) بحثين حول تجربتين للتحليل الآلي للصوت باستخدام الرســام الطيفي Spectrograph بغرض تحديد سمــات البصمة الصوتية تجاوزت دقة

(١) انظــر مثــلاً ترجمة: محمد بن ناصر الحقباني لكتاب: علم اللغة القضائي: مقدمــة في اللغة والجريمة والقانون، تأليف جون أولسون، مرجع سابق (٣٣٧ صفحة).

(٢) طالــع علــى سبيل المثال: (١) عبد المجيد الطيب عمر، علم اللغة الجنائي: نشأته وتطوره وتطبيقاته، المجلة العربية للدراسات الأمنيــة، مرجــع سابق، ص: ٢٧٣– ٢٩٩. (٢) ياسين عــزاوي، التقنيات الحديثة في إثبات الجرائــم، المجلة المغربية للقانون الجنائي والعلوم الجنائية، مركز البحوث الإنسانية والاجتماعية، ٢٠١٥، ع: ٣، ص: ١٨٣– ١٩٨. (٣) وسام المالكي، اللسانيات الجنائية: دراسة في المفهوم والوظيفة، مجلة أبحاث البصرة للعلوم الإنسانية، كلية التربية للعلوم الإنسانية بجامعة البصرة، ٢٠٢٢، مج: ٤٧ – ع: ١، ص: ٢٧١ – ٢٨٦. (٤) مقعد بن قعيد العتيبي، علم اللغة القضائي، مجلة البحوث الأمنية، كلية الملك فهد الأمنية، مركز البحوث والدراسات، ٢٠١٨، مج: ٢٧ – ع: ٧١، ص: ٢١٣ – ٢٤٤. (٥) عبد اللاه صلحي، طبيعة عمل عالم اللغــة الجنائــي: قراءة في ثلاث قضايا في تحقيق نسبة النص، المجلة العربية لعلوم الأدلة الجنائية والطب الشرعي، ٢٠١٩، مج: ١ – ع: ٩، ص: ١١٠٢ – ١١٤. (٦) سعاد طعبة، مقدمة في اللسانيات الجنائية وواقعها في العالم العربي، مجلة المحترف، جامعة زيان عاشور الجلفة، ٢٠٢٢، مج: ٩ – ع: ٥، ص: ٤٨ – ٦٢. (٧) كمال بسعودي وآخرون، تحليل اللغة الجنائية وأساليب تأويلها في ضوء اللسانيات القضائية: قراءة في كتاب علم اللغة القضائي لجون أولسون، مجلة المحترف، جامعة زيان عاشور الجلفة، ٢٠٢٣، مج: ١٠ – ع: ١، ص: ١٣٥ – ١٥٢.

نتائجها ٩٠٪[١]، الأمر الذي دفع كيرستا Kersta إلى أن يقرر- كما يوضح الطويسي - "أن الأساليب المستخدمة في دراسة بصمة الصوت قد تطورت إلى درجة يمكن معها اعتماد نتائجها كأدلة جنائية للكشف عن الجريمة، في حالة توفر المادة الصوتية"[٢]. وبهذين البحثين فتح كيرستا الباب أمام عدد من الدراسات في أمريكا في هذا الحقل؛ مما دفع المراكز الشرطية في عدد من الولايات المتحدة الأمريكية إلى تبني نتائج هذه الدراسات والاستعانة بتحليلات البصمة الصوتية في التحقيقات الجنائية، وسرعان ما انتقلت التجربة إلى دول أخرى مثل كندا وروسيا وإيطاليا. حتى بلغ عدد القضايا التي اعتمدت على أدلة البصمة الصوتية في أمريكا - كما يقرر Oscar Tosi - ٧٩ قضية في ثماني سنوات (من ١٩٧٠ إلى ١٩٧٨)[٣].

ومن الحالات القضائية التي عرضها Tosi للتدليل على اعتماد البصمة الصوتية في التحقيقات الجنائية[٤] قضية إدوارد لي كنج ١٩٦٨ الذي ظهر في مقابلة متلفزة مديرًا وجهه عن الكاميرا ومتفاخرًا بأنه شارك في أعمال النهب والسلب والشغب في مدينة لوس أنجلوس، فأحضرت الشرطة شخصًا مشتبهًا به يبلغ من العمر ١٨ عامًا ويُدعى إدوارد لي كنج، ثم كلفت المحكمة خبير الأصوات لورنس كيرستا بمضاهاة صوت المشتبه به بصوت الشخص المجهول الذي أجريت معه المقابلة التليفزيونية. وبالتحليل الطيفي لعينات من الصوتين، خلص كيرستا إلى نتيجة مؤداها إدانة كنج بضلوعه في أعمال النهب وحرق الممتلكات.

ومن هذه القضايا أيضًا، قضية ترمبل ١٩٧٠ التي تتلخص في اتصال هاتفي مجهول من فتاة تستعين بشرطة مدينة سينيت بول بولاية مينيوسوتا الأمريكية لنقل شقيقتها إلى المستشفى بداعي المخاض، وعند قدوم سيارة الإسعاف هاجم مجهولون الشرطي وقتلوه واستولوا على السيارة. فحصرت الشرطة ١٣ مشتبهًا بهن من منطقة الحادثة، وبمضاهاة عينات صوتية لهن بصوت الفتاة التي اتصلت بالشرطة هاتفيًّا، تبيَّن تطابق صوت إحداهن بصوت الفتاة المجهولة وكانت تُدعى ترمبل التي اعترفت بأنها هي

(1) Kersta,. L.G. (1962), Voiceprint Identification, Nature, 196, pp: 1253 - 1257.

(٢) عادل الطويسي، بصمة الصوت: سماتها واستخداماتها، المجلة العربية للدراسات الأمنية، جامعة نايف العربية للدراسات الأمنية، ١٩٩٦، مج: ١١ – ع: ٢٢، ص: ٧٤.

(3) Tosi. Oscar, 1979, Voice Identification, University Park Press, Baltimore, p:151.

(4) ibid, pp: 137 - 139.

صاحبــة الاتصال، ثم دلَّت على مرتكبي الجريمة. وكما سبقت الإشارة، هناك عدد من القضايــا التي يسوقها الباحثــون للتدليل على حجية البصمــة الصوتية في التحقيقات الجنائية والإثبات القضائي.

أما في القضاء المصري، فيؤرَّخ لحجية البصمة الصوتية في الإثبات القضائي سنة ١٩٥٣م علــى خلفية تقديم النيابة دليلاً صوتيًّــا لمحكمة الموضوع التي تنظر في القضية المعروفــة بقضية حمصي[١] التي تتلخــص وقائعها في إرسال أحــد المخبرين السريين لمقابلــة مدير بنــك حمصي للاتفاق معه علــى عملية تهريب أموال خــارج البلاد، فقام المخبر بتسجيل الحديث مع مدير البنك خفية دون علمه، ثم قدمت النيابة هذا التسجيل الصوتي للمحكمة التــي تنظر الموضوع كدليل إثبات في الدعوى. فقضت المحكمة بعدم الاعتــداد بدليل التسجيل الصوتي المستمد من تسجيل تم إجراؤه خفية؛ باعتبار أن هذا الإجراء لا يعدو أن يكون قد حدث من شخص آخر دخل خفية لكي يسترق السمع، ومن ثم ظهر بعد ذلك بمظهر الشاهد، وهذا ما لا تقبله المبادئ الأخلاقية. ثم صدر القانون رقــم ٣٧ لسنة ١٩٧٢ بشــأن تعديل قانــوني العقوبات والإجراءات الجنائيــة (بناءً على صدور دستور ١٩٧١)؛ فأجاز المشرع المصري بموجب هذا التعديل قبول البيِّنة المتحصَّل عليهــا من تسجيلات الأحاديث. ومن ثمَّ اختلف موقــف القضاء المصري، وتواترت بعد ذلــك الأحكام القضائية التي دلت صراحة علــى قبول دليل البصمة الصوتية المتحصَّل عليه من التسجيلات الصوتية بعد إجراء الخبرة الفنية عليها من قِبَل خبراء الأصوات للتأكد من تطابق الأصوات على هذه التسجيلات لدى جهات التحقيق مع أصوات المشتبه بهم[٢].

(٢,٥) نماذج للاعتداد بالبصمة الصوتية في القضاء المصري:

من أحكام القضاء المصري التي اعتدَّت بدليل البصمة الصوتية ما قضت به محكمة النقض سنة ١٩٩٣ بتأييد ما أخذت به محكمة الموضوع في قبول دليل البصمة الصوتية الذي أكد فيه خبير الأصوات تطابق الصوت المسجل على الشرائط مع أصوات المتهمين،

(١) انظــر: محمــد أمين الخرشة، مشروعية الصوت والصــورة في الإثبات الجنائي، دار الثقافة للنشــر والتوزيع، عمَّان، ٢٠١٥، ص: ١٥٧.

(٢) انظــر: سالم سعيد الجوهي، دور البصمة الصوتية في الإثبات الجنائي في التشريع الأردني، رسالة ماجستير، كلية القانون، جامعة اليرموك، الأردن، ٢٠٢٢، ص: ١١٧ – ١١٨.

فنصَّ الحكم على أن "ما حواه تقرير خبير الأصوات من أن الأصوات المسموعة على الشرائط المسجلة لبصمة أصوات المتهمين، فإن ما يثيره الطاعن من منازعة حول تصوير المحكمة، أو تصديقها لأقوال الشاهدين، أو محاولة تجريحها أو تعويلها على ما حواه تقرير خبير الأصوات ينحلُّ إلى جدل موضوعي في أدلة الثبوت التي عولت عليها محكمة الموضوع، وهو ما لا تسوغ إثارته أمام محكمة النقض»[١].

كما قضت محكمة النقض سنة ١٩٩٧ في أحد أحكامها بأن "تقرير خبير الأصوات أثبت أن الصوت الوارد على الشريط المسجل للحوار بين المتهمين والمبلِّغ مطابق لبصمة صوت كل من المتهمين (الطاعنين) والمبلِّغ، وأن أوراق تفريغ الشريط المشار إليه تضمنت عبارات تدور حول وقائع الرشوة أوردها الحكم"[٢].

وفي سنة ٢٠١٧ بيَّنت محكمة النقض في أحد أحكامها الاعتداد بدليل البصمة الصوتية في الإثبات الجنائي، حيث نصَّت في حكمها على أن الحكم "قد أورد بيانًا للدليل المستمد من تقرير خبير الأصوات الذي أثبت أن صوت المتهم وصورته مطابقان لصوته وصورته بالتسجيلات المأذون بها، والتي تدل على طلبه وأخذه مبلغ الرشوة على النحو الوارد بالأوراق؛ فإن الحكم بذلك يكون قد أورد مضمونَ ومؤدَّى الدليل المستمَد من تقرير خبير الأصوات ... على السياق المتقدم، وكان لا ينال من سلامته عدم إيراد نص تقرير الخبير بكامل فحواه أو أجزائه"[٣].

كذلك الحكم في القضية رقم ٤٨٠ لسنة ٢٠١٤ التي تتلخص وقائعها في تسطير محضر بالتحريات وعرضه على النيابة العامة لاستصدار إذن بتسجيل وتصوير اللقاءات والمحادثات التي تتم بين الطاعن والمُبلِّغ، فرُصدَت مكالمة بينهما تم خلالها تحديد موعد لتسليم الطاعن مَبلَغ مالي يحمل أرقام مسلسلة، وفي الموعد المحدد تم اصطحاب المُبلِّغ بعد تجهيزه بأجهزة تنصت حيث تم اللقاء بين المبلِّغ والطاعن وعقب تسلُّم الطاعن لمبلَغ الرِّشوة تم ضبطه، وهو ما ثبت بمحضر إثبات تفريغ الأسطوانة المسجل عليها اللقاء والحوار الذي دار بين المبلِّغ والطاعن والموضح به الاتفاق على تقاضي الطاعن المبلَغ، وهو ما أكده تقرير خبير الأصوات باتحاد الإذاعة والتليفزيون

(١) محكمة النقض، قرار رقم ٢١٠٧٤ لسنة ٦١ قضائية، بتاريخ ١٩ أكتوبر ١٩٩٣.

(٢) محكمة النقض ، قرار رقم ٣٧٠٨ لسنة ٦٥ قضائية، بتاريخ ٢٥ مايو ١٩٩٧.

(٣) محكمة النقض ، قرار رقم ٥٢٩٢ لسنة ٨٧ قضائية، بتاريخ ١ نوفمبر ٢٠١٧.

بنـاء على تكليف من النيابة العامة من أنه (تم أخذ البصمة الصوتية للطاعن والقيام بعملية المضاهـاة الصوتية وقد توصل بمساعدة الأجهـزة الفنية المتاحة لمطابقة صورة الطاعـن وصورته بالصـوت والصورة فـي التسجيلات) ؛ ومن ثمَّ فقـد ارتأت المحكمة التأديبية ثبوت المخالفة بحق الطاعن، مما يشكل بحقه ذنبًا إداريًّا بحسبان أن الموظف العـام ملتـزمٌ بـأن يسلك سلوكًا قويمًـا سواء داخل عملـه أو خارجه، وهـو ما يستوجب مجازاته تأديبيًّا[1].

وفـي سنة ٢٠٠٥ استند حكم المحكمة في ثبـوت واقعة الاتهام في حق الطاعن على أدلـةٍ استقاهـا من أقوال شهود الإثبـات، ومما ثبت من تقرير خبـير الأصوات بتطابق البصمـة الصوتية للمبلغ والطاعن على أشرطة التسجيل، وأن الأحاديث المسجلة عليها تدور حول واقعة الرشوة. وقد نصَّ الحكم على أنها "أدلة سائغة من شأنها أن تؤدي إلى مـا رتبه الحكـم عليها ولا يماري الطاعن في أن لها معينها الصحيح من أوراق الدعوى ... لمـا كان ذلك، وكان الحكم المطعون فيه قـد أورد في معرض تحصيله لأدلة الدعوى مضمـون تفريغ أشرطة الكاسيـت المضبوطة، وأن تقرير خبير الأصـوات قد انتهى إلى تطابـق أصوات كل من المبلغ والمتهم على الأصوات المسجلة على الشريط. خلافًا لما ورد بوجه النعي في هذا الشأن. فلا محلَّ لما يَنعاه الطاعن على الحكم في هذا الصدد"[2].

وكمـا سبقـت الإشـارة، هناك عشـرات الأحـكام القضائيـة التي اعتمـدت الدليل الصوتـي في الإثبات بالاستعانة بخبراء الأصوات فـي التحليل العلمي للمواد الصوتية واستخلاص سمات التفرد الصوتي ثم مضاهاتها بأصوات المشتبه بهم، ومن ثم تحديد هوية المتحدث؛ مما يثبت مدى حجية الدليل الصوتي في التحقيقات الجنائية والإثبات القضائـي، وبخاصة في ظل التطور التقني لوسائل التحليل الآلي للصوت البشري ودقة نتائجه.

(٣,٥) القيمة القانونية لدليل البصمة الصوتية في الإثبات الجنائي:

يتضـح من هذه الحالات القضائية أن القيمـة القانونية لدليل البصمة الصوتية في الإثبات الجنائي مستمدَّةٌ من نص القانون على مشروعية التسجيل الصوتي للمحادثات؛

(١) المحكمة الإدارية العليا، الطعن رقم ٤١٠٩٤ لسنة ٦٢ قضائية بتاريخ ١٣ يونية ٢٠٢٠.

(٢) محكمة النقض، الطعن رقم ٣٣٣١٦ لسنة ٧٢ قضائية بتاريخ ٢١ مارس ٢٠٠٥.

إذ يتعـذر تحديد هوية المتحدث إلا من خلال التحقق من بصمته الصوتية[١]. فقد نص المشـرع المصري في قانون الإجراءات الجنائية رقـم ١٥٠ لسنة ١٩٥٠ (وتعديلاته في المـادة ٩٥) على مشروعية مراقبة المحادثـات الهاتفية وضوابطها القانونية ما نصه أن "لقاضي التحقيق أن يأمر بضبط جميع الخطابات والرسائل والجرائد والمطبوعات والطـرود لـدى مكتب البريد، وجميـع البرقيات لدى مكتـب الـبرق، وأن يأمر بمراقبة المحادثـات السلكيـة واللاسلكية، أو إجراء تسجيلات لأحاديـث جرت في مكان خاص، متـى كان بذلك فائـدة في ظهور الحقيقة فـي جناية أو جنحة معاقـب عليها بالحبس لمـدة تزيـد على ثلاثة شهور، وفـي جميع الأحوال يجب أن يكـون الضبط أو الاطلاع أو المراقبة أو التسجيل بناءً على أمر مسبَّب، ولمدة لا تزيد على ثلاثين يومًا قابلة للتجديد، ومدد أخرى مماثلة". كما نصت المادة (٩٥) مكرر على أنه «لرئيس المحكمة الابتدائية المختصة في حالة قيام دلائل قوية على أن مرتكب إحدى الجرائم المنصوص عليها في المادتين (١٦٦ مكررًا و٣٠٨ مكررًا) من قانون العقوبات قد استعان في ارتكابها بجهاز تليفوني معين أن يأمر بناءً على تقرير عام مصلحة التلغراف والتليفونات وشكوى المجني عليه بوضـع جهاز التليفون المذكور تحت الرقابة للمدة التـي يحددها»[٢]. ويلاحَظ من هـذا النص أن الضوابط التي أقرها المشرع المصري "أكثر صونًا لحق سريَّة المحادثات الهاتفيـة، وتماشيًا مع مشروعية مراقبة هذه المحادثات التي تفرضها مصلحة المجتمع، ومواكبةً لتطور الأساليب الإجرامية في استخدام الوسائل والتطبيقات التكنولوجية في ارتكاب الجرائم الصوتية عبر المحادثات الهاتفية أو التسجيلات والرسائل الصوتية[٣].

وفـي ضـوء هذا، يجـدر التنبيـه إلى أن هناك تباينًـا حول مشروعيـة (أو بطلان) الأدلـة المستمـدة من التسجيـلات الصوتية. حيث يذهـب فريـق إلى مشروعية الدليل الصوتـي؛ طالمـا استوفيت فيـه الاشتراطات والأصـول المنصوص عليها فـي القوانين. ويستند أصحاب هذا الرأي من فقهاء القانون المصري إلى أن "تجريد الدليل المتحصَّل عليـه من التسجيلات الصوتية من المشروعيـة سيؤدي إلى عجز السلطات عن ملاحقة

(١) إذ لا يمكـن إثبات البصمة الصوتية إلا بالتحليل الفني للتسجيل الصوتي وصوت المشتبه به ومضاهاتهما لمعرفة مدى التطابق بينهمـا بنـاءً على تقرير الخبير المختص؛ ومن ثم يتسنَّى الحكم هذا التسجيل للمشتبه به أو عدم إسناده. انظر: عمرو عيسى الفقي، ضوابط الإثبات الجنائي، منشأة دار المعارف، الإسكندرية، ١٩٩٩، ص: ١٩٠.

(٢) المادة (٦٥) من قانون الإجراءات الجنائية المصري رقم ١٥٠ لسنة ١٩٥٠ وتعديلاته.

(٣) انظر: سالم سعيد الجوهي، دور البصمة الصوتية في الإثبات الجنائي في التشريع الأردني، مرجع سابق، ص: ٨١ و ٩٨.

الجنـاة، ولا سيما أن العديد من الجرائم التي يتـم ارتكابها يتعذر كشفها وإثباتها دون الاستعانـة بالأدلـة المستمدة مـن التسجيلات الصوتيـة بشكل كبـير، وبخاصة جرائم الجاسوسية وتهريب المخدرات والنقد"[١]. فالبصمة الصوتية تُعدُّ دليلاً قائمًا بذاته[٢] فـي الإثبات استنـادًا للتقنيات الحديثة؛ ومن ثَـمَّ يمكن الأخذ بالدليـل المسجَّل صوتيًّا فـي مرحلة الاسترشاد (أثناء جمع الأدلة)، وفـي مرحلة النقض في حالة إدانة المتهم بالسب والقذف (أما في حالة تبرئته فلا حجة لهذا الدليل). وكما يقرر أستاذ القانون الجنائـي عمر مصبح، فإنـه على الرغم من عدم النص صراحـةً في القوانين العربية علـى إمكانيـة التعويل علـى البصمة الصوتية فـي الإثبات الجنائـي؛ إلا أن الدراسات العلمية تؤكد أن لبصمة الصوت من الخصائص الفريدة الدالة ما يجعل التعويل عليها في التحقق من الشخصية أمرًا لا بدَّ منه، بحيث يتعدى حدود القرينة إلى مرتبة الدليل وبخاصـة في ظل تطور وسائل التحليل الآلي الدقيق في التعرف على البصمة الصوتية وتحديد هوية المتحدث، وإلا فما دلالة أن تنص القوانين على إمكانية تسجيل المحادثات إن لم يكـن مقبـولاً الاعتماد عليه فـي الإثبات؟ ويؤكد الفقيه القانـوني فتحي سرور أن الدليـل المستمد من بصمة الصوت يظـل خاضعًا لمبدأ القناعة الوجدانية للقاضي، وهو المبدأ العام في الإثبات الجنائي.

في حـين لا يميـل بعض فقهـاء القانون- كما سبقـت الإشـارة- إلى التعويل على دليل البصمة الصوتية في الإثبات الجنائي؛ لما قد يشوبها من التضليل والتشويه والإضافات وبخاصـة في ظل تطور الوسائل الحديثة في التسجيـل الصوتي؛ ومن ثَمَّ يمكن دحض دليـل البصمة الصوتية عند المضاهاة لاحتماليـة تعرض مكونات الصوت لعوامل تغيير إرادية (كمحاولة المتحدث تغيـير نبرة صوته عند مطابقتها ببصمة الصوت الأصلي)، أو لا إراديـة (كالتغـير الطـارئ على الصوت بسبـب المرض أو الشلل الـذي قد يصيب الأحبـال الصوتية) فيتأثر الصوت، ومن ثَمَّ يتغير الرسم الطيفي للسمات الصوتية[٣].

---

(١) الحسينـي عمـار عباس، مدى مشروعية التسجيـل الصوتي بالهاتف النقـال كدليل في الإثبات الجنائـي، جامعة أهل البيت بالعراق، ع: ٨، ٢٠٠٩، ص: ١٧٤.

(٢) محمد حماد الهيتي، الموسوعة الجنائية في البحث والتحقيق الجنائي، دار الكتب القانونية ، القاهرة، ٢٠٠٨، ص: ٤٨٩.

(٣) انظـر: عمـر مصبح، بصمـة الصوت وأثرها فـي الإثبات الجنائي، مرجع سابـق، مج: ٢١ – ع: ٥٢، صـ: ٤٤ – ٤٦. وانظر: أحمـد فتحـي سرور، الشرعية والإجراءات الجنائية، القاهرة، دار النهضـة العربية، ١٩٧٧، ص: ٤٩٩. و أحمد محمد خليفة، مشروعيـة تسجيـل الصوت في التحقيـق الجنائي، مجلة الأمن العـام، ١٩٥٨، ع: ١، ص: ٢٥. و عباس أحمـد الباز، البصمة البصرية والصوتية ودورهما في الإثبات الجنائي، ضمن كتاب: الاستخدام الشرعي والقانوني للوسائل الحديثة في التحقيق الجنائي، جامعة نايف الغربية للعلوم الأمنية، الرياض، ٢٠٠٨، ص: ١٤١.

ويستنـد أنصار هذا الرأي مـن فقهاء القانون المصـري إلى "أن تسجيل الأصوات يعد إجـراءً باطـلاً بطلانًا مطلقًا؛ لما يترتب عليه من انتهاك حـق الأفراد في الخصوصية، وهو مخالف للشعور الإنساني الذي يقضي بأن يتمتع الفرد بالحرية الكاملة"(١).

ويمكـن أن نستخلص من هـذا التباين حول مشروعية التعويـل على الدليل الصوتي - أن دليـل البصمـة الصوتيـة مـن الأدلـة المستحدثة فـي التحقيق الجنائـي والإثبات القضائـي، ولا بأس من الاستنـاد إليه إذا ما استقـر وجدان القاضي علـى الأخذ بما يقدمـه خبراء الأصوات من نتائج؛ مـادام الاعتماد عليها من قِبـل السلطات واقعًا في مصلحـة التحقيق، وخاضعًا للضوابط والقيود التي حددهـا القانون، لاسيما أن الدليل الصوتـي قد أثبـت حجيته في إثبات السـن والنوع وفي تحديد هويـة المتحدث بصورة دقيقـة. ومـن ثمَّ، فلتحقيق التوازن بين واجب جهـات التحقيق في كشف الجريمة وحق المجتمـع في العقاب، وبين حق المتهم في احترام حقوقـه الإنسانية؛ فإنه يتعيَّن مراعاة الضمانـات القانونيـة التي تكفل المشروعيـة الإجرائية في التدليل، ومـن ثمَّ مشروعية البصمـة الصوتية في الاستدلال والإثبـات الجنائي وفق قواعد قانون العقوبات وقانون الإجـراءات الجزائيـة. وهذا ما ذهـب إليه فريق من فقهاء القانـون المصري؛ إذ يرون مشروعيَّـة التعويل على الدليل الصوتي وفق القيـود والضوابط القانونية، من أهمها أن يكـون التسجيـل مُسبَّبًا قضائيًّا. كما يؤخذ بالدليل الصوتـي في حالات كشف الجرائم الجسيمـة، أو إذا كان مقدَّمًـا كأحد أدلة البراءة؛ "فعندها يجـوز الاستناد إليها بدون قيـد ولا شرط حتى ولو كان قد تم الحصـول عليها بطريقة غير مشروعة؛ لأن ذلك في حقيقة الأمر عودة لأصل البراءة، فلا يقبل تقييد حرية المتهم باشتراط مشروعية دليل البـراءة، وفقًـا لما هو مطلوب في دليـل الإدانة"(٢). ومن المستقَرِّ عليـه - كما يتضح من حـالات الأحكام القضائية فـي العنصر (٢,٥) - أنه في حالات المنازعة، يُلزِم القاضي بإحالـة الموضـوع محل النـزاع إلى أهـل الاختصاص (خـبراء الأصـوات)، وللمحكمة السلطـة التقديرية في قبول التسجيـل الصوتي واعتباره دليلاً مشروعًا، أو رفضه. كما أنـه لا يجوز الدفع بالدليل الصوتي أمام محكمة النقض لأول مرة؛ وإنما أمام محكمة الموضـوع بحسبانه أحـد إجراءات التحقيق السابقة للمحاكمـة. فما طبيعة عمل خبراء الأصـوات؟ وما المكونات الصوتية التي يرتكز عليها في التحليل الفني والتقني للبصمة

(١) انظر: عمار الحسيني، مدى مشروعية التسجيل الصوتي بالهاتف النقال كدليل في الإثبات الجنائي، مرجع سابق، ص: ١٧٢.

(٢) انظـر: محمد أمـين الخرشة، مشروعية الصوت والصورة في الإثبات الجنائي، مرجـع سابق، ص: ١٥٧. وانظر: سالم سعيد الجوهي، دور البصمة الصوتية في الإثبات الجنائي، مرجع سابق، ص: ١١٥ - ١١٦.

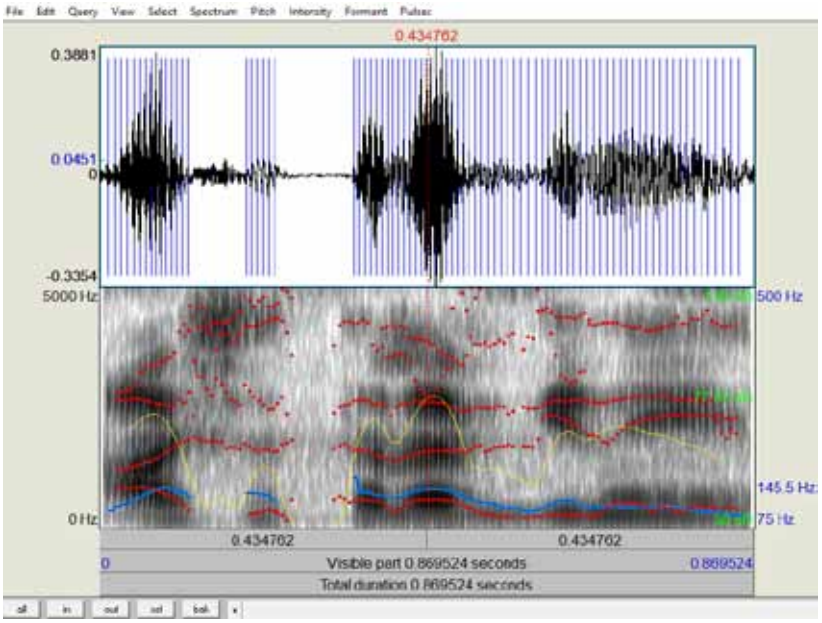
الصوتيــة؟ هذا ما أحاول الإجابة عنه في العنصــر الآتي (٦) من خلال التحليل الآلي لسمات البصمة الصوتية في عينة البحث.

(٦) نموذج التحليل الآلي لمظاهر اختلاف البصمة الصوتية:

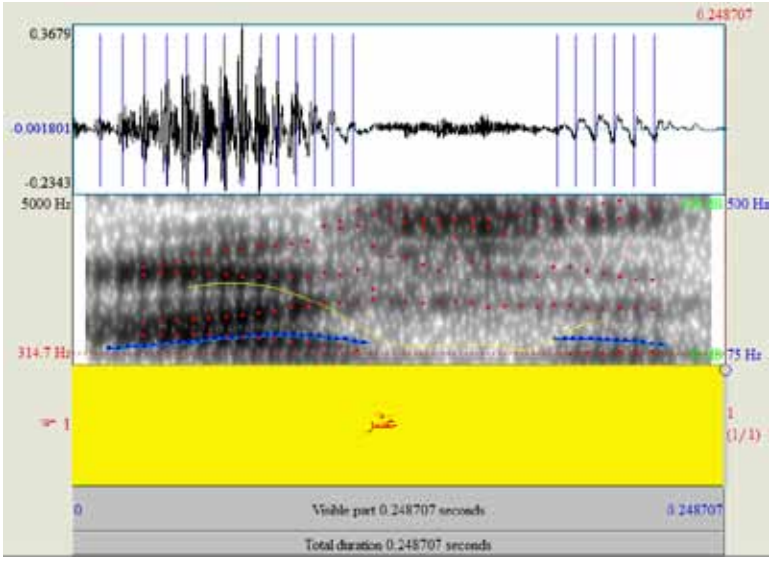
في هذا العنصر، أقدم نموذجًا تطبيقيًّا لتحليل مظاهر اختلاف البصمة الصوتية؛ لأجيــب عن الســؤال البحثي: كيف يمكــن توظيف التطبيقــات التكنولوجيــة في تحليل البصمة الصوتية؟ وكيف يمكن استقــراء القياسات الإحصائية للسمات النطقية؟ وما آلية تنميط البصمات الصوتية وتشفيرها في صيغة باركود؟ وما المعايير الاسترشادية لتحليــل البصمة الصوتية للأغراض القضائية أو البحثية؟ ولإجابة هذه الأسئلة، يعتمد هــذا البحث- كمــا سبقت الإشــارة في (٢، ٣، ٢) - علــى برنامــج Praat للتحليل الآلي للصوت. وسأركز في هذا النموذج على الإجراءات التحليلية الآتية:

- عرض التحليل الطيفي Spectrogram للسمات النطقية للنطاق الصوتي (عشرة آلاف جنيه) في العينة الصوتية المسجَّلة.
- عرض التحليل الطيفي للسمات النطقية للمقطع الصوتي (عشر).
- رصــد القيــم الإحصائية للسمــات النطقية للنطــاق الصوتي بأكملــه، وللمقطع الصوتي في كل حالة على حدة، وهي حسب ترتيبها في جدول القيم الإحصائية: (١) البــواني الصوتيــة Formants، (٢) متوسط النــبرة الصوتية Pitch، (٣) معدل الانحــراف المعياري Standard deviation للنــيرة الصوتية، (٤) متوسط شــدة الصوت Intensity، (٥) المدى الزمني للنطق Duration، (٦) عدد أسطر الموجات الصوتية Pulses.
- مقارنــة القيــم الإحصائية للسمــات النطقية للنطــاق الصوتي بأكملــه، وللمقطع الصوتــي المفرد في الحــالات الخمس؛ لاستخلاص مؤشرات اختــلاف البصمة الصوتية من ناحية.
- تنميــط السمات النطقية في نماذج مرجعية تجســد شكل البصمة الصوتية في كل حالة؛ بما يسهل عمليات المضاهاة والمطابقة مع عينات صوتية أخرى.
- تشفــير أنماط البصمات الصوتية في صيغة باركود يمكن تخزينه في بنك إلكتروني للبصمــة الصوتيــة، بحيث يمكــن استرجاعه لإجــراء عمليات المضاهــاة والمطابقة بعينات جديدة.

(١,٦) تحليل الحالة الأولى:



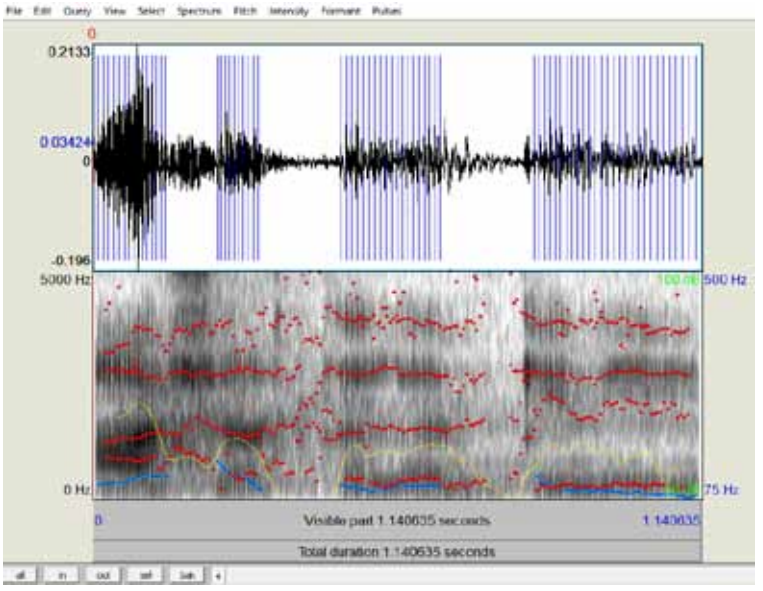
(١) التحليل الطيفي للسمات النطقية للنطاق الصوتي (عشرة آلاف جنيه): الحالة الأولى



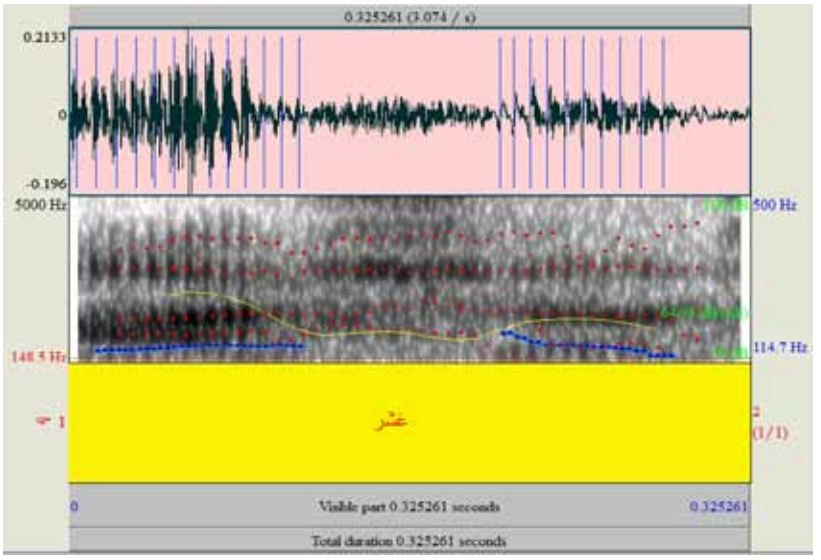
(٢) التحليل الطيفي للسمات النطقية للمقطع الصوتي (عشر): الحالة الأولى

القيم الإحصائية لتحليل السمات النطقية: الحالة الأولى					
السمات الصوتية	للنطاق الصوتي بأكمله			لمقطع كلمة (عشر)	
البواني الصوتية	F1	Hz 586		F1	Hz 1030
	F2	Hz 1881		F2	Hz 2011
	F3	Hz 2721		F3	Hz 3122
	F4	Hz 3894		F4	Hz 3948
النبرة الصوتية	متوسط	Hz 123.400		متوسط	Hz 134.754
	أعلى معدل	Hz 170.727		أعلى معدل	Hz 148.057
	أقل معدل	Hz 98.860		أقل معدل	Hz 114.165
	انحراف معياري	Hz 14.484		انحراف معياري	Hz 9.597
شدة الصوت	متوسط	dB 69.347		متوسط	dB 68
	أعلى معدل	dB 77.648		أعلى معدل	dB 73
	أقل معدل	dB 42.715		أقل معدل	dB 54
زمن النطق	s 0.869524			s 0.248707	
الأسطر الموجية	p 83			p 20	

(٢,٦) تحليل الحالة الثانية:



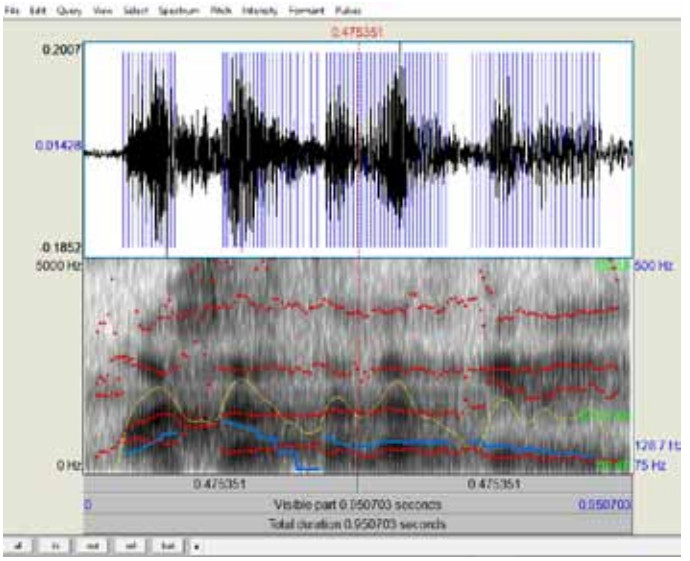
(٣) التحليل الطيفي للسمات النطقية للنطاق الصوتي (عشرة آلاف جنيه): الحالة الثانية



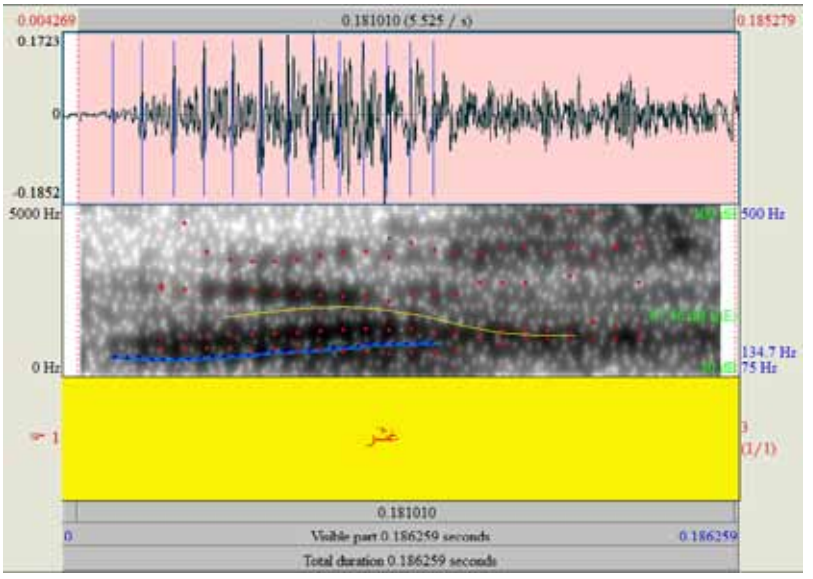
(٤) التحليل الطيفي للسمات النطقية للمقطع الصوتي (عشر): الحالة الثانية

القيم الإحصائية لتحليل السمات النطقية: الحالة الأولى					
السمات الصوتية	للنطاق الصوتي بأكمله			لمقطع كلمة (عشر)	
البواني الصوتية	F1	Hz 581		F1	Hz 822
	F2	Hz 1689		F2	Hz 1512
	F3	Hz 2723		F3	Hz 2792
	F4	Hz 3748		F4	Hz 3570
النبرة الصوتية	متوسط	Hz 98.760		متوسط	Hz 114.679
	أعلى معدل	Hz 145.112		أعلى معدل	Hz 150.708
	أقل معدل	Hz 77.778		أقل معدل	Hz 90.756
	انحراف معياري	Hz 14.484		انحراف معياري	Hz 11.039
شدة الصوت	متوسط	dB 61.627		متوسط	dB 64
	أعلى معدل	dB 71.268		أعلى معدل	dB 71
	أقل معدل	dB 45.958		أقل معدل	dB 56
زمن النطق	s 1.140635			s 0.32561	
الأسطر الموجية	p 72			p 23	

(٣,٦) تحليل الحالة الثالثة:

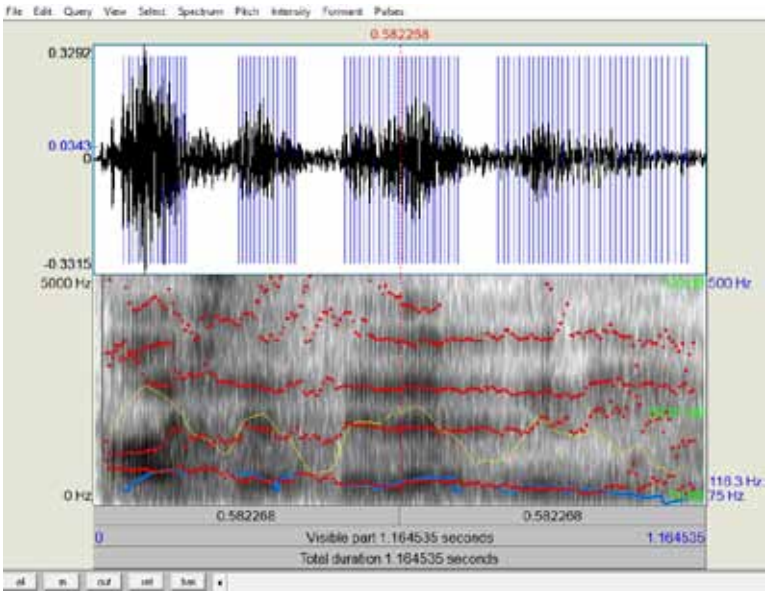


(٥) التحليل الطيفي للسمات النطقية للنطاق الصوتي (عشرة آلاف جنيه): الحالة الثالثة

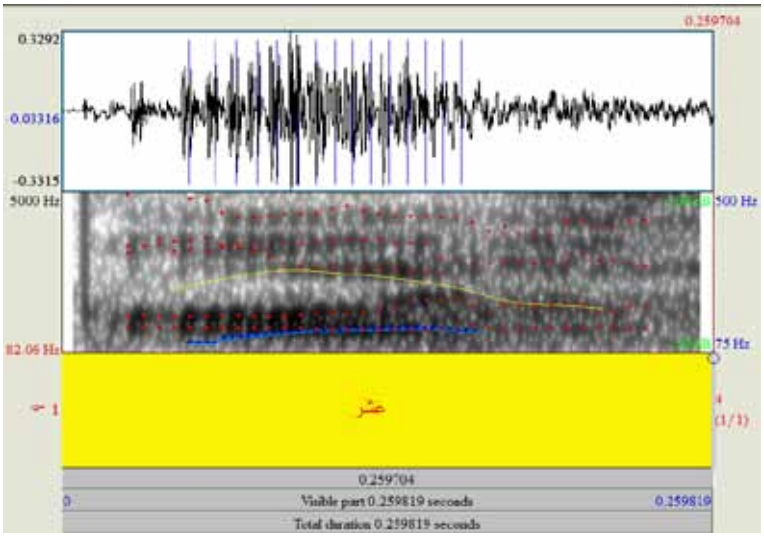


(٦) التحليل الطيفي للسمات النطقية للمقطع الصوتي (عشر): الحالة الثالثة

(٤,٦) تحليل الحالة الرابعة:

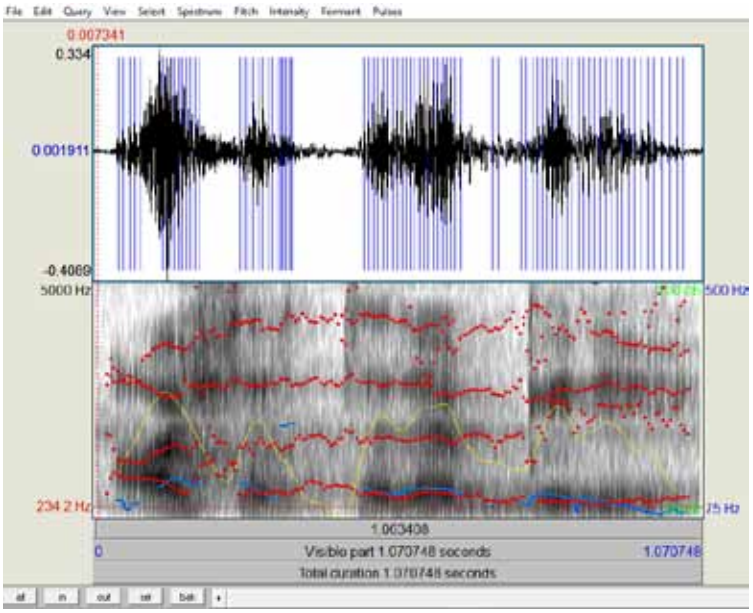


(٧) التحليل الطيفي للسمات النطقية للنطاق الصوتي (عشرة آلاف جنيه): الحالة الرابعة

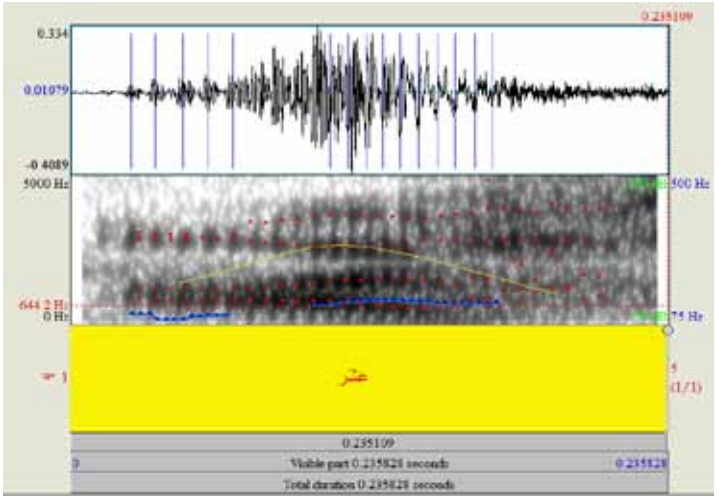


(٨) التحليل الطيفي للسمات النطقية للمقطع الصوتي (عشر): الحالة الرابعة

(٥,٦) تحليل الحالة الخامسة:



(٩) التحليل الطيفي للسمات النطقية للنطاق الصوتي (عشرة آلاف جنيه): الحالة الخامسة



(١٠) التحليل الطيفي للسمات النطقية للمقطع الصوتي (عشر): الحالة الخامسة

(٦,٦) مقارنة القيم الإحصائية للعينات المحللة:

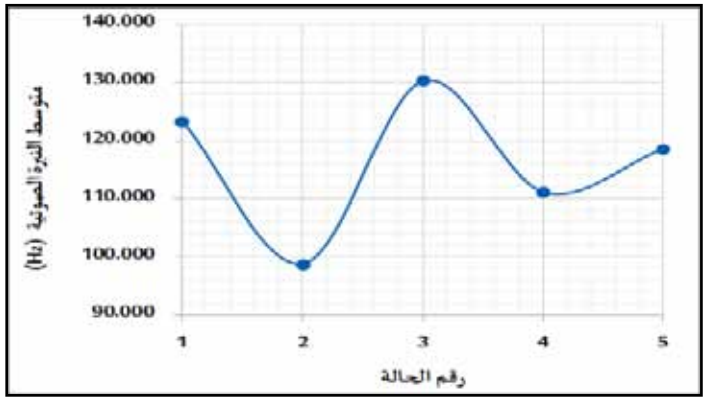
يوضــح الجدول الآتي وصفًا إجماليًّا للقيم الإحصائية المستخلَصَة من التحليل الآلي لسمات البصمة الصوتية في الحالات الخمس:

السمات النطقية			في الحالة (1)	في الحالة (2)	في الحالة (3)	في الحالة (4)	في الحالة (5)
للنطاق الصوتي	البوالي الصوتية Formants	F1	Hz 586	Hz 581	Hz 543	Hz 506	Hz 552
		F2	Hz 1881	Hz 1689	Hz 1538	Hz 1548	Hz 1752
		F3	Hz 2721	Hz 2723	Hz 2450	Hz 2593	Hz 2770
		F4	Hz 3894	Hz 3748	Hz 3774	Hz 3702	Hz 3827
لكلمة عشر		F1	Hz 1030	Hz 822	Hz 854	Hz 744	Hz 821
		F2	Hz 2011	Hz 1512	Hz 1298	Hz 1296	Hz 1470
		F3	Hz 3122	Hz 2792	Hz 2645	Hz 2841	Hz 2739
		F4	Hz 3948	Hz 3570	Hz 3676	Hz 3580	Hz 3515
للنطاق الصوتي	النبرة الصوتية Pitch	متوسط	Hz 123.400	Hz 98.760	Hz 130.338	Hz 111.158	Hz 118.357
		أعلى معدل	Hz 170.727	Hz 145.112	Hz 178.773	Hz 139.854	Hz 246.498
		أقل معدل	Hz 98.860	Hz 77.778	Hz 83.165	Hz 77.734	Hz 81.123
		انحراف معياري	Hz 14.484	Hz 14.484	Hz 19.477	Hz 15.776	Hz 30.132
لكلمة عشر		متوسط	Hz 134.754	Hz 114.679	Hz 134.651	Hz 128.122	Hz 125.813
		أعلى معدل	Hz 148.057	Hz 150.708	Hz 114.831	Hz 139.684	Hz 146.431
		أقل معدل	Hz 114.165	Hz 90.756	Hz 156.868	Hz 101.249	Hz 89.574
		انحراف معياري	Hz 9.597	Hz 11.039	Hz 14.188	Hz 12.139	Hz 20.531
للنطاق الصوتي	شدة الصوت Intensity	متوسط	dB 69.347	dB 61.627	dB 65.831	dB 67.802	dB 69.052
		أعلى معدل	dB 77.648	dB 71.268	dB 72.061	dB 75.861	dB 76.717
		أقل معدل	dB 42.715	dB 45.958	dB 45.102	dB 65.4657	dB 47.841
لكلمة عشر		متوسط	dB 68	dB 64	dB 62	dB 72	dB 72
		أعلى معدل	dB 73	dB 71	dB 70	dB 75	dB 76
		أقل معدل	dB 54	dB 56	dB 56	dB 63	dB 60
زمن النطق Duration		للنطاق الصوتي	s 0.869524	s 1.140635	s 0.950703	s 1.164535	s 1.063408
		لكلمة عشر	s 0.248707	s 0.32561	s 0.181010	s 0.259704	s 0.235109
الأسطر الموجية Pulses		للنطاق الصوتي	p 83	p 72	p 92	p 92	p 83
		لكلمة عشر	p 20	p 23	p 13	p 15	p 13

وباستقراء القيم الإحصائية في هذا التحليل، يمكن تدوين الملاحظات الآتية:

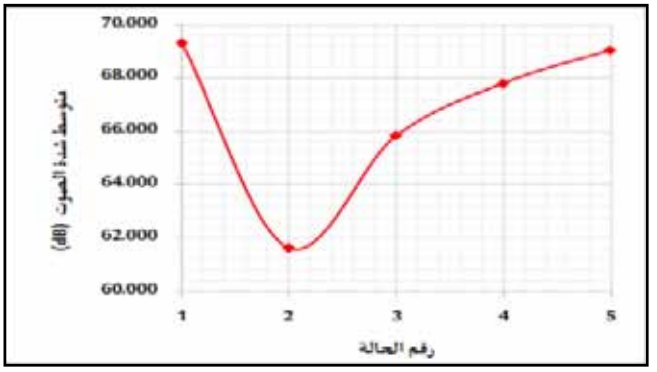
أولاً- تفاوت هذه القيم الإحصائية الدالة على السمات النطقية في جميع الحالات. يؤكد حقيقة تفرد البصمة الصوتية لدى كل شخص، بالرغم من (١) مراعاة احتمالية تأثر الأداء الصوتي للمتحدثين بعوامل وراثية (حيث إن الحالات المحللة. كما سبقت الإشارة. لخمسة أشقاء بينهم تشابه في الصوت المدرَك بالأذن المجردة، وبخاصة في التسجيلات الصوتية والمحادثات الهاتفية)، (٢) مراعاة العوامل السياقية للأداء الصوتي (فقد حرصنا عند جمع هذه العينة أن تكون أداة التسجيل واحدة، وبنفس الإعدادات الصوتية في برنامج Praat، كما اختيرت العينات التي تحققت فيها محاكاة الأداء المعياري للنطاق الصوتي المحلل، مع (٣) تجنب أية ضوضاء مصاحبة للصوت المحلل؛ بتنقية النطاق الصوتي من خلال وظيفة التنقية في برنامج التحليل. وهذا الاختلاف في القيم الإحصائية للسمات النطقية في العينات المحللة سأدلل عليه من خلال أنماط البصمة الصوتية في (٦, ٧)، أما معالم الاختلاف (أو التقارب) النطقي فأوضحه في الملاحظات الآتية (من ثانيًا إلى رابعًا).

ثانيًا- فمن حيث تردد النبرة الصوتية Pitch (التي تعبر عن حالة الوترين الصوتيين وسمكهما وطولهما ودرجة اهتزازهما أثناء النطق). فالحالة الثالثة أعلى ترددًا بمتوسط تردد ١٣٠ Hz، تليها الحالة الأولى بمتوسط تردد ١٢٣ Hz؛ مما يدل على أنهما لصوتين حادَّيْن مقارنةً بالحالات الأخرى. أما الحالة الثانية فهي أقل ترددًا من جميع الحالات، إذ بلغ متوسط ترددها ٩٨ Hz؛ ومن ثَمَّ يمكن وصف الصوت في هذه الحالة بالصوت الرخيم، أما الحالتان الرابعة والخامسة فتعبران عن صوت متوسط الحدة والرخامة. وهو ما يوضحه الشكل الآتي:



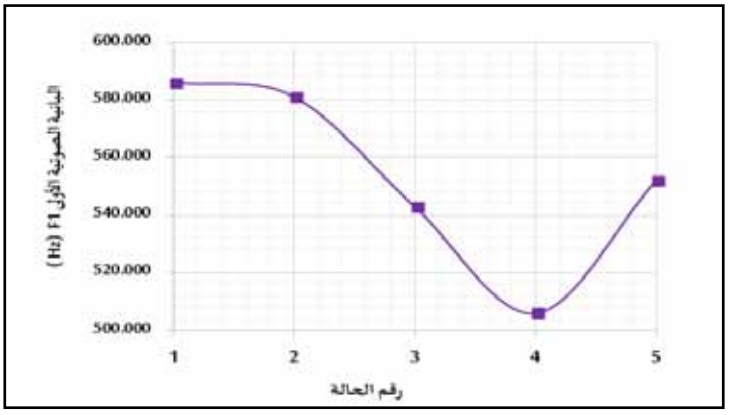
متوسط تردد النبرة الصوتية في الحالات الخمس

ثالثًا- أما من حيث شدة الصوت Intensity (أي درجة علو الصوت loudness ووضوحه الإسماعي المرتبط بسعة الموجات الصوتية)، فيُلاحظ تقارب الحالتين الأولى والخامسة؛ حيث بلغ متوسط الشدة في الحالتين ٦٩ dB تقريبًا؛ وبالتالي يمكن وصف الصوت فيهما بالصوت العالي الواضح إسماعيًّا، على عكس الحالة الثانية التي بلغ متوسط شدتها ٥ , ٦١ dB، لصوت منخفض (تجسده الصورة الطيفية رقم ١، ٣، ٩، على الترتيب؛ حيث يصاحب شدة الصوت كثافة للطاقة الصوتية تعبر عنها درجة قتامة الطيف في النطاق الصوتي). في حين يمكن وصف الصوت في الحالة الثانية بالصوت المتوسط من حيث العلو أو الانخفاض (كما تعبر عنها الصورة الطيفية رقم ٣ الأقل قتامة من مثيلاتها). والرسم الآتي يوضح هذا التباين في علو الصوت وانخفاضه في الحالات الخمس:



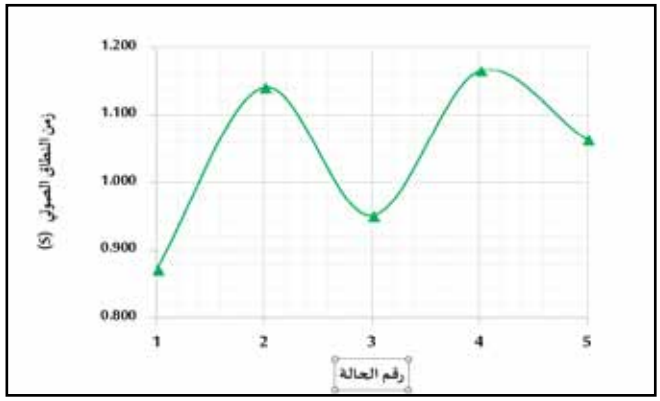
متوسط شدة الصوت في الحالات الخمس

رابعًا- كما يُلاحظ اختلاف البواني الصوتية في الحالات الخمس، فمثلًا على مستوى البانية الصوتية الأولى F١ (المرتبطة بسعة التجويف الحنجري وإنتاج حركة مفتوحة open vowel بتردد عالٍ، أو حركة ضيقة close vowel بتردد منخفض)؛ قد بلغ ترددها في الحالة الأولى ٥٨٦ Hz تليها من حيث التردد الحالة الثانية، حيث بلغت ٥٨١ Hz، أي أن المتحدثَيْن في هاتين الحالتين يتمتعان بحنجرة ضيقة ذات أوتار صوتية قصيرة ورقيقة وسريعة الاهتزاز أثناء النطق، فيتسم الصوت الناتج بالجهر الحاد والتردد العالي، على عكس المتحدث في الحالة الثالثة؛ إذ يتمتع بتجويف حنجري واسع وأوتار صوتية طويلة وسميكة قليلة الاهتزاز، فيتسم الصوت الناتج بالجهر العميق والتردد المنخفض، حيث بلغ تردد البانية الأولى في هذه الحالة ٥٠٦ Hz. أما في الحالتين الثالثة والخامسة فتشير قيم التردد إلى تقارب الصوت الناتج من حيث التوسط في عمق الجهر نتيجة توسط حجم الحنجرة وطول الأوتار الصوتية وسمكها ومعدل تذبذبها نسبيًّا أثناء النطق، فقد بلغ ترددهما ٥٤٣ Hz و٥٥٢ Hz على الترتيب. والشكل الآتي يوضح هذا التقارب والاختلاف بين الحالات الخمس:



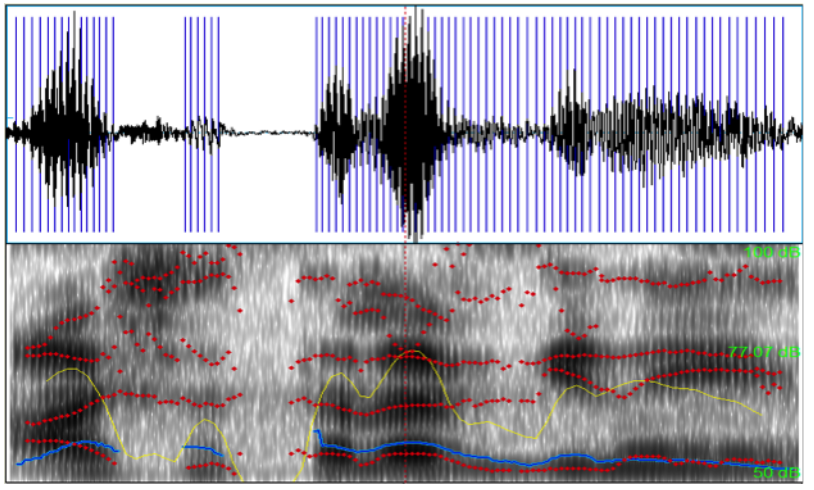
تردد البانية الصوتية الأولى F١ في الحالات الخمس

خامسًا- وبمقارنة زمن النطق Duration في الحالات الخمس، يتبين الارتباط العكسي بين الوقت المستغرق في النطاق الصوتي من ناحية، وتردد النبرة الصوتية من ناحية أخرى؛ فكلما زاد المدى الزمني للنطق (قارن: ثانيًا)، قلَّ معدل التردد كما في الحالتين الثانية والرابعة، والعكس صحيح في الحالتين الأولى والثالثة كما يتضح من الشكل الآتي:

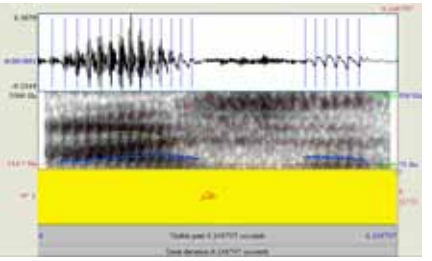


زمن النطق في الحالات الخمس

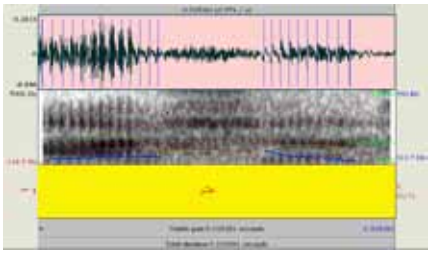
سادسًا- كما يمكن الاعتماد على قراءة معالم الصورة الطيفية Spectrogram لتحديد هوية المتحدث من خلال مضاهاة درجة قتامة الموجات الطيفية (الدالة على كثافة الطاقة الصوتية أثناء نطق فونيم أو مقطع معين)، ومقارنة منحنيات الشدة، والنبرة الصوتية، ونطاق البواني الصوتية. فلو افترضنا أن الصورة الطيفية الآتية لمتحدث مجهول الهوية؛ ثم قارنّا المقطع الصوتي الأول منه بالمقطع الأول في الحالات الخمس المسجَّلة؛ لتبيَّن من الصورة الطيفية وشكل نطاق البواني الصوتية ومنحنى الشدة ومنحنى النبرة الصوتية أنها متطابقة مع الحالة الأولى. وهو ما يدل على أنهما لنفس المتحدث، كما يتضح من مضاهاة الأطياف الآتية:



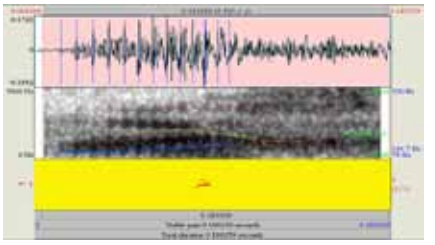
حالة مجهولة (؟؟؟)



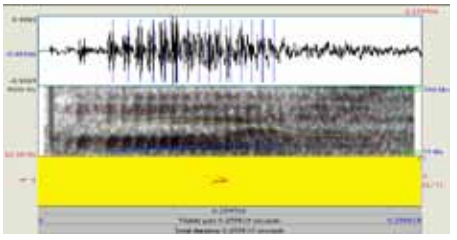
الحالة (١)



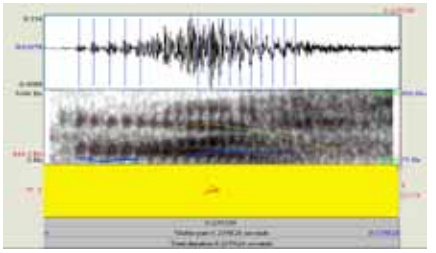
الحالة (٢)



الحالة (٣)



الحالة (٤)



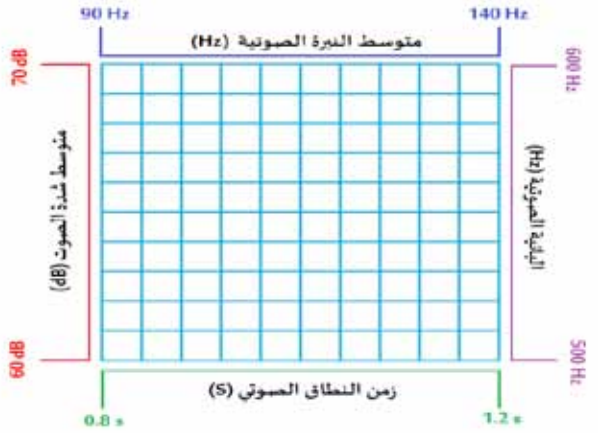
الحالة (٥)

يبقى إذن سؤال في غاية الأهمية، وهو: هل يمكن تنميط هذه الخصائص النطقية في نماذج (أو أنماط Patterns) للبصمة الصوتية، بحيث يمكن إدراكها بصريًّا؟ وما مدى إمكانية تشفير أنماط البصمات الصوتية في صيغة باركود يمكن تخزينها في بنك إلكتروني بحيث يمكن استرجاعها لإجراء عمليات المضاهاة والمطابقة بعينات جديدة؟ وإجابة هذا السؤال المركب في العنصر الآتي (٦,٧).

(٦,٧) آلية تنميط البصمة الصوتية وتشفيرها في صيغة باركود:

المقصود بالتنميط الصوتي Voice Patterning هو تحويل السمات النطقية التي يمكن التركيز عليها في تحديد البصمة الصوتية إلى نموذج هندسي يتكون من مقياس

رباعـي طبقًا للقياسات المميزة للنطاق الصوتي (وفق مخرجات التحليل الآلي ببرنامج Praat)، وهـي: النـبرة الصوتية Pitch، وشـدة الصـوت Intensity، والبانية الصوتية الأولى F1، وزمن النطق Duration كما يوضحها المدرج المعياري الآتي:

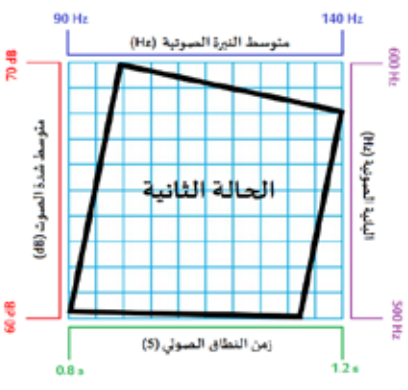


المدرج المعياري الرباعي لتنميط خصائص البصمة الصوتية

وبتطبيـق القياسـات الإحصائيـة للحالات الخمسـ المحللة في هـذا البحث، يمكن الحصـول على الأنمـاط الآتية التي تجسد معـالم البصمة الصوتية فـي كل حالة؛ بما يثبت تفردها واختلافها من متحدث إلى آخر:

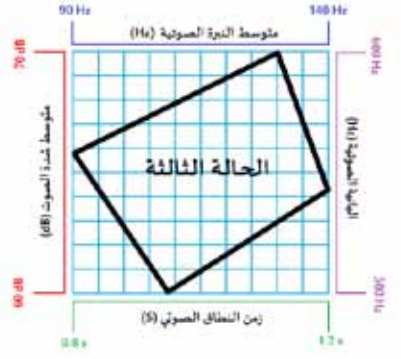
(١)

متحدِّث حاد النبرة الصوتية، عالي الصوت، سريع الأداء الصوتي، يتمتع بأوتار صوتية قصيرة وأقل سمكًا وأكثر اهتزازًا.



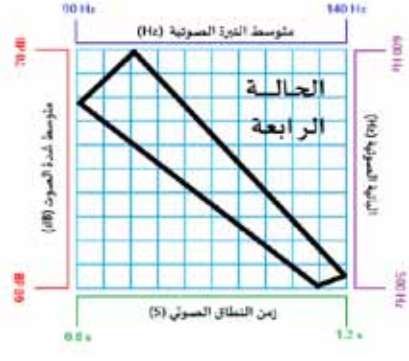
(٢)

متحدِّث رخيم النبرة، خفيض الصوت، بطيء الأداء الصوتي، يتمتع بأوتار صوتية طويلة وأكثر سمكًا وأقل اهتزازًا.



(٣)

متحدِّث حاد النبرة، متوسط شدة الصوت، بطيء الأداء الصوتي نسبيًّا، يتمتع بأوتار صوتية متوسطة الطول والسمك والاهتزاز.



(٤)

متحدِّث رخيم النبرة، عالي الصوت، سريع الأداء الصوتي، يتمتع بأوتار صوتية طويلة وأكثر سمكًا وأقل اهتزازًا.

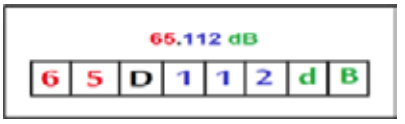
(٥)

متحدِّث رخيم النبرة نسبيًا، عالي الصوت، سريع الأداء الصوتي نسبيًا، يتمتع بأوتار صوتية متوسطة الطول والسمك والاهتزاز.

وإجمالًا، يمكن استخلاص ما تدركه الأذن المجردة من تشابه بين المتحدثين الخمسة (نظرًا للعوامل الوراثية كما سبقت الإشارة) في ١٢ سمة صوتية يوضحها المخطط الآتي:

	السمات الصوتية	المتحدث (١)	المتحدث (٢)	المتحدث (٣)	المتحدث (٤)	المتحدث (٥)
١	صوت حاد النبرة	♣		♣		
٢	صوت متوسط الحدَّة					○
٣	صوت رخيم		•		•	
٤	صوت عالي الشدَّة	↑			↑	↑
٥	صوت متوسط الشدَّة			↔		
٦	صوت منخفض		↓			
٧	متحدث سريع النطق	…			…	
٨	متوسط السرعة					≠
٩	متحدث بطيء		≡	≡		
١٠	أوتار طويلة سميكة قليلة الاهتزاز		⊆		⊆	
١١	أوتار قصيرة رقيقة كثيرة الاهتزاز	∈				
١٢	متوسطة الطول والسمك والاهتزاز			⊄		⊄

وإجابـةً عـن السؤال المتعلق بتشفـير البصمة الصوتية في صيغـة باركود، فإن هذه الأنماط الصوتية يمكن تكويدها من اليسار إلى اليمين، بحيث تُدوَّن القيمة الإحصائية رقمًـا صحيحًا، يتبعه حرف(D) الدال علـى العلامة العشرية(.)، ثم الرقم العشري، ثـم وحـدة القياس (dB) أو (Hz). وتوضيحًا لهذه الفكـرة، يمكن التمثيل بتكويد شدة صوت تبلغ قيمتها ٦٥,١١٢ dB على هذا النحو:



وبالاستعانة بأحد برامج التكويد والتشفير، يمكن تحويل المسلسل الكودي إلى باركود في خطوط أفقية. وبتطبيق هذا الإجراء على الخصائص الأربعة الأساسية في التحليل السابـق وهي: النبرة الصوتية Pitch، وشدة الصوت Intensity، وزمن النطاق الصوتي Duration، والبانيـة الصوتية الأولى F1 (مـن اليسار إلى اليمين على الترتيب)؛ يمكن الحصول على المسلسل الكودي في الجهة اليسرى، يقابله باركود البصمة الصوتية في الجهة اليمنى من الشكل الآتي:

Case	متوسط النبرة الصوتية HZ/شدة الصوت dB/زمن النطاق الصوتي S/البانية الصوتية الأولى HZ	Barcode
1	586D000HZ0D869569D347dB123D400HZ	
2	581D000HZ1D140561D627d898D760HZ	
3	543D000HZ0D950565D831dB136D338HZ	
4	506D000HZ1D164567D802dB111D158HZ	
5	552D000HZ1D063569D052dB118D657HZ	

باركود البصمة الصوتية في الحالات الخمس

وتكمـن أهمية تكويـد البصمات الصوتية على هذا النحو. كمـا سبقت الإشارة. في تصميـم بنك لأنمـاط البصمـات الصوتية لعـدد لا نهائي من الحالات؛ بمـا يوفر في مساحات التخزين، و يسهم في سرعة استدعاء الأنماط في عمليات المطابقة الآلية مع العينات المشتبه بها.

إلى هنا يكون قد اتضح - من خلال هذا التحليل المتدرج - كيف يمكن استخلاص سمات البصمة الصوتية آليًّا وإحصائيًّا ثم تحويل البصمات إلى أنماط مكوَّدة. ويبقى أن أجيب في العنصر الآتي (٨,٦) عن السؤال البحثي: كيف يمكن الإفادة التطبيقية من التحليل الآلي للبصمة الصوتية في استخلاص معايير يمكن الاسترشاد بها في التحقيقات الجنائيَّة؟

(٨,٦) معايير استرشادية لتحليل البصمة الصوتية آليًّا:

إذا كان الهدف العام لهذا البحث - كما سبقت الإشارة - يتمثل في تقييم مدى دقة التحليل الآلي لسمات تفرّد البصمات الصوتية وتحديد هوية المتحدث وفق تقرير الخبراء (وهو ما حاولنا إثباته في العنصر السابق من ٦,١ : ٦,٧)، فإنه من المفيد عند هذا الحد أن نعرض آلية عمل الخبير الصوتي من خلال رصد أهم العوامل أو المظاهر الصوتية التي تصلح أن تكون دليلاً استرشاديًّا للخبراء والباحثين الأكاديميين عند تحليل سمات التفرد في البصمات الصوتية لمضاهاتها بعينات صوتية معيارية في التحقيقات، أو عند المقارنة للأغراض البحثية المختلفة، **ومن هذه العوامل:**

(١) متوسط النبرة الصوتية Mean Pitch: إذ تفيد في تحديد جنس المتحدث وعمره؛ لارتباطها بطول الوترين الصوتيين وسمكهما ودرجة اهتزازهما؛ ومن ثَمَّ فمتوسط تردد النبرة الصوتية يعبر عن درجة حدة الصوت الناتج أو رخامته، وفق القيم المعيارية على المدرج القياسي من ٧٥ Hz إلى ٥٠٠ Hz.

(٢) تردد البواني الصوتية Formants: لتحديد المتحدث وفق التردد المعياري للبواني من ٠ Hz إلى ٥٠٠٠ Hz، من حيث سعة التجويف الحنجري وحالة الأوتار الصوتية وشكل اللسان ودرجة ارتفاعه من سقف الحنك ودرجة استدارة الشفتين؛ لقياس درجات الجهر والتفخيم ... إلخ.

(٣) التصوير الطيفي Spectrogram: لتحديد كثافة الطاقة الصوتية من خلال درجة قتامة الطيف الموجي.

(٤) متوسط شدة الصوت Mean of Intensity: لتحديد درجة علو الصوت ووضوحه الإسماعي أو انخفاضه، وفق القيم القياسية ٧٥dB : ٥٠٠dB .

(٥) زمن النطق Duration: لقياس سرعة الأداء الصوتي أو بطئه من خلال مقياس المدى الزمني على المحور الأفقي.

(٦) التطريـز الصوتـي Prosody: بمراعاة الفونيمات فـوق التركيبية (كنبر بعض الكلمات نظرًا لأهميتها في التعبير عن مقصود المتحدث)، أو التنغيم المعبر عن الحالة النفسيـة للمتحدث (كأن يكون التنغيم استفهاميًّا أو استنكاريًّـا أو تقريريًّا... إلخ)، أو طريقة الانتقال من فونيم إلى فونيم (فقد يدغم المتحدث أواخر مقاطع بعض الكلمات في أوائل مقاطع الكلمات التالية لها)، أو قد يطيل الحركات القصيرة أو العكس.

(٧) السمات اللهجية Dialectical Features : بالتركيز على طريقة النطق؛ فقد تدل علـى لكنة طبقة اجتماعية، أو تنوعٍ إقليمـي أو جغرافي، أو رطانةٍ خاصة لفئةٍ من الناس أو أهل صنعة أو مهنة معينة.

(٨) الخصائـص الكلاميـة Speech Characteristics: وهـي ملامـح خاصة يمكن إدراكهـا بسهولـة سـواء بـالأذن المجـردة، أو بالتحليل الطيفـي والإحصائـي، ومنها: النـوع والسـن، وأمراض الكلام كالتلعثـم أو التلتلة، و تكرار لازمـة كلامية معينة أثناء الحديث...إلخ.

(٩) السيـاق الخطابـي Discursive Context : أو الحالة الشعورية للمتحدث، وهذا العامـل مرتبط ارتباطًا وثيقًا بالتطريز الصوتي (كما سبقت الإشارة في ٦)؛ فالغرض المراد التعبير عنه في الحديث، والحالة النفسية للمتحدث (كالغضب، والتوتر، والتردد، وعـدم الاكـتراث... إلخ) يؤثر علـى الأداء الصوتـي وبخاصة على النـبرة الصوتية أو التنغيم.

(١٠) العوامـل الفنية Technical parameters: ومنهـا جودة الصوت (أو رداءته أو تقطعـه)، والضوضاء المصاحبة للمادة الصوتية، ونوعية الوسيط (كالحديث في مكبر صوت، أو التسجيل بالهاتف... إلخ)، والمعالجة الإلكترونية (كتغيير الصوت، أو تشويهه، أو إضافة ملامح نغمية على الصوت الأصلي).

هـذه أبرز العوامل التي يمكن للخبير الصوتـي أو الباحث الأكاديمي الاسترشاد بها عنـد تحليل البصمة الصوتية آليًّـا ومقارنتها بعينات أخرى. وكلهـا عوامل ـ كما يتضح مـن نموذج التحليل في هذا البحـث ـ تؤثر قطعًا في نتائج التحليـل والقيم الإحصائية

والسمـات النطقية التي ينبغي استخلاصها على أسـس علمية دقيقة؛ مقارنةً بما يمكن إدراكه أو تمييزه بالأذن المجردة في التعرف على هوية المتحدث.

(٧) خاتمة: نتائج وقضايا بحثية مستقبلية:

لعلـه قد اتضح من معالجة هذا الموضوع كيف تتكامل المعرفة اللغوية (وتحديدًا علم الأصوات) مـع التطبيقات الحاسوبيَّـة في التعرف على الخصائـص المميزة للصوت؛ بما يثبـت علميًّا إمكانية الاستناد إلى دليل البصمـة الصوتية في التحقيقات الجنائية والإثبات القضائي. وقد حاول هذا البحث أن يقدِّم تأطيرًا نظريًّا لعلم الأصوات الجنائي Forensic Phonetics الذي يهتم بالتعرف على هوية المتحدث (أو المشتبه به) من خلال تحليل السمات الصوتية التي يتفرد بها أداؤه الصوتي بما يمثل بصمةً صوتيَّة Voiceprint، يُعتمـد في تحليلها على تقنيات دقيقة لاستخلاص الأدلة والقرائن الجنائية. وتطبيقيًّا، قـدم البحث نموذجًـا للتحليـل الآلي لسمات تفـرّد البصمات الصوتيـة وتحديد هوية المتحدث ؛ بما يؤكد حجية الدليل الصوتي في التحقيق الجنائي والإثبات القضائي. أما منهجيـة التحليل، فقد اعتمدت على وظائف برنامـج Praat وهو أحد تطبيقات التعرف علـى الصوت وتحويله إلى صـورة طيفية وتحليل السمات النطقيـة إحصائيًّا بما يشكِّل بصمـات صوتيةً فريدة، كما اعتمـدت منهجية التحليل على عينـة صوتية مختارة وفق معايير مناسبة للغرض البحثي (كمراعاة التشابه في الأداء الصوتي للمتحدثين)، ومن المزايـا المنهجيـة في وظائف Praat أنه يقدم قيمًا إحصائيَّـة للسمات النطقية المحللة؛ بحيـث يمكن قراءتها كميًّا وكيفيًّا بالإضافة إلى التحليل الطيفي للخصائص الصوتية. ومن هنا، حاول هذا البحث (من خلال النموذج التحليلي) أن يقترح آليةً رقميَّةً لتنميط البصمـات الصوتيـة لاختزانها في بنك إلكتروني للبصمات فـي صورة باركود، يسهُل استرجاعـه ومضاهاته بعينات جديدة في حالات الاشتباه والتحقيق. ولأن موضوع هذا البحـث موضوع بينـيٌّ، فقد تطرق إلى عدد من المفاهيم اللغويـة والقانونية والفيزيائية والتكنولوجية وعدد من القضايا النظرية والتطبيقية يمكن إجمالها في النقاط الآتية:

أولًا- مجـال البحـث في علم اللغـة الجنائي بكل فروعه وتطبيقاتـه (وبخاصة علم الأصـوات الجنائـي) لا يزال بكرًا في الدرس اللغوي العربي، ولا يـزال في حاجة إلى مزيـد من الدراسـات (التطبيقيـة)، والإفادة مـن معطياته في التحقيقـات الجنائية والإثبات القضائي. وإذا كانت هناك دراسات عربية (لغوية أو أمنية أو قانونية متنوعة)

قد قُدِّمت إلى المكتبة العربية في هذا الحقل؛ فإن المدقق في هذه الجهود يجد بعضها أعمالاً نُقلت إلى العربية عن الإنجليزية (أو عن لغات أخرى)، كما يجد أكثرها أوراقًا بحثيةً تحاول أن تُعرِّف القارئ العربي بعلم اللغة الجنائي (أو القضائي)، وتاريخ نشأته، ومجالاته، وأشهر الحالات القضائية التي اعتمدت عليه في الغرب. ولذلك فقد غلب على معظم هذه الدراسات طابع التنظير على حساب التطبيق؛ وبخاصة في التحليل الآلي للبصمة الصوتية باعتبارها إحدى صور الأدلة اللغوية التي يمكن الاستناد إليها في التحقيق الجنائي والإثبات القضائي.

ثانيًا- هناك تباينٌ في فقه القانون حول مشروعية (أو بطلان) الأدلة المستمدة من التسجيلات الصوتية، حيث يرى فريق من فقهاء القانون مشروعيةَ الدليل الصوتي؛ مادام قد استوفى الاشتراطات والأصول المنصوص عليها في القوانين. في حين لا يميل فريق آخر من فقهاء القانون إلى التعويل على دليل البصمة الصوتية في الإثبات الجنائي؛ لما قد يشوبه من التضليل والتشويه والإضافات وبخاصة في ظل تطور الوسائل الحديثة في التسجيل الصوتي؛ ومن ثَمَّ، يمكن دحض دليل البصمة الصوتية عند المضاهاة؛ لاحتمالية تعرض مكونات الصوت لعوامل تغيير إرادية (كمحاولة المتحدث تغيير نبرة صوته عند مطابقتها ببصمة الصوت الأصلي)، أو لا إرادية (كالتغير الطارئ على الصوت بسبب الذي قد يصيب الأحبال الصوتية) فيتأثر الصوت ويتغير الرسم الطيفي للسمات الصوتية.

ثالثًا- هذا التباين حول مشروعية التعويل على الدليل الصوتي مردُّه إلى أن دليل البصمة الصوتية من الأدلة المستحدثة في التحقيق الجنائي والإثبات القضائي، ومن ثَمَّ، يمكن التقريب بين الموقف الرافض للدليل الصوتي والموقف الآخذ به برأي ثالث لا يرى بأسًا من الاستناد إلى الدليل الصوتي إذا ما استقر وجدان القاضي على الأخذ بما يقدمه خبراء الأصوات من نتائج؛ مادام الاعتماد عليه من قِبل السلطات واقعًا في مصلحة التحقيق، وخاضعًا للضوابط والقيود التي حددها القانون، بما يكفل المشروعية الإجرائية في التدليل، ومن ثمَّ مشروعية البصمة الصوتية في الاستدلال والإثبات الجنائي. مع الأخذ في الحسبان أن الدليل المستمد من بصمة الصوت يظل خاضعًا لمبدأ القناعة الوجدانية للقاضي، وهو المبدأ العام في الإثبات الجنائي.

رابعًا- وعلى الرغم من عدم النص صراحةً في القوانين العربية على إمكانية التعويل

على البصمة الصوتية في الإثبات الجنائي؛ إلا أن نتائج الدراسات العلمية والأحكام القضائية في العالم تؤكد أن لبصمة الصوت من الخصائص الفريدة في التعرف على هوية المتحدث ما يجعل التعويل عليها في التحقيق والإثبات أمرًا لا بدَّ منه بحيث يتعدى حدود القرينة إلى مرتبة الدليل وبخاصة في ظل تطور وسائل التحليل الآلي الدقيق في التعرف على البصمة الصوتية وتحديد هوية المتحدث، وهو ما تؤكده القوانين التي تنص على إمكانية تسجيل المحادثات بما يسوِّغ الاعتماد عليه في الإثبات. فالقيمة القانونية لدليل البصمة الصوتية في الإثبات الجنائي مستمدَّةٌ من نص القانون على مشروعية التسجيل الصوتي للمحادثات؛ إذ يتعذر تحديد هوية المتحدث دون التحقق من بصمته الصوتية.

خامسًا- من النتائج التطبيقية التي يقترحها البحث أن هناك عوامل (أو معايير) يمكن أن يسترشد بها خبراء الأصوات والباحثون الأكاديميون عند التحليل الآلي لسمات التفرد في البصمات الصوتية ومضاهاتها بعينات صوتية معيارية في التحقيقات أو للأغراض البحثية. ومن هذه العوامل: النبرة الصوتية (لتحديد جنس المتحدث وعمره؛ لارتباطها بطول الوترين الصوتيين وسمكهما ودرجة اهتزازهما)، وتردد البواني الصوتية (لتحديد المتحدث وفق التردد المعياري المرتبط بشكل التجاويف النطقية وحالة الأوتار الصوتية ودرجات الجهر)، والتصوير الطيفي (لمضاهاة درجة قتامة الموجات الطيفية الدالة على كثافة الطاقة الصوتية أثناء النطق)، وشدة الصوت (لتحديد درجة علو الصوت ووضوحه الإسماعي)، وزمن النطق (لقياس سرعة الأداء الصوتي أو بطئه)، والتطريز الصوتي (لتحديد الفونيمات فوق التركيبية كالنبر، أو التنغيم المعبر عن الحالة النفسية للمتحدث، أو طريقة الانتقال من فونيم إلى آخر)، والسمات اللهجية (لدلالة طريقة النطق على لكنة طبقة اجتماعية، أو تنوع إقليمي، أو رطانة خاصة لفئة معينة)، والخصائص الكلامية (الدالة على النوع، أو السن، أو أمراض الكلام، أو تكرار لأزمة كلامية معينة أثناء الحديث)، والسياق الخطابي (لتحليل الحالة الشعورية للمتحدث، والغرض المراد التعبير عنه في الحديث)، وأخيرًا العوامل الفنية (كمستوى جودة الصوت، أو الضوضاء المصاحبة للمادة الصوتية، أو نوعية الوسائط المستعملة في الحديث أو التسجيل، أو المعالجة الإلكترونية للمادة المسجلة).

سادسًـا- أثبـت التحليل التطبيقي في هذا البحث: (١) أن هنـاك تفاوتًا في القيم الإحصائيـة الدالة على السمـات النطقية في العينات المحللة؛ ممـا يؤكد حقيقة تفرد البصمـة الصوتية لدى كل شخص. (٢) كمـا أثبت إمكانية تنميط البصمات الصوتية إلكترونيًّا؛ بتحويل السمـات النطقية للمتحدث وفق مخرجات التحليل الآلي إلى نموذج هندسي يتكون من مقياس رباعي يتكون من: النبرة الصوتية، وشدة الصوت، والبانية الصوتيـة الأولى، وزمـن النطـق. (٣) بالإضافـة إلى اقـتراح آلية لتشفـير البصمات الصوتيـة في صيغة باركـود يمكن حفظها في بنك إلكـتروني للبصمات الصوتية؛ بما يوفر مساحات التخزيـن، ويسهم في سرعة الاستدعاء عند عمليات المطابقة الآلية مع العينات المشتبه بها.

ومـن أهـم ما أوصى بـه في هذا البحث هـو التوسع في دراسة علـوم اللغة البينية، ومنهـا علم اللغة الجنائـي. فمادامت اللغة هي أداة التفكير والتعبـير والتواصل؛ فليس منطقيًّا أن تظل رهينةَ النظرة البنيوية والمعيارية، دون أن نولي الاهتمام اللازم لدوران اللغـة في المجتمع أو لمواكبة اتجاهات الرقمنة فـي التحليل والبحث العلمي والدراسات البينية، ومنها الاحتجاج بالأدلة اللغوية في التحقيقات الجنائية والنزاعات القضائية. ولعل رقمنة الأدلة (اللغويـة) تحليلًا وتنميطًا وحفظًا يتطلب تدريبَ الخبراء والباحثين علـى تطبيقـات التحليل الآلي للصوت وقـراءة القياسات الإحصائيـة الدالة على تفرد سمات البصمات الصوتية، كما يتطلب تصميم بنك إلكتروني لحفظ أنماط البصمات الصوتيـة المكوَّدة؛ بما يسهِّل عمليـات الاسترجاع والمضاهاة للتعرف على هوية المتحدث والاستناد إلى الدليل الصوتي في كشف الجرائم.

ولعلـه من المفيـد للباحثين أن أقترح بعض الأفكار للبحـوث المستقبلية في إطار علم اللغـة الجنائـي (أو القضائي)، ومنهـا: (١) دراسة القرائن الأسلوبيـة في الاستدلال علـى انتهاك الحقوق الفكرية. (٢) دراسة أثـر السياق الخارجي في انحراف البصمة الصوتيـة. (٣) تحليل مظاهـر التعدي الصوتي على المـاركات التجارية المسجلة. (٤) دراسة الأدلة اللغوية في استجواب المتهمين. (٥) دراسة قانونيَّة تقليد الصوت البشري بالذكاء الاصطناعي. (٦) تحليل الوسائل المميزة للقواعد القانونية. (٧) تحليل الدلالة القانونيَّة للمصطلح القانوني المركب. (٨) دراسة طرائق الاقتصاد اللغوي في الصياغة القانونيـة. (٩) دراسة المكافآت العربيـة للمفاهيم القانونيـة التكنولوجية المستحدثة، (١٠) تحليل القوة الإنجازية في الصيغ القانونية.

(٨) مراجع البحث

- **أحمد خليفة**، مشروعية تسجيل الصوت في التحقيق الجنائي، مجلة الأمن العام، ١٩٥٨، ع: ١.
- **أحمد فتحي سرور**، الشرعية والإجراءات الجنائية، القاهرة، دار النهضة العربية، ١٩٧٧.
- **حمد حماد الهيتي**، الموسوعة الجنائية في البحث والتحقيق الجنائي، دار الكتب القانونية، القاهرة، ٢٠٠٨.
- الجريدة الرسمية - العدد ٢٨ مكرر (هـ) - في ١٥ يوليه سنة ٢٠٢٠.
- **سالم سعيد الجوهي**، دور البصمة الصوتية في الإثبات الجنائي في التشريع الأردني، رسالة ماجستير، كلية القانون، جامعة اليرموك، الأردن، ٢٠٢٢.
- **سعاد طعبة**، مقدمة في اللسانيات الجنائية وواقعها في العالم العربي، مجلة المحترف، جامعة زيان عاشور الجلفة، ٢٠٢٢، مج: ٩ - ع: ٥.
- **صفوت علي صالح**، مقدمة في علم اللغة الحاسوبي، مطبعة جامعة القاهرة، ٢٠٢٠.
- **عادل الطويسي**، بصمة الصوت: سماتها واستخداماتها، المجلة العربية للدراسات الأمنية، جامعة نايف العربية للدراسات الأمنية، ١٩٩٦، مج: ١١ ـ ع: ٢٢.
- **عباس أحمد الباز**، البصمة البصرية والصوتية ودورهما في الإثبات الجنائي، ضمن كتاب: الاستخدام الشرعي والقانوني للوسائل الحديثة في التحقيق الجنائي، جامعة نايف الغربية للعلوم الأمنية، الرياض، ٢٠٠٨.
- **عبد الرحمن العارف**، توظيف اللسانيات الحاسوبية في خدمة الدراسات اللغوية العربية: جهود ونتائج، مجلة مجمع اللغة العربية الأردني، ع: ٧٣، ٢٠٠٧.
- **عبد اللاه صلحي**، طبيعة عمل عالم اللغة الجنائي: قراءة في ثلاث قضايا في تحقيق نسبة النص، المجلة العربية لعلوم الأدلة الجنائية والطب الشرعي، ٢٠١٩، مج: ١ - ع: ٩.

- **عبـد المجيد الطيب عمر**، علـم اللغة الجنائي: نشأته وتطـوره وتطبيقاته، المجلة العربية للدراسات الأمنية، جامعة نايف العربية للعلوم الأمنية، ٢٠٠٨.
- **علي حلمي موسى**، دراسة إحصائية لجذور معجم الصحاح باستخدام الكمبيوتر، الهيئة المصرية العامة للكتاب، ١٩٧٨.
- **عمـار الحسيني**، مدى مشروعيـة التسجيل الصوتي بالهاتـف النقال كدليل في الإثبات الجنائي، مجلة أهل البيت، جامعة أهل البيت بالعراق، ع: ٨، ٢٠٠٩.
- **عمـر بن عبد المجيد مصبح**، بصمة الصـوت وأثرها في الإثبات الجنائي، بحث منشور في مجلة البحوث الأمنية لكلية الملك فهد الأمنية،٢٠١٢، مج: ٢١، ع: ٥٢.
- **عمرو عيسى الفقي**، ضوابط الإثبات الجنائي، منشأة دار المعارف، الإسكندرية، ١٩٩٩.
- **بن عيسى كبير**، دليل مستعمل تطبيق تحليل الإشارات الصوتية ومعالجتها برات Praat، مركز البحث العلمي والتقني لتطوير اللغة العربية، الجزائر، ع: ٩، ٢٠١٩.
- **كمال بسعودي وآخرون**، تحليل اللغة الجنائية وأساليب تأويلها في ضوء اللسانيات القضائيـة: قراءة في كتاب علم اللغة القضائـي لجون أولسون، مجلة المحترف، جامعة زيان عاشور الجلفة، ٢٠٢٣، مج: ١٠ – ع: ١.
- المـادة (٦٥) مـن قانـون الإجـراءات الجنائية المصـري رقـم ١٥٠ لسنة ١٩٥٠ وتعديلاته.
- المحكمـة الإدارية العليـا، الطعن رقم ٤١٠٩٤ لسنة ٦٢ قضائيـة بتاريخ ١٣ يونيه ٢٠٢٠.
- محكمة النقض، قرار رقم ٣٧٠٨ لسنة ٦٥ قضائية، بتاريخ ٢٥ مايو ١٩٩٧.
- محكمة النقض ، قرار رقم ٥٢٩٢ لسنة ٨٧ قضائية، بتاريخ ١ نوفمبر ٢٠١٧.
- محكمة النقض، الطعن رقم ٣٣٣١٦ لسنة ٧٢ قضائية بتاريخ ٢١ مارس ٢٠٠٥.
- محكمة النقض، قرار رقم ٢١٠٧٤ لسنة ٦١ قضائية، بتاريخ ١٩ أكتوبر ١٩٩٣.

- **محمد أمين الخرشة،** مشروعية الصوت والصورة في الإثبات الجنائي، دار الثقافة للنشر والتوزيع، عمَّان، ٢٠١٥.
- **محمد بن ناصر الحقباني،** علم اللغة القضائي: مقدمة في اللغة والجريمة والقانون (مترجم)، تأليف جون أولسون، جامعة الملك سعود بالرياض، ٢٠٠٨.
- **مقعد بن قعيد العتيبي،** علم اللغة القضائي، مجلة البحوث الأمنية، كلية الملك فهد الأمنية، مركز البحوث والدراسات، ٢٠١٨، مج: ٢٧ – ع: ٧١.
- **نبيل علي،** اللغة العربية والحاسوب، دار تعريب، ١٩٨٨.
- **وسام المالكي،** اللسانيات الجنائية: دراسة في المفهوم والوظيفة، مجلة أبحاث البصرة للعلوم الإنسانية، كلية التربية للعلوم الإنسانية بجامعة البصرة، ٢٠٢٢، مج: ٤٧ – ع: ١.
- **ياسين عزاوي،** التقنيات الحديثة في إثبات الجرائم، المجلة المغربية للقانون الجنائي والعلوم الجنائية، مركز البحوث الإنسانية والاجتماعية، ٢٠١٥، ع: ٣.

- Asher. R and Simpson. J. (1994), The Encyclopedia of Language and Linguistics, Oxford, Pergamon.
- Berk-Seligson, S. (1999), The impact of court interpreting on the coerciveness of leading questions. Forensic Linguistics: The International Journal of Speech, Language and the Law, 6 (1).
- Brown. K and Miller . J. (2013). The Cambridge Dictionary of Linguistics, Cambridge Uni. Press: 94
- Carol . A. Chapelle (2013), Introduction to The Encyclopedia of Applied Linguistics, Blackwell Publishing Ltd.
- Cotterill .J. (2013), Corpus Analysis in Forensic Linguistics, in The Encyclopedia of Applied Linguistics, Edited by Carol A. Chapelle, Blackwell Publishing Ltd.
- Cotterill, J. (2002), Language in the legal process, Basingstoke, England: Palgrave Macmillan.
- Coulthard, M., & Johnson, A. (2007), An introduction to forensic linguistics: Language in evidence. London, UK: Routledge.

- Crystal. D. (2008). A Dictionary of Linguistics and Phonetics, Blackwell.
- Ditters. E. (2011). Issues in Arabic Computational Linguistics: in Ed. Jonathan Owens, The Oxford Handbook of Arabic Linguistics, Online Publication.
- Gibbons. J. (2006), Applied Forensic Linguistics, in Encyclopedia of Language and Linguistics, Brown. K. (Eds.) Elsevier Science.
- Hollien. H. (1990), The Acoustics of Crim: The New Science of Forensic Phonetics, Springer Science and Business Media New York.
- Jessen, M. (2021) Speaker profling and forensic voice comparison: The auditory-acoustic approach, in M. Coulthard, A. May and R. Sousa-Silva (eds), The Routledge Handbook of Forensic Linguistics, Routledge, (382- 399).
- Kersta,. L.G. (1962), Voiceprint Identification, Nature, 196.
- Macleod. N. (2013), Forensic Linguistics: Overview, in The Encyclopedia of Applied Linguistics, (Eds.) Carol A. Chapelle, Blackwell Publishing Ltd.
- Macleod. N. (2013), Forensic Linguistics: Overview, in The Encyclopedia of Applied Linguistics, (Eds.) Carol A. Chapelle, Blackwell Publishing Ltd.
- Macleod. N. (2013), Forensic Linguistics: Overview, in The Encyclopedia of Applied Linguistics, (Eds.) Carol A. Chapelle, Blackwell Publishing Ltd.
- Nolan. F. (2002), Speaker Identification Evidence: Its Forms, Limitation and Roles, Cambridge: Cambridge University Press.
- Olsson, J. (2008), Forensic Linguistics; Continuum International Publishing Group, London.
- Tosi. Oscar, 1979, Voice Identification, University Park Press, Baltimore.
- Watt. W., and Brown. G. (2021) Forensic phonetics and automatic speaker recognition, in Coulthard. M, et.al (Eds.), The Routledge Handbook of Forensic Linguistics, Routledge, New York.