

# دور التقانات اللسانية الحديثة في معالجة الاضطرابات النطقية "برنامج PRAAT و MATLAB"

العربي بوعمران بوعلام  
جامعة الجيلالي بونعامة - خميس مليانة / الجزائر  
b.larbi-bouamrane@univ-dbkm.dz

تاريخ التسلم: 2020/06/05 تاريخ القبول: 2020/11/20

## الملخص:

يتمحور موضوع هذه الدراسة حول اضطرابات النطق لدى مستعملي اللغة العربية والتي تندرج ضمن حقل اللغويات التطبيقية، كما نعلم أن النطق السليم للأصوات أو الكلام تعترضه العديد من المعوقات سواء كانت حالات مرضية أو مكتسبة، هذه الصعوبات يمكن للمعالج المختص أن يدركها بحواسه وأحيانا لا بد من اللجوء إلى أجهزة فاحصة تقوم بدراسة تحليلية دقيقة، تركز على تقنيات حديثة ومتطورة، وتقتصر بالمقابل حلول فعالة تعالج هذه الاضطرابات النطقية.

هذه الدراسة هي محاولة جادة للتعامل مع أصوات اللغة العربية، ومعالجة مختلف اضطرابات النطق المعالجة الآلية للكلام بالاعتماد على تقنيات الحاسوب، ارتأيت في هذه الدراسة اقتراح طريقة تركز على تقنيات حاسوبية، للتعرف على مختلف اضطرابات النطق ووضع نموذج لتحسين النطق المرضي.

الكلمات المفتاحية : التقانات الحديثة - اللسانيات الحاسوبية - اضطرابات النطق - برنامج (PRAAT) - برنامج (MATLAB).

## The role of modern technologies in the treatment of speech disorders "PRAAT and MATLAB"

### **Abstract:**

The subject of this study is about speech disorders among users of Arabic language, which falls within the field of applied linguistics. We also know that the proper pronunciation of sounds or speech is encountered by many obstacles, whether sick or acquired cases, these difficulties can be recognized by the specialist therapist with his senses and sometimes must resort To rigorous analytical devices, based on modern and sophisticated techniques, and in turn propose effective solutions to address these speech disorders.

This study is a serious attempt to deal with the sounds of the Arabic language, and the treatment of various speech disorders.

**Keywords:** modern technologies - computer - speech disorders - PRAAT - MATLAB.

## مقدمة:

النطق السليم للأصوات أو الكلام تعترضه العديد من المعوقات، سواء كانت حالات مرضية أو مكتسبة، هذه الصعوبات يمكن للمعالج المختص أن يدركها بحواسه وأحياناً لا بد من اللجوء إلى أجهزة فاحصة تقوم بدراسة تحليلية دقيقة، تركز على تقنيات حديثة ومتطورة، وتقترح بالمقابل حلول فعالة تعالج هذه الاضطرابات النطقية. نهدف من خلال هذه الدراسة تأكيد التلاحم بين اللغة العربية والحاسوب من خلال معالجة إشارات الكلام بالعديد من الخوارزميات والتقنيات المتطورة، كالتمييز (recognition)، والتشفير (coding)، والتركيب (synthesis)، والعمل على تحديد المواصفات والميزات بين النطق السليم والمرضي.

## 1. مظاهر اضطرابات النطق:

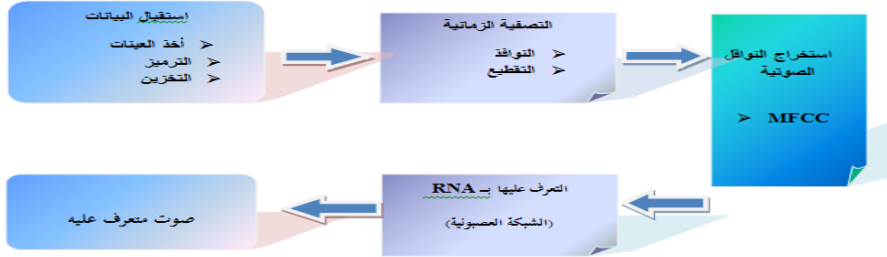
الكلام سلسلة صوتية متصل بعضها ببعض اتصالاً وثيقاً، ويتم تمثيله بشكل موجة سمعية wave في كل أنظمة تمييز الكلام تتم معالجة الإشارة من البداية إلى النهاية، مثل المعالجة بالنافذة، الترشيح، التكميم...، حسب نوع التطبيق فإن إشارة الكلام يمكن أن تتمثل بالاعتماد على معالم متنوعة للكلام مثل التمثيل باستخدام معالم المجال الزمني للإشارة أو المعالم الطيفية ليتم استخراج خصائص الكلام المطلوبة من قبل النظام المصمم، إن اختيار نوع التمثيل للكلام يؤدي دوراً كبيراً ومهماً في إظهار خصائص الكلام. (غانم سعيد، 2005، ص 124).

فالكلام: هو استحداث موجات صوتية بواسطة الحركة الإرادية للتركيب الفيزيولوجي لدى الإنسان لتنقل المعلومات من المتكلم إلى السامع، هذا التركيب التشريحي يختلف من شخص إلى آخر هذا ما يجعل خصائص الأصوات المنطوقة تختلف وتصبح كبصمة ترتبط بناطقها، تتعدد الأسباب فبعضها فيزيولوجي، نفسي، عادة مكتسبة...، فتتعدد بذلك أمراض الكلام من الحبسة، اللثغة، التلعثم، التأتأة، اللجاجة. وهكذا؛ فاضطرابات النطق هي عدم قدرة الفرد على ممارسة الكلام بطريقة سليمة نتيجة لمجموعة من الأسباب تتراوح من مجرد أخطاء نطقية إلى أمراض خلقية، قد تكون هذه الاضطرابات نتيجة وقوع تشويه لنطق أصوات، كلمة شجرة تنطق (سجرة)، وكلمة مدرسة تنطق (مدرثة)، ويطلق على هذا النوع من الاضطراب باللثغة (Lispings)، وهناك مظاهر أخرى لصعوبة النطق كالحذف (Omission)، والإبدال (Substitution)، والإضافة (Addition)، والحبسة (Aphasia)، وهناك اضطرابات متعلقة بخلل في أعضاء جهاز النطق كشق الحلق أو إصابة في الجهاز العصبي المركزي فينتج الكلام بصعوبة (سميحان الرشيد، ص 15).

ارتأينا في هذه الدراسة اقتراح طريقة تركز على تقنيات حاسوبية، للتعرف على مختلف اضطرابات النطق ووضع نموذج لتحسين النطق المرضي، اتبعنا المنهجية التالية:

- وضع قاعدة بيانات صوتية لمختلف الاضطرابات النطقية لدى مجموعة من المستعملين.
- تحليل ومعالجة الموجات الصوتية لحالات النطق السليم والنطق المرضي وذلك باستخدام برنامج PRAAT ثم وضع هذه المعلومات على شكل ملفات file.

- إدخال الملفات إلى برنامج الشبكات العصبية متعددة الطبقات (MLP) ثم تمثيل هذه البيانات بـ(MFCC)، وذلك لمعرفة معدل التعرف على الحالات النطقية السليمة، ومعدل الانحراف عن النطق السليم، ويكون ذلك بعد تدريب البرنامج.
  - حساب المسافة الاقليدية بين الصوامت لمعرفة القيمة المحددة بين النطق السليم والمرضي.
- والشكل التالي يوضح الخطوات المتبعة في هذه الدراسة:



الشكل (1): مخطط عام يوضح عملية التعرف الآلي على الكلام

2. عملية جمع البيانات الصوتية للاضطرابات النطقية:

تطلبت الدراسة إنشاء مدونة كلمات تضم الأصوات التي تشيع فيها أمراض الكلام، ونُطقت من مواضع متعددة في الكلمة (أولها، ووسطها وآخرها)، وسُجلت تلك الأصوات بالميكروفون، وتم تخزينها في الحاسوب. تضم العينة المسجلة أصواتها، ناطقين مرضى وسليمين من كلا الجنسين، أعمارهم من 6-10 سنوات. وقد جرى تحديد مخرج وصفات كل صوت، لتبيين نوع الاضطراب ونحدد السبب، لأنه عادة ما يكون الانحراف في إخراج الصوت من مخرجه أو عدم إعطائه صفته سببا في اضطراب النطق. والجدول التالي يوضح هذه الفونيمات مع تحديد صفاتها ومخارجها.

الجدول (1): مجموع الأصوات التي هي عينات الدراسة

API	صفات الحروف	مخارج الحروف	الحرف العربي
[ʃ]	الاحتكاك	لساني لثوي	ش
[g]	الجهر	لساني لثوي	ج
[s]	الصفير	طرف اللسان وفوق الثنايا العليا	س
[z]	الصفير	طرف اللسان وفوق الثنايا العليا	ز
[t]	الشدة	طرف اللسان مع أصول الثنايا العليا	ت
[d]	الجهر	طرف اللسان مع أصول الثنايا العليا	د
[n]	أنفي	طرف اللسان مع لثة الأسنان العليا	ن
[b]	الجهر	الشفتان	ب
[k]	انفجاري	أقصى اللسان مع الحنك العلوي	ك
[f]	الهمس	بطن الشفة السفلى مع الثنايا العليا	ف

## 3. مرحلة تحديد الحالات المرضية والسليمة:

بعد عملية جمع المدونة ونطق الكلمات نقوم بتحديد الأصوات التي وجدنا فيها اضطرابا نطقيا ذكرنا بعضها في الجدول التالي:

الجدول (2): أهم الكلمات التي كشفت عن حالات مرضية

الكلمة	TOP	نطق شخص مريض	كتابة (AS)
شخصية	[ʃaʕs i j a]	[θ aʕt i j a]	ثخنية ثخشئية
شمس	[ʃ a m s ə]	[θ a m ʃ ə]	ثمش ثمث
جبل	[g ə b e l]	[θ a m θ u n]	دبل
زهرة	[z a h r a]	[θ a h r a]	ثمر

يوضح الجدول (2) بعض الكلمات المدونة التي تضم حروف (السين، الشين، الزاي)، وهي كلها ترتبط بفونيم (الثاء)، ولعل ذلك يعود إلى التقارب بين مخارج الأصوات: فمخرج (السين) بين طرف اللسان وبين الثنايا العليا والسفلى، ومخرج (الشين) من وسط اللسان وما يحاذيه من الحنك الأعلى، ومخرج (الزاي) من بين طرف اللسان ومن بين الثنايا العليا والسفلى، ومخرج (الثاء) هو من ظهر طرف اللسان وأطراف الثنايا العليا. أما كلمة (جبل) التي نُطقت (دبل): فإن مخرج (الجيم) من وسط اللسان وما يحاذيه من الحنك الأعلى، وهو قريب من (الدال) الذي مخرجه من طرف اللسان وأصول الثنايا العليا.

## 4. مرحلة تسجيل الأصوات من أجل الاختبار عليها:

تتضمن هذه المرحلة تجهيز المعدات التي تتكون أساسا من جهاز حاسوب ومايكروفون، ثم البدء في تحديد الناطقين مرضى وسليمين، وتسجيل مجموعة من الكلمات العربية المنفردة، تم تسجيل الإشارات الصوتية للكلمات وفق المحددات التالية:

- أخذ العينات على تردد 11025 هرتز.
- رقمتها على 16 بايت.
- تسجيلها وتخزينها في الحاسوب على شكل ملف صوتي wav extension .

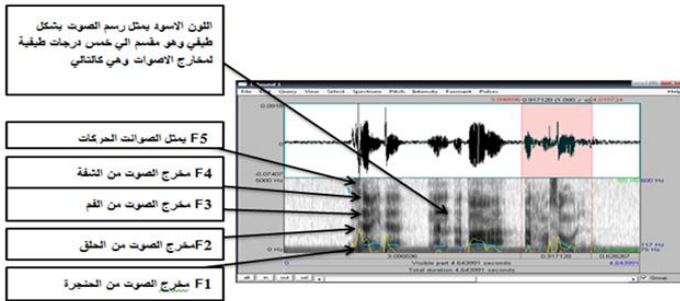


الشكل (2): يوضح المراحل المتبعة في عملية تسجيل الأصوات

## 5. مرحلة تقطيع الأصوات:

تعد عملية تقطيع الأصوات جد مهمة في عملية التعرف الآلي على الكلام، فكل مقطع هو عبارة عن صوت، في دراستنا هذه عمدنا إلى تقطيع الأصوات بالاستعانة ببرنامج حاسوبي كونها الطريقة المثلى لتحديد الصوت المراد دراسته، الأمر الذي يتطلب دقة ومعرفة واسعة بكل ما يتعلق بالمقاطع الصوتية ومحدداتها.

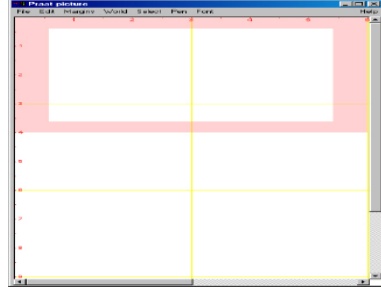
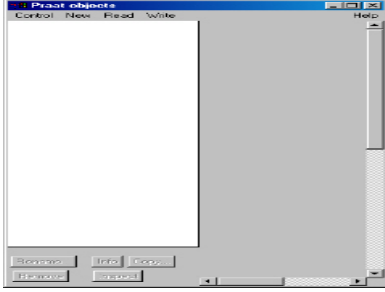
نأخذ عينات من الأصوات حيث أن أول خطوة في التقطيع نقوم بتشغيل البرنامج الحاسوبي (PRAAT)، ومن نافذة (Praat object) نضغط على (new) ومنها إلى (record mono Sound) ثم نقوم بتشغيل الصوت الذي القيام بالدراسة عليه كعينة صوتية، بعد تشغيل الصوت نضغط على أيقونة تظهر في هذا البرنامج تحت تسمية (recorde) نقوم بتسجيل هذه العينة بواسطة البرنامج، وبعد تسجيلها نضغط على (stop) ثم (Save to List) من نفس القائمة، لحفظ التسجيل الذي تحصلنا عليه، بعد ذلك نختار (view and Edit) والتي سيتم من خلالها حفظ العينة في نافذة (Sound Unituld) على شكل ملف صوتي wav، ومن خلالها تظهر لنا مباشرة صورة طيفية خاصة بالعينة المسجلة بالإضافة إلى مجموعة من الأنماط الخاصة بهذه الصورة، تتيح لنا هذه الصورة الطيفية إمكانية التعديل في الصوت كحذف الضوضاء والأصوات غير اللازمة، كما يمكننا من تقطيع أصوات هذه العينة، والتعرف على الزمن المستغرق في نطقها، وشدتها وكثافة الصوت وقياس التواتر، وهذا ما توضحه الصورة الطيفية التالية:



الرسم البياني frequency يمثل التردد F1 من 0 إلى 1000 هرتز و F2 من 1000 إلى 2000 هرتز و F3 من 2000 إلى 3000 هرتز و F4 من 3000 إلى 4000 هرتز و F5 من 4000 إلى 5000 هرتز.

## الشكل(3): التقطيع الصوتي بواسطة برنامج PRAAT

1.5. تعريف برنامج PRAAT: هو برنامج مجاني لتحليل ومعالجة الموجات الصوتية أنشأه كل من Paul Boersma et David Weening من معهد علوم الصوتيات بجامعة أمستردام هولندا، يتميز هذا البرنامج بسهولة استخدامه إذ يحتوي على واجهة رسومية بسيطة تحتوي على نافذتين praat picture والتي هي عبارة عن رسم بياني للصوت objecte praat وهي عبارة عن قراءة للأيقونات الخاصة بالبرنامج (فؤاد كاظم الطاهر، 2017).



#### الشكل (4): يوضح الواجهة الرسومية لبرنامج PRAAT

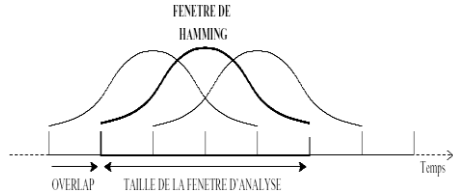
2.5. المعالجة القبلية للإشارة الصوتية: بعد تخزين العينات يتم تقطيع هذه الكلمات عبر نوافذ

ذات زمن محدد مع مراعاة بعض الضوابط وهي كالتالي:

- مدى ثبات إشارة الكلام (متوسط ثبات الإشارة الصوتية في النافذة أثناء زمن التحليل).

- تحديد وقت التحليل وقد اعتمدنا في دراستنا على مدة 20 م/ثانية بتداخل 10 م/ثانية حيث أن هذه الشرائح المأخوذة تكون متقاربة.

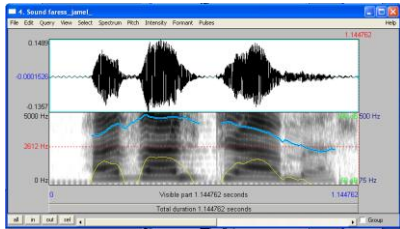
تم اعتماد هذه التقنية للحد من آثار حواف المقاطع الصوتية أثناء تداخلها مع بعضها، ومن أجل تجنب أي فقدان لمعلومات صوتية، كل إشارة صوتية يتم تحديد إطارها الزمني وبالتالي إعطاؤها أفضل تمثيل أثناء الدراسة.



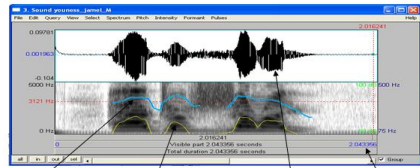
#### الشكل (5): التقطيع الزمني للإشارة الصوتية

5. المقارنة المرئية بين مختلف أطيف الأصوات السليمة والمرضية:

لتوضيح الفارق بين الحالات النطقية السليمة والمرضية للأصوات التي تم تسجيلها كان لا بد من تمثيلها مرئياً، وملاحظة الفوارق بشكل جيد، لذا اخترنا مجموعة من الناطقين ذكور وإناث البعض لديهم نطق سليم وآخرين يوجد لديهم بعض الاضطرابات النطقية، والأمثلة التالية توضح بعض عيوب النطق في كل من كلمة (دمل) أثناء نطق كلمة (جمل):

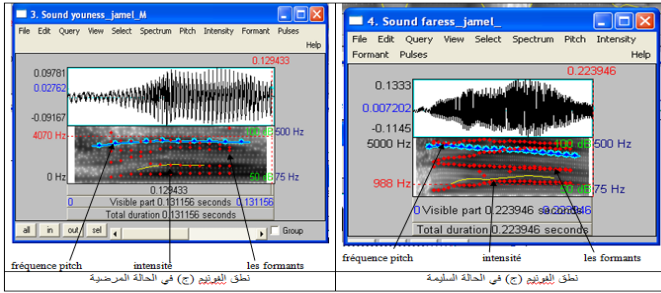


الشكل (7): حالة سليمة لنطق كلمة (جمل)



الشكل (6): حالة مرضية لنطق كلمة (دمل)

يظهر الشكلان (6) و(7) موجات طيفية، وقيما تحدد شدة الصوت والانحراف وزمن استغراق النطق؛ وهي توضح الفرق بين ناطق سليم للكلمة وناطق مصاب بمرض كلامي، ولزبد إيضاح، قمنا بالتقطيع الصوتي للكلمة، وملاحظة نطق صوت (الجيم) في الحالتين (الشكل 8):



الشكل (8): نطق الفونيم (ج) في الحالة السليمة والمرضية

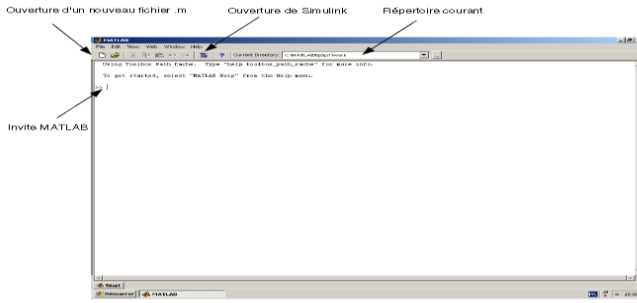
يوضح لنا الشكل (8) الفروقات الدقيقة بين نطق فونيم (ج) في الحالة السليمة والمرضية، مع تحديد مختلف الخصائص كشدة الصوت وكثافته، والوقفات والذبذبات، أما بالنسبة لتحليل الطيفي، فيبين لنا مخرج الصوت وتردداته.

واضح أن هناك فرقا واضحا بين أطيااف الأصوات السليمة والمرضية خاصة في المجال الزمني، بسبب صفات هذه الأصوات ومخارجها، وتظهر الفوارق في ترددات كالشدة والارتفاع والنبر أو التنغيم. والجدير بالذكر أن عوامل عدة تعقد تفسير الصوت طيفيا من خلال المقارنة المرئية، إذا لا يعبر الشخص نفسه عن الصوت الواحد مرتين متتاليتين بنفس الطريقة، لذلك تختلف الصورة الطيفية للصوت الواحد في كل مرة، ما يُصعّب اتخاذ قرار بشأن علم الأمراض بصريا، لذا يتوجب استخدام أساليب وتقنيات أكثر دقة.

#### 6. معالجة الاشارات الصوتية بالاعتماد على برنامج MATLAB:

تعريف برنامج MATLAB: "MATLAB" جاءت من الأحرف الأولى للعبارة (Matrix Laboratory) أي مختبر المصفوفات؛ فهذا البرنامج يتعامل مع الثوابت والمتحولات بوصفها مصفوفات رياضية، وهو برنامج حاسوبي من إنتاج شركة Math Works لحل مسائل رياضية بسيطة ومعقدة. من أهم وأقوى ميزاته قدرته على الرسم البياني للعديد من أنواع المنحنيات، متيحاً بذلك لمستخدمه تصور وتخيل أعقد التوابع الرياضية والنتائج المخبرية بيانيا. وفي هذا البرنامج أدوات لتحليل الإشارة الصوتية من تقنيات وخوارزميات وعمليات رياضية. وهذا أداة مفيدة جداً في تحليل وتصميم الأنظمة الإلكترونية، وهو معتمد في المناهج الهندسية، ويستخدم صناعياً في تصميم الأنظمة ومحاكاتها.





الشكل (9): واجهة رسومية لبرنامج MATLAB

7. مرحلة تحليل الإشارة لاستخلاص الصفات الصوتية عن طريق معاملات MFCC:

الصفات الصوتية هي المعلومات المتعلقة بالإشارة الصوتية التي تتم معالجتها بتقسيمها إلى إطارات متساوية الطول، ثم استخلاص صفات كل إطار، لتكون النتيجة النهائية متجه من الصفات يمثل ذلك الإطار. وتعد "معاملات درجة النغم" MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients) إحدى أشهر طرق استخلاص الصفات الصوتية.

1.7. تعريف MFCC (Mel-Frequency Cepstral Coefficients): هي طريقة لتحليل الإشارة الصوتية ذات المواصفات العالية لتثمين مواصفات الكلام، كطبقة الصوت ونغمته، وهي تعتمد أساساً على ترشيح الترددات الواطئة خطياً، والعالية لوغاريتمياً؛ لاستخلاص المواصفات المهمة للصوت (يسرى فيصل، علي جاسم، 2014، ص 130). ويكون ذلك باتباع عدة مراحل لتغطية جميع الترددات دون فقدان للمعلومات عند إدخال الإشارة الناتجة عن FFT على المرشح والشكل التالي يوضح مخطط مراحل معالجة MFCC:

والشكل التالي يوضح عينة من استخراج معاملات MFCC:

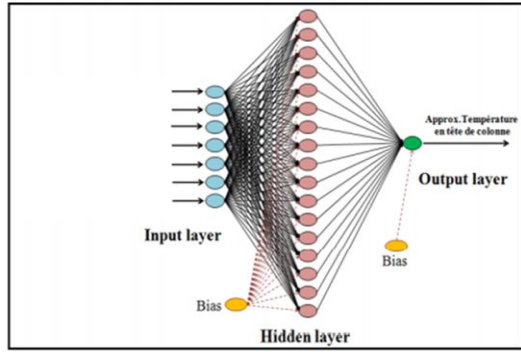
الجدول (3): استخراج معاملات MFCC للفونيم (د) لحالة نطقية سليمة

	001	002	003	.....	112	113	114	115
01	1,074	1,061	1,088	.....	0,964	0,932	1,025	0,895
02	0,531	0,507	0,491	.....	0,529	0,536	0,668	0,576
03	0,083	0,193	0,25	.....	0,208	0,229	0,259	0,279
04	0,217	0,107	0,097	.....	0,098	0,181	0,238	0,147
05	0,067	0,025	0,043	.....	0,077	0,041	0,055	0,047
06	0,043	0,028	0,054	.....	0,075	0,098	0,078	0,097
07	0,056	0,093	0,098	.....	0,022	0,037	0,038	0,038
08	0,158	0,11	0,133	.....	0,071	0,008	0,059	0,039
09	0,162	0,164	0,212	.....	0,037	0,021	0,044	0,057
10	0,089	0,124	0,163	.....	0,106	0,083	0,024	0,047
11	0,167	0,145	0,213	.....	0,023	0,02	0,05	0,05
12	0,08	0,099	0,121	.....	0,09	0,081	0,109	0,115

## 8. مرحلة تمييز الأصوات باستخدام خوارزمية الشبكة العصبونية:

تعد الشبكات العصبونية من أكثر الخوارزميات تعقيدا إذ تتطلب الكثير من البيانات لتدريبها، ووقتا إضافيا إلا أنها تتصف بميزة هي توقع الحالات الجديدة بسرعة فائقة. تتألف الشبكة العصبونية الأكثر شيوعا من ثلاثة وحدات طبقة لوحدة الدخل مرتبطة بطبقة من الوحدات المخفية التي ترتبط بدورها بطبقة لوحدة الخرج (فادي خلوف، 2010، ص 90). تكمن الفكرة الأساسية لآلية عمل هذه الشبكة في خلق آلية عمل مشابهة للنظام العصبي العضوي المشكل من خلايا عصبية مترابطة، تعمل مجتمعة لحل المشكلات التي تواجه المستخدم متماز بقدرتها على تعلم الاستجابة الصحيحة للمتغيرات المختلفة.

ومع الاستفادة من القدرات البرمجية يمكن محاكاة عمل الخلية العصبية العصبونية، ومن ثم إيجاد شبكة من هذه العصبونات لتشكيل نظام عصبي صناعي متكامل، عند تدريب البيانات يتم ادخال البيانات عبر طبقة الإدخال (Input Layer) وتتم معالجتها ضمن الطبقات الداخلية (Hidden Layers) وعرضها



الشكل (10): طبقات خوارزمية الشبكة العصبونية

بالنهاية عبر طبقات الإخراج (Output Layer). (جلال الضاهر، 2014، ص 18).  
طبقات الشبكة العصبونية:

- الطبقة الأولى عبارة عن طبقة إدخال، وهي تشتمل على رقم يمثل حجمه متجه التخزين.
- الطبقة الثانية هي طبقة وسيطة، والتي تتضمن مرور مدخل خروج RN.
- الطبقة الأخيرة هي طبقة الإخراج التي يعتمد عدد خلاياها على عدد الفئات.

## 9. مرحلة التدريب:

بعد تحديد الخوارزمية تأتي مرحلة التدريب، وهي خطوة مهمة في عملية التعرف على الكلام، لذا فإن التعلم الذي يتم في ظل ظروف جيدة يؤدي إلى أداء جيد للنظام، إلا أن هذه العملية قد تستغرق عدة ساعات دون إعطاء نتائج مقبولة، لذلك يتعين إنشاء قاعدة بيانات محكمة وتوفير ظروف التسجيل ملائمة، والعمل على معالجة إشارة الكلام هي خطوات مهمة جداً للتعلم السريع والفعال، دون أن ننسى بالطبع اختيار صفات الإشارات الصوتية التي هي خطوة مهمة في التدريب. بعد عملية التحليل الصوتي وهينئة الأوزان المترابطة حسب القيم بين (-0.5) و (0.5)، يتم إجراء عملية التدريب على كامل المدونة بخطوة 0.01 (اختبار تجريبي)، بمعدل خطأ يساوي 0.1 من عدد التكرارات 1500.

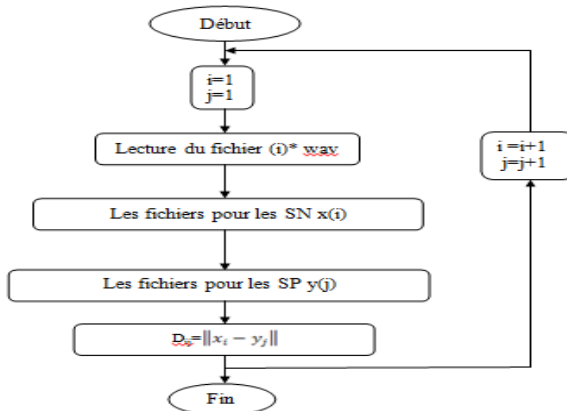
10- مرحلة حساب المسافة الاقليدية بين معلمات الإشارات الصوتية لدى النطق السليم والمرضي:

تتكون المدونة من 10 فونيمات ل20 حالة سليمة وطبيعية و 8 حالات مرضية. تأخذ هذه المدونة على شكل مصفوفة لذا نخصص جزءاً منها للتعلم أو التدريب بنسبة 70٪ وجزء آخر للاختبار.

المسافة الإقليدية (Euclidean distance) هي المسافة العادية بين نقطتين، التي يكون من الممكن قياسها باستخدام المسطرة، والتي من الممكن برهانها باستخدام مبرهنة فيثاغورس، باستخدام هذه المسافة فإن الفضاء الإقليدي يصبح فضاء ممتري، اعتمدنا على المسافة الاقليدية في دراستنا من أجل توضيح الفارق الزمني أو المسافة بين نطق الأصوات السليمة والمرضية.

من الضروري حساب المسافة الإقليدية بين الأصوات النطقية السليمة والمرضية بواسطة معامل MFCC. لتصحيح مشكلة نطق الإشارات الصوتية ومعرفة النتائج المتحصل عليها من خلال المقارنة. بعد معرفة المسافة بين الإشارات الصوتية السليمة والمرضية، يمكن تكرار الأصوات النطقية من أجل تقليل هذه المسافة إلى الصفر بالاعتماد على المعادلة التالية:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$



الشكل(11): حساب المسافة الاقليدية بين نطق الشخص السليم والمرضى

Phonèmes d'Arabe	Transcription API	dimension du phonème	partie d'apprentissage	partie du test	partie reconnue	TR (%)
ش	[ʃ]	797	400	397	285	71,71%
ز	[z]	743	360	383	262	68,40%
س	[s]	247	603	643	296	81,31%
ج	[g]	700	350	350	235	67,14%
ت	[t]	685	340	345	271	78,55%
د	[d]	724	312	312	225	72,11%
ن	[n]	816	408	408	246	60,29%
ف	[f]	658	329	329	237	72,03%

الشكل(12): حساب المسافة الاقليدية بين نطق الشخص السليم والمرضى

### 1.10. تحليل المدونة و تقييم النتائج المتوصل إليها:

نظرا لتعقيد عملية استخلاص المعلومات من الإشارات الصوتية للكلام، وذلك بسبب العديد من العوامل كتعدد أو تكرار المعلومات الصوتية، إلا أننا سنحاول أن نقصر اهتمامنا على الخصائص التمييزية العامة التي تشمل معلومات زمنية وطيفية، مكانية، إدراكية (حسية) ومن أجل استخلاص هذه المعلومات كان لابد لنا من استخدام تقنية (MFCC) والتي تقوم على (FFT). بعد تحديد الصفات والمميزات لمختلف الاشارات الصوتية، كان لا بد من معرفة مدى المسافة الاقليدية لكل من الحالات المرضية والسليمة كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول(4): مدى التعرف على صفات الحالات السليمة ب MFCC

TR (%)	الجزء المتعرف عليه	جزء الاختبار	جزء التدريب	أبعاد الفونيم	الكتابة API	الفونيمات العربية
71,71%	285	397	400	797	[ʃ]	ش
68,40%	262	383	360	743	[z]	ز
81,31%	296	643	603	247	[s]	س
67,14%	235	350	350	700	[g]	ج
78,55%	271	345	340	685	[t]	ت
72,11%	225	312	312	724	[d]	د
60,29%	246	408	408	816	[n]	ن
72,03%	237	329	329	658	[f]	ف
73,68%	336	456	456	912	[b]	ب
84,52%	377	446	445	891	[k]	ك

يتضمن الجدول (4) مجموعة من المعلومات المهمة في عملية التعرف على الأصوات السليمة، وذلك باستخراج الصفات عن طريق (MFCC)، يتضمن الجدول عدد الفونيمات الموجودة في المدونة، وأيضا عدد الحالات المخصصة للتعليم والحالات المخصصة للتدريب مع تحديد النسبة المئوية للحالات التي تم التعرف عليها لكل الفونيمات.

الجدول(5): مدى التعرف على صفات الحالات المرضية بـMFCC

الفونيمات العربية	الكتابة API	أبعاد الفونيم	جزء التدريب	جزء الاختبار	الجزء المتعرف عليه	TR (%)
ش	[ʃ]	420	022	220	64	29,09%
ز	[z]	400	200	200	55	27,5%
س	[s]	406	203	203	45	22,16%
ج	[g]	340	170	170	36	21,17%
ت	[t]	530	265	265	104	39,24%
د	[d]	486	243	243	92	37,86%
ن	[n]	470	235	235	57	24,25%
ف	[f]	360	180	180	53	38,44%
ب	[b]	524	262	262	89	33,96%
ك	[k]	463	231	232	97	41,81%

نلاحظ من خلال الجدول (5) الذي يوضح نسبة التعرف على الحالات المرضية، من خلال استخلاص المعلومات عن طريق (MFCC)، يتضمن الجدول عدد الفونيمات الموجودة في المدونة وأيضاً عدد الحالات المخصصة للتعليم والحالات المخصصة للتدريب، مع تحديد النسبة المئوية للحالات التي تم التعرف عليها لكل الفونيمات.

#### 2.10. حساب المسافة الاقليدية بين الأصوات السليمة والمرضية:

من الضروري حساب المسافة بين الأصوات المنطوقة السليمة والمرضية، بالاعتماد على النتائج المتوصل إليها من خلال استخلاص المعلومات بـ(MFCC) وذلك لمعرفة الاختلافات بين الفئتين، ولتصحيح مشكلة النطق إذ نقوم بحساب النسبة بين صوتي الفئتين، نأخذ صوتاً من الحالة السليمة صوت من الحالة المرضية ثم نحسب تلك المسافة بين الاثنتين، ومن أجل تقليل هذه المسافة إلى الصفر لا بد من تكرار الأصوات، حتى نصل إلى المسافة المتقاربة السليمة، والجدول التالي يوضح نتائج المسافة المتوصل لها بين الأصوات السليمة والمرضية:

الجدول(6): يوضح المسافة الاقليدية بين النطق السليم والمرضي

المسافة الاقليدية بين الفونيمين	الكتابة API	الفونيمات العربية
6,82	[ʃ]	ش
5,54	[z]	ز
5,68	[s]	س
6,67	[g]	ج
2,12	[t]	ت
2,89	[d]	د
3,98	[n]	ن
4,96	[f]	ف
3,48	[b]	ب
2,02	[k]	ك

من خلال الجدول (6) يتضح لنا أن المسافة الاقليدية بين الحالات النطقية السليمة والمرضية كانت بشكل عالي في بعض الأصوات التي نجد فيها امراض نطقية شائعة جدا كصوت (ش)،(س)،(ز)،(ج)، لذا لا بد من تكرار نطق هذه الاصوات ومحاولة تعديل الصوت المرضى حتى الوصول الى المسافة المتقاربة بين الحالات السليمة والحالات المرضية.

#### خاتمة

ما توصلنا إليه من خلال هذه الدراسة أن التعرف على اضطرابات النطق بالاعتماد على البرامج الحاسوبية، أثبتت فعاليتها في السنوات الأخيرة، وأن البحث في مجال المعالجة الآلية لأمراض الكلام أثمر بوجود العديد من التقانات والخوارزميات، التي سعت إلى إيجاد حلول فعالة من بينها البرامج التي اعتمدها في هذه الدراسة، التي تستند إلى معالجة أمراض النطق بالتكرار والاعتماد على وسائل أكثر دقة وعلمية، مثل استخراج الصفات بالاعتماد على تقنية (MFCC) وخوارزمية الشبكة العصبونية.

هناك العديد من العينات التي توضح أمثلة متعددة لاضطرابات النطق، والتي لا تقتصر حول سبب محدد وإنما تتعدد لأسباب نفسية وأخرى فيزيولوجية وبعضها مكتسب.

#### قائمة المصادر والمراجع

##### أ- العربية:

- خلوف، فادي.(2010). " تطوير آليات جديدة للتنقيب في المعطيات لإدارة علاقات الزبائن في بيئة مصرفية". مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية: المجلد 26، العدد 1، ص 90.
- رشيدى، سمحان. "التخاطب واضطرابات النطق والكلام". نظام التعليم المطور للانتساب، جامعة الملك فيصل. ص 15.
- الضاهر، جلال. (2013/ 2014). "تصميم نموذج نظام دعم القرار لإدارة الموارد البشرية بالاعتماد على تقنيات الذكاء الصناعي". أطروحة ماجستير غير منشورة، الجامعة الافتراضية السورية، ص 18.
- غانم، سعيد. (2005). "تقطيع الكلمة العربية إلى أحرف وتمييزها". مجلة الرافدين لعلوم الحاسبات: المجلد 2، العدد 2، ص 124.
- فيصل، يسرى.(2014). "تمييز الأرقام العربية المفردة النطق باستخدام الخوارزمية الجينية". مجلة الرافدين لعلوم الحاسوب والرياضيات: المجلد 11، العدد 01، ص 130.
- كاظم الطاهر، فؤاد. (2017). "طريقة عمل برنامج برات". جامعة ذي قار، مكتبة وملقى علم الأصوات.