

# Authentification des personnes par leur voix : un nécessaire devoir de précaution

Jean-François Bonastre,<sup>1,3</sup> Frédéric Bimbot,<sup>1,4</sup> Louis-Jean Boë,<sup>1,5</sup>  
Joseph P. Campbell,<sup>2,6\*</sup> Douglas A. Reynolds,<sup>2,6\*</sup> Ivan Magrin-Chagnolleau<sup>2,7</sup>

(1) Association Francophone de la Communication Parlée (AFCP)  
jfb@lia.univ-avignon.fr, frederic.bimbot@irisa.fr, boe@icp.inpg.fr

(2) Speaker and Language Characterization (SpLC) SIG  
j.campbell@ieee.org, dar@ll.mit.edu, ivan@ieee.org

(3) LIA, Université d'Avignon, BP 1228, 84911 Avignon CEDEX 9, France

(4) IRISA, Pièce A 123, Campus Universitaire de Beaulieu, 35042 Rennes CEDEX, France

(5) ICP, Université Stendhal, INPG, BP 25, 38040 Grenoble CEDEX 09, France

(6) MIT Lincoln Laboratory, Lexington, Massachusetts 02420, USA

(7) DDL, CNRS & Université Lyon 2, 14 Avenue Berthelot, 69363 Lyon CEDEX 07, France

## ABSTRACT

Because of recent events and as members of the scientific community working in the field of speech processing, we feel compelled to publicize our views concerning the possibility of identifying or authenticating a person from his or her voice. The need for a clear and common message was indeed shown by the diversity of information that has been circulating on this matter in the media and general public over the past year. In a press release initiated by the AFCP and further elaborated in collaboration with the SpLC ISCA-SIG, the two groups herein discuss and present a summary of the current state of scientific knowledge and technological development in the field of speaker recognition, in accessible wording for nonspecialists. Our main conclusion is that, despite the existence of technological solutions to some constrained applications, *at the present time, there is no scientific process that enables one to uniquely characterize a person's voice or to identify with absolute certainty an individual from his or her voice.*

## 1. INTRODUCTION

L'identification d'une personne sur la base de sa voix est une motivation ancienne. Depuis de nombreuses années, les juges, les avocats, les enquêteurs de la police ou de la gendarmerie comme les agences de sécurité nationale souhaitent utiliser des procédés d'authentification vocale criminalistique pour mener une enquête ou confirmer un verdict de culpabilité ou d'innocence [1,2].

En dépit du fait que les bases scientifiques de l'authentification d'une personne par sa voix aient été mises en cause par les chercheurs du domaine (e.g., par les scientifiques dès 1970 [3], les phonéticiens Britanniques en 1983 [4] et la communauté francophone de la communication parlée de manière soutenue depuis 1990 [5]), cette tâche est perçue comme aisée par le grand public. Comme le décrit L.J. Boë [5], cette fausse perception prend partiellement ses racines dans un article publié dans Nature en 1962 [6]. Dans cet article, Kersta introduit la dénomination inadaptée, "empreinte vocale" (voiceprint), qui est restée en vogue dans la presse quotidienne, les séries télévisées et les films d'espionnage. Cette appellation, *Empreinte Vocale*, tend à faire penser qu'une représentation graphique de la voix - par un spectrogramme - est de même nature que les minuties des empreintes digitales ou des empreintes génétiques (ADN) et mène à une identification fiable du locuteur.

Devant les avancées de la reconnaissance automatique du locuteur durant la dernière décennie (e.g., [7, 8]), il devient de plus en plus important de définir les usages opportuns de cette technologie dans les différents contextes rencontrés en criminalistique et de différencier les applications dans le domaine de la criminalistique des applications traditionnelles de la reconnaissance automatique du locuteur. Ce besoin a été mis en lumière par de récents événements de portée internationale. Cette publication<sup>1</sup> est destinée à proposer une information claire aux journalistes comme au grand public, concernant la possibilité d'identifier ou d'authentifier une personne à l'aide de sa voix.

Les scientifiques francophones spécialistes de l'étude de la voix, représentés initialement par le Groupe Francophone de la Communication Parlée, puis depuis 2001 par l'Association Francophone de la Communication Parlée (AFCP), tentent depuis plusieurs années d'attirer l'attention des pouvoirs publics, des magistrats, des médias et des citoyens sur les limites scientifiques et technologiques des techniques et des procédés d'identification des individus par leur voix (authentification vocale). Cette position a donné lieu à plusieurs textes [9, 10] et articles scientifiques [5, 11] ainsi qu'à plusieurs interventions auprès des tribunaux. L'AFCP, en collaboration avec le groupe ISCA-SIG<sup>2</sup> SpLC (*Speaker and Language Characterization*) dédié à la caractérisation du locuteur et de la langue présente un résumé de l'état des connaissances scientifiques et des développements technologiques dans le domaine de la reconnaissance du locuteur, dans un langage accessible aux non spécialistes. Cette position commune est décrite dans la Section 2 de ce papier et des conclusions communes sont présentées Section 3.

---

\* Ces auteurs ont été subventionnés dans le cadre du contrat Air Force F19628-00-C-0002 du Technical Support Working Group du gouvernement des USA et du FBI du même pays. Les opinions, interprétations, conclusions et recommandations n'engagent que leurs auteurs et ne sont pas forcément soutenues par le gouvernement des USA.

<sup>1</sup> Cette publication a été publiée en version anglaise à l'occasion de la conférence Eurospeech 2003.

<sup>2</sup> SpLC est un groupe de travail "special interest group" de l'International Speech Communication Association (ISCA) : <http://www.spic-isca.org/>.

## 2. L'IDENTIFICATION VOCALE : UN ENSEMBLE DE PROCÉDÉS PAS TOUJOURS ETAYÉS PAR UNE DÉMARCHE SCIENTIFIQUE

La capacité qu'a un être humain pour identifier des locuteurs par leur voix (dans un contexte criminalistique) représente un grand intérêt pour le domaine juridique [1, 2]. Dans l'état actuel des connaissances, il n'existe pas de procédures, automatiques ou basées sur une expertise humaine, permettant d'avancer avec certitude qu'une personne est - ou n'est pas - l'auteur d'un enregistrement vocal donné [9, 12, 13, 14, 15, 16]. Ceci est d'autant plus vrai lorsqu'il s'agit d'authentifier un enregistrement "de durée limitée, avec fond sonore important, enregistré dans de mauvaises conditions techniques et provenant d'un locuteur ayant pu déguiser ou modifier artificiellement sa voix" [10, 17]. Des travaux internationalement reconnus, effectués avec la plus grande rigueur méthodologique, tels que ceux qui sont publiés dans les revues internationales, confirment scientifiquement ces affirmations [18, 19].

### 2.1. Reconnaissance auditive

En tant qu'être humain, nous sommes capables de reconnaître une personne en utilisant seulement l'écoute de sa voix, avec un niveau de réussite variable. Cette capacité naturelle est à la base de la reconnaissance auditive des locuteurs. Cette capacité à reconnaître les locuteurs est cependant variable suivant les individus [20, 21] et reste influencée par différents facteurs. La familiarité entre l'auditeur et le locuteur concerné est un facteur reconnu [22, 23, 24], mais également la durée des exemples sonores [25], le contexte [26], l'intervalle temporel entre les exemples [27, 28], les conditions de stress et de modifications volontaires de la voix [29, 30] et l'entraînement des auditeurs [31]. De manière courante, une analyse auditive n'est pas réalisée isolément mais en addition à d'autres types de reconnaissance du locuteur, que nous allons examiner maintenant.

### 2.2. Reconnaissance par Spectrogramme

Le terme *empreinte vocale*, un concept faisant en fait référence à un spectrogramme [3, 32], est fréquemment utilisé de façon impropre dans le langage courant et dans les œuvres de fiction. Une *empreinte vocale* est simplement un spectrogramme du signal vocal qui peut être imprimé. Il s'agit d'un graphique qui représente le signal en trois dimensions, le temps, la fréquence et l'intensité. Le spectrogramme est un outil utile pour le traitement et l'analyse de la voix mais n'a cependant aucun lien avec les empreintes digitales.

- Ce terme d'empreinte vocale donne la fausse impression que la voix possède des caractéristiques qui présentent le même niveau d'unicité et de fiabilité que les empreintes digitales ou génétiques. Il n'en est rien. A ce jour, les recherches scientifiques ne permettent pas de dire que la voix possède des caractéristiques permettant d'identifier de façon unique chaque être humain.
- La voix présente des différences majeures avec les empreintes digitales et génétiques :
  - La voix évolue au cours du temps, que ce soit à court terme (moment de la journée), à moyen terme (période de l'année) et à long terme (avec l'âge), ainsi qu'en fonction de l'état de santé ou l'état émotionnel.
  - Des échantillons non contemporains, séparés par un long intervalle temporel représentent une difficulté particulière.
  - La voix est un élément modifiable volontairement (cf. les imitateurs) et aisément falsifiable, avec les moyens techniques existants.

L'analyse des empreintes digitales bénéficie d'une longue histoire et de bases de données expérimentales de dimension très importante. Dans le domaine vocal, les bases de données disponibles ne comportent pas un nombre suffisant de locuteurs, de langues et de conditions d'enregistrement pour l'évaluation des méthodes d'authentification criminalistique, à haut niveau de fiabilité.

De plus, les spectrogrammes ont été utilisés dans différentes affaires judiciaires étonnantes, e.g., [33].

En outre, le terme *empreinte vocale* est parfois employé pour faire référence à l'ensemble des méthodes relevant de la reconnaissance du locuteur, automatique ou manuelle, sans relation avec l'emploi ou non de spectrogrammes.

### Les standards de l'IAI pour les comparaisons auditives et à base de spectrogrammes

Le comité « identification vocale et analyse acoustique » (Voice Identification and Acoustic Analysis Subcommittee) de l'association internationale pour l'identification (International Association for Identification, IAI) a établi des standards pour la comparaison d'enregistrements vocaux [34]. Ces standards ont pour but de proposer des comparaisons spectrographiques de voix, efficaces et uniformes. Dans l'approche promue par l'IAI, les extraits de voix à comparer (voix connue et voix inconnue) doivent contenir des mots comparables. En suivant les standards IAI, une analyse peut seulement proposer une décision parmi sept : (1) Identification, (2) Identification Probable, (3) Identification Possible, (4) Non Concluante, (5) Exclusion Possible, (6) Exclusion Probable ou (7) Exclusion. L'IAI définit ces décisions en fonction de comparaisons auditives et spectrales (spectrographiques) de mots comparables dans les exemples, qui se correspondent ou non. Comme on peut s'y attendre, les décisions extrêmes (1 et 7) sont rares. Dans certaines situations, les standards IAI ne peuvent être atteints et, pour minimiser les risques d'erreur, aucune décision ne peut être rendue [16].

### Les facteurs de Daubert : les spectrogrammes sont-ils acceptables ?

Lors du jugement *Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticals* (509 U.S. 579) rendu en 1993, la cour suprême des USA décida que cinq conditions devaient être respectées pour qu'un élément de preuve puisse être considéré comme *scientifique* dans un tribunal [35]:

- La méthode ou la technique doit avoir été testée ou doit pouvoir être testée.
- La méthode ou la technique a été publiée et soumise à la critique des pairs.
- Il existe des standards mis à jour qui contrôlent l'usage de la technique.
- La technique doit être communément acceptée dans la communauté scientifique.
- Le taux potentiel d'erreurs doit être connu (et être acceptable).

Au vu des facteurs de Daubert, différentes questions se posent à propos de la méthode spectrographique :

- Est-ce qu'une preuve basée sur les spectrogrammes peut être considérée comme scientifique et est-ce que cette méthode relève de la science ?
- Comment l'objectivité de la comparaison des signaux est assurée ?
- Est-ce les résultats peuvent être dupliqués par d'autres chercheurs ou d'autres analystes ?
- Quel est le niveau connu/publié du taux potentiel d'erreurs ?

- Quels pourcentages des erreurs proviennent respectivement de la méthode elle-même et de sa mise en œuvre (analyse) ?
- Quelle communauté scientifique reconnaît la technique spectrographique ?

### **2.3 La reconnaissance phonétique du locuteur en criminalistique**

Les méthodes phonétiques de reconnaissance du locuteur en criminalistique utilisent une approche linguistique [4, 16, 36, 37]. L'information recueillie à travers l'étude systématique des sons d'une langue est utilisée par un expert phonéticien pour produire une preuve, correspondant à la vraisemblance pour qu'un enregistrement vocal ait été produit par une personne donnée. Plus exactement, il s'agit d'estimer combien de fois il est plus probable d'observer une différence entre les exemples vocaux si ceux-ci proviennent du même locuteur ou, au contraire, de deux locuteurs différents (i.e. le bien connu rapport de vraisemblance Bayésien [16]). Ce procédé contraste avec l'identification auditive réalisée par des auditeurs candides (e.g., dans une identification vocale d'un suspect réalisée durant une enquête policière). En fait, la phonétique criminalistique a précédé la méthode spectrographique et constitua les bases de la première étude publiée sur la comparaison de voix [38], issue de la célèbre affaire de kidnapping du bébé Lindberg. Les limites de la phonétique criminalistique incluent notamment la disponibilité limitée de phonéticiens qualifiés pour chacune des langues concernées, les complications dues à la comparaison d'enregistrements réalisés dans des langues différentes, des données de référence inappropriées et un manque de moyens pour déterminer dans quelle mesure une voix est spécifique d'un locuteur, en général.

### **2.4 Reconnaissance automatique du locuteur**

La voix contient des informations caractérisant partiellement un locuteur. Le domaine scientifique utilisant ces informations pour vérifier l'identité d'une personne est appelé « Reconnaissance Automatique du Locuteur » [39]. Les applications majeures concernent l'accès sécurisé à des locaux ou l'authentification à distance de l'utilisateur (pour les services téléphoniques notamment).

Les techniques de reconnaissance du locuteur sont basées sur des mesures de ressemblance entre des enregistrements de parole. Ces mesures sont faites sur des paramètres acoustiques extraits par analyse du signal. Elles peuvent prendre en compte les informations spécifiques au locuteur, le contenu du message vocal, les informations sur l'environnement et le matériel d'enregistrement.

Pour garantir un niveau de performance acceptable pour les applications de la reconnaissance du locuteur, plusieurs caractéristiques sont généralement nécessaires :

- Les locuteurs n'essayent pas de déguiser leur voix.
- Les conditions d'enregistrement et de traitement du signal audio sont connues et/ou contrôlées.
- Des données de parole, enregistrées dans les mêmes conditions que le signal de test, sont disponibles pour référencer un locuteur dans le système.
- La mesure de ressemblance est étalonnée au cours d'expériences réalisées dans les conditions contrôlées citées précédemment. La méthode de décision est estimée en fonction des résultats des expériences et en fonction de l'application visée.

Ajouter des contraintes peut amener un meilleur niveau de performance :

- Les locuteurs souhaitent être acceptés par le système, ils coopèrent avec celui-ci.

- L'usage de techniques sophistiquées pour modifier ou déguiser la voix doit être interdit aux imposteurs potentiels.
- L'usage d'un système de synthèse de la parole n'est pas autorisé.
- Le contenu linguistique des messages inclut des mots connus du système, permettant à celui-ci de calculer une ressemblance entre des voix en se basant sur des contenus comparables.

Le respect d'une large part de ces contraintes peut être assuré par les aspects ergonomiques intrinsèques du système. A mesure que la science progresse, de moins en moins de ces contraintes pourraient être nécessaires pour amener un niveau de performance satisfaisant et ce pour des applications variées.

### **Un usage judicieux**

En dépit des limitations énoncées précédemment et des précautions à prendre sur la mise en œuvre de technologies de reconnaissance automatique du locuteur, il doit être noté que ce domaine fait preuve d'un grand dynamisme, au niveau de la recherche, du développement et de l'évaluation des performances [19]. Les recherches actuelles sont concentrées sur les limitations pratiques de la reconnaissance automatique du locuteur (e.g., [7, 8]) et sur la présentation, la diffusion et l'interprétation des résultats des systèmes [16, 18].

Des progrès ont été réalisés, rendant un usage judicieux plus sûr ; à condition qu'ils aient été évalués avec précaution au préalable, les systèmes automatiques peuvent être utiles - en addition d'autres méthodes - pour aider à l'orientation d'enquêtes lorsque des éléments vocaux cruciaux sont disponibles [15]. Cependant, les facteurs décrits dans la Section 2.4 doivent être conservés en mémoire, car ils limitent l'interprétation des sorties des systèmes automatiques.

## **III CONCLUSIONS**

A ce jour, il n'est pas possible de déterminer complètement si la ressemblance entre deux enregistrements est due au locuteur ou à d'autres facteurs, spécialement lorsque : (a) le locuteur n'est pas coopératif, (b) il n'y a pas de contrôle de l'équipement d'enregistrement, (c) les conditions d'enregistrement sont inconnues, (d) on ne sait pas si la voix a été modifiée, déguisée ou non et, dans une moindre mesure, (e) le contenu linguistique des messages n'est pas contrôlé. Précaution et réflexion doivent être appliquées lorsqu'un procédé de reconnaissance du locuteur - basé sur une expertise humaine ou automatique - est utilisé, pour tenir compte de ces facteurs incontrôlables. Dans des situations plus contraintes et/ou mieux calibrées, ou comme une aide pour l'orientation d'enquêtes, un usage judicieux de ces techniques peut être acceptable, une fois admis que ces procédés ne peuvent pas être considérés comme infaillibles.

A ce jour, il n'y a pas de procédé scientifique qui permette de caractériser de manière unique la voix d'une personne ou d'identifier avec une certitude absolue un individu à partir de sa voix.

## **REMERCIEMENTS**

Tous nos remerciements à V. Hazan, R. Sock, R. Schwartz, H. Nakasone, J. Wayman, P. Rose, H. Fraser et P. Higgins pour leur aide et leurs précieux conseils.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- [1] Bolt, R. H., Cooper, F. S., Green, D. M., Hamlet, S. L., McKnight, J. G., Pickett, J. M., Tosi, O., Underwood, B. D., Hogan, D. L., (1979) On the Theory and Practice of Voice Identification, National Research Council, National Academy of Sciences: Washington, D.C.

- [2] Tosi, O. (1979) *Voice Identification: Theory and Legal Applications*. University Park Press: Baltimore, Maryland.
- [3] Bolt, R. H., Cooper, F. S., David, E. E. Jr., Denes, P. B., Pickett, J. M., Stevens, K. N. (1970) "Speaker Identification by Speech Spectrograms: A Scientists' View of its Reliability for Legal Purposes." *Journal of the Acoustical Society of America* 47, 2 (2), 597-612.
- [4] Nolan, J. F. (1983) *The Phonetic Bases of Speaker Recognition*, Cambridge University Press: Cambridge.
- [5] Boë, L. J. (2000) "Forensic voice identification in France," *Speech Communication*, Elsevier, Volume 31, Issues 2-3, June 2000, pp. 205-224 ([http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6393\(99\)00079-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-6393(99)00079-5)).
- [6] Kersta, L. G. (1962) "Voiceprint Identification." *Nature* 196, pp. 1253-1257.
- [7] Reynolds, D. A., Andrews, W. D., Campbell, J. P., Navrátil, J., Peskin, B., Adami, A., Jin, Q., Klusáček, D., Abramson, J. S., Mihaescu, R., Godfrey, J. J., Jones, D. A., Xiang, B. (2003) "The SuperSID Project: Exploiting High-level Information for High-accuracy Speaker Recognition," *Proc. International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, IEEE, Hong Kong, pp. 784-787.
- [8] Reynolds, D. A., (2002) "An Overview of Automatic Speaker Recognition Technology," *Proc. International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, IEEE, Orlando, Florida, pp. 300-304.
- [9] Pétition pour l'arrêt des expertises vocales, tant qu'elles n'auront pas été validées scientifiquement. Pétition du GFCP de la SFA, 1999 (<http://www.afcp-parole.org/doc/petition.pdf>).
- [10] Motion adoptée à l'unanimité par le Bureau du GCP (Groupe de la Communication Parlée) de la SFA, reconduite intégralement par le GFCP de la SFA en 1997 et par l'AFCP en 2002 ([http://www.afcp-parole.org/doc/MOTION\\_1990.pdf](http://www.afcp-parole.org/doc/MOTION_1990.pdf)).
- [11] Boë, L. J., Bimbot, F., Bonastre, J. F., Dupont, P. (1999) "De l'évaluation des systèmes de vérification du locuteur à la mise en cause des expertises vocales en identification juridique," *Langues*, Vol. 2, n°4 Décembre, pp 270-288 (<http://www.afcp-parole.org/doc/Article-Langue.pdf>).
- [12] Bolt, R., Cooper, F., David, E., Jr., Denes, P., Pickett, J., Stevens, K. (1973) "Speaker Identification by Speech Spectrograms," *J. Acoust. Soc. Am.* 54, pp. 531-537.
- [13] Doddington, G. (1985) "Speaker Recognition: Identifying People by their Voices," *Proc. IEEE* 73, pp. 1651-1664.
- [14] Braun, A., Künzel, H. J. (1988) "Is forensic speaker identification unethical? — or can it be unethical not to do it?," *Forensic Linguistics*, Vol 5, No. 1, pp. 10-21.
- [15] Nakasone, H., Beck, S. (2001) "Forensic Automatic Speaker Recognition," *Proc. 2001: A Speaker Odyssey*, The Speaker Recognition Workshop, ISCA, Chania, Crete, Greece, 18-22 June 2001.
- [16] Rose, P. (2002) *Forensic Speaker Identification*, Taylor & Francis: London and New York.
- [17] Reich, A., Moll, K., Curtis, J. (1976) "Effects of Selected Vocal Disguises upon Spectrographic Speaker Identification," *J. Acoust. Soc. Am* 60, pp. 919-925.
- [18] Champod, C., Meuwly, D. (2000) "The Inference of Identity in Forensic Speaker Identification," *Speech Communication*, Elsevier, Volume 31, pp. 193-203 (<http://www.unil.ch/ipsc/pdf/science.pdf>).
- [19] Martin, A., Przybocski, M. (2000) "The NIST 1999 Speaker Recognition Evaluation — An Overview," *Digital Signal Processing*, v. 10, n. 1-3. January/April/July, pp. 1-18 (<http://dx.doi.org/10.1006/dspr.1999.0355>).
- [20] Ladefoged, P., Ladefoged, J. (1980) "The Ability of Listeners to Identify Voices," *UCLA Working Papers in Phonetics* 49, pp. 43-51.
- [21] Schmidt-Nielsen A., Crystal, T. H. (2000) "Speaker Verification by Human Listeners: Experiments Comparing Human and Machine Performance Using the NIST 1998 Speaker Evaluation Data," *Digital Signal Processing* vol. 10, no. 1-3. January/April/July, pp. 249-266 (<http://dx.doi.org/10.1006/dspr.1999.0356>).
- [22] Van Lancker, D., Kreiman, J., Emmorey, K. (1985) "Familiar voice recognition: Patterns and parameters— Recognition of backward voices," *J. Phonetics* 13, pp. 19-38.
- [23] Papcun, G., Kreiman, J. Davis, A. (1989) "Long-term memory for unfamiliar voices," *J. Acoust. Soc. Am.* 85, pp. 913-925.
- [24] Yarmey, A. D., Yarmey, A. L., Yarmey, M. J., Parliament, L. (2001) "Commonsense Beliefs and the Identification of Familiar Voices," *Appl. Cognit. Psychol.* 15, pp. 283-299.
- [25] Compton, A. (1963) "Effects of Filtering and Vocal Duration upon the Identification of Speakers, Aurally," *J. Acoust. Soc. Am.* 35, pp. 1748-1752.
- [26] Young, M., Campbell, R. (1967) "Effects of Context on Talker Identification," *J. Acoust. Soc.* 42(6), pp. 1250-1254.
- [27] Hollien, H., Schwartz, R. (2001) "Speaker Identification Utilizing Noncontemporary Speech," *J. Forensic Sci.*, 46, pp. 63-67.
- [28] Saslove, H., Yarmey, A. D. (1980) "Long Term Auditory Memory: Speaker Identification," *J. Applied Psychol.* 65, pp. 111-116.
- [29] Hollien, H., Majewski, W., Doherty, E. T. (1982) "Perceptual identification of voices under normal, stress and disguise speaking conditions," *J. Phonetics* 10, pp. 139-148.
- [30] Reich, A. R., Duke, J. E. (1979) "Effects of Selective Vocal Disguise Upon Speaker Identification by Listening," *J. Acoust. Soc. Am.* 66, pp. 1023-1028.
- [31] Schiller, N. O., Koster, O. (1998) "The Ability of Expert Witnesses to Identify Voices: A Comparison Between Trained and Untrained Listeners," *Forensic Linguistics*, 5, pp. 1-9.
- [32] Stevens, K. N., Williams, C. E., Carbonell, J. R., Woods, B. (1968) "Speaker Authentication and Identification: A Comparison of Spectrographic and Auditory Presentations of Speech Material," *J. Acoust. Soc. Am.*, 44(6), pp. 1596-1607.
- [33] Hollien, H. (1974) "Peculiar Case of Voiceprints," *J. Acoust. Soc. Am.* 56, pp. 210-213.
- [34] Voice Identification and Acoustic Analysis Subcommittee of the International Association for Identification (1991) "Voice Comparison Standards," *Journal of Forensic Identification*, Vol 41, No. 5, pp. 373-392.
- [35] *Daubert v. Merrell Dow Pharmaceuticals*, 509 U.S. 579, 113 S. Ct. 2786, 125 L. Ed. 2d 469 (1993).
- [36] Bricker, P., Pruzansky, S. (1966) "Effects of Stimulus Content and Duration on Talker Identification," *J. Acoust. Soc. Am.* 40, pp. 1441-1450.
- [37] Pollack, I., Pickett, J. M., Sumbly, W. H. (1954) "On the Identification of Speakers by Voice," *J. Acoust. Soc. Am.* 26(3), pp. 403-412.
- [38] McGehee, F. (1937) "The Reliability of the Identification of the Human Voice," *J. Gen. Psychol.*, 17, pp. 249-271.
- [39] Campbell, J. P. (1997) "Speaker Recognition: A Tutorial," *Proceedings of the IEEE*, 85, pp. 1437-1462.