An Algorithm for Smoker Detection

Hiba Adreese Youni Saleem Omar Mafaz Abd Alwahhab Enas Mqdad
hibaadreese@uomosul.edu.iq
College of Computer Sciences and Mathematics
University of Mosul, Mosul, Iraq

Received on: 17/09/2012 **Accepted on: 30/01/2013**

ABSTRACT

In this research an algorithm was suggested for studying speech signal properties for both smokers and non smokers then verificate that the person smoker or not based on his speech signal. A data base that contain 30 speech signals 15 belong to smoker and 15 belong to non smokers for male only.

In this algorithm formant frequencies such as f1, f2 were adopted as characteristic properties for speech signal for splitting between two classes which it calculate using lpc algorithm.

The algorithm consist of two stages:

- Data base preparation stage
- Speaker state classification stage

The absolute, eclideance and d1 distance were adopted as measures for evaluating the performance of the algorithm and it gave convergece results.

Keywords: formant frequencies, Sampling Rate, Linear Predictive Coding, D1 Distance

خوارزمية لاكتشاف الشخص المدخن

هبه إدريس يونس سليم عمر مفاز عبد الوهاب إيناس مقداد
كلية علوم الحاسوب والرياضيات
جامعة الموصل، الموصل، العراق

تاريخ استلام البحث: 2012/09/17 تاريخ قبول البحث: 2013/01/30

الملخص

تم في هذا البحث اقتراح خوارزمية تعمل على دراسة خصائص إشارة الكلام لكل من صنفي المدخنين وغير المدخنين ومن ثم التعرف على كون الشخص مدخناً أم لا من خلال إشارة كلامه. إذ تم اعتماد قاعدة بيانات تضم 30 إشارة كلام 15 منها تعود لأشخاص مدخنين و15 أخرى لأشخاص غير مدخنين ومن الذكور فقط. تم في هذه الخوارزمية اعتماد عدد من الترددات الرنانة المتمثلة بـ (F1, F2) كخصائص مميزة لإشارة الكلام من حيث الفصل بين الصنفين والتي تم إيجادها باستخدام خوارزمية Linear Predictive Coding (LPC).

تتكون الخوارزمية من مرحلتين رئيستين:

- مرحلة إعداد قاعدة البيانات
- مرحلة تصنيف حالة المتكلم

إذ تم اعتماد المسافة المطلقة والمسافة الإقليدية والمسافة الدالية الأولى كمقاييس لتقييم أداء الخوارزمية وقد أعطت نتائج متقاربة.

الكلمات المفتاحية: الترددات الرنانة، معدل التعيان، ترميز التنبؤ الخطي، المسافة الدالية الأولى.

1- مقدمـة

الصوت عبارة عن تذبذب في ضغط الهواء أو الوسط الناقل سبّبه جسم مهتز وان كان الصوت كلاماً فان الجسم المهتز الذي سبب الكلام هو الأوتار الصوتية للإنسان، أما أصوات الموسيقى فسببها الاهتزاز الحاصل في الأدوات الموسيقية.

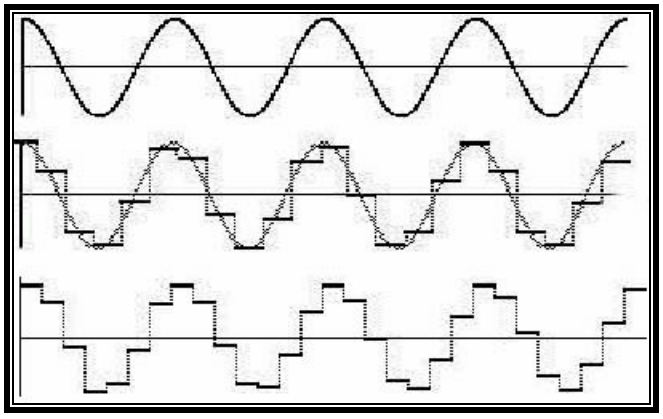
يشار عادة لهذه التغيرات المتذبذبة في ضغط الهواء بمصطلح موجة الصوت (Sound Wave)، ولكي تكون هذه التغيرات مسموعة يجب أن تحصل بتردد مناسب لتكون محسوسة وتسبب تأرجح طبلة الأذن، فالترددات التي تتمكن الأذن البشرية من تمييزها يتراوح مداها ما بين (20Hz-20khz)، ومع تقدم العمر يقل هذا المدى فقد يصل إلى (20Hz-17khz)[1] .

يمكن إعطاء تعريف لغوي للكلام على انه صوت مشتمل على الأحرف الهجائية التي تبدأ بالألف وتنتهي بالياء، وهذا بالنسبة إلى اللغة العربية إذ تختلف الأحرف الهجائية باختلاف اللغات المستخدمة. ويوصف الكلام (من الناحية العلمية) على انه يمثل الصوت الناتج من جهاز التكلم الخاص بالإنسان (Speech Production System) لإنشاء تمثيل لغوي ينقل المعلومات من المستهل بالحديث إلى المستقبل للحديث، أما الهدف منه فيتركز في نقل المعنى بين الأشخاص أو لزيادة الرابطة الاجتماعية بين الأشخاص أو الجماعات، ولهذا فان المتحدثين عادة يستخدمون لغة واحدة بمجموعة محددة وعامة من الكلمات لكي يتم نقل المعلومات بينهم بشكل صحيح[1].

2- معدل التعيان (Sampling Rate):

اغلب الملفات الصوتية الرقمية تخزن المعلومات على شكل سلسلة طويلة من العينات الصوتية وعملية التعيان هي الفترة الزمنية المختارة لتمثيل العينة الصوتية عند تحويلها من الصيغة التناظرية (Analog Signal) إلى الصيغة الرقمية (Digital Signal) وكلما زاد عدد العينات المأخوذة في الثانية الواحدة زادت دقة وجودة الصوت المخزون وهذا يعني زيادة الـ (Sampling Rate) وبالتالي زيادة حجم الملف الصوتي[1].

ويوضح الشكل (1) عملية تعيان موجة صوتية وتحويلها إلى إشارة متقطعة.



شكل (1). عملية تعيان موجة صوتية

إن عملية التحويل من الصيغة التناظرية إلى الصيغة الرقمية لا تكاد تخلو من فقدان جزء من معلومات الإشارة، ولتجاوز هذه الحالة والحصول على دقة عالية في عملية التعيان يتم اخذ معدل العينة بالثانية يساوي على الأقل ضعف أعلى تردد موجود في الإشارة التناظرية، أي:

$$X >= 2f$$

إذ أن x : معدل اخذ العينة.

f : أعلى تردد.

عرفت هذه النظرية بنظرية نايكويست (Nyquist Theory) نسبة إلى واضعها العالم نايكويست شانون (Nyquist Shannon)[1].

3- تأثير التدخين على الحنجرة وبالتالي صوت المتكلم:

يؤدي التدخين إلى جفاف الغشاء المخاطي لمجاري التنفس، بداية من الشفاه والأنف، ومروراً باللسان والتجويف الفمي والحنجرة ثم الجهاز التنفسي كله، ويؤدي هذا الجفاف إلى ضمور الغدد المخاطية المسؤولة عن ترطيب هذا الغشاء، ولهذا الترطيب أهمية كبيرة لميكانيكية عمل هذه الأعضاء، وقد ثبت علمياً بأن جفاف أي غشاء مخاطي وتعرضه لمواد كيماوية مثيرة، يتسبب في تحوله إلى نسيج آخر اقرب إلى نسيج الجلد فيكون جافاً، وقد يصبح العضو عرضة للإصابة بالسرطان، ويأتي التدخين على رأس قائمة مسببات سرطان الحنجرة، كما أن الدخان يسبب تمدد الشعيرات الدموية بالحنجرة وبالتالي سهولة انفجارها وحدوث النزيف تحت الغشاء المخاطي المغلف للثنايا الصوتية، مؤدياً إلى تكوين حبيبات أو لحميات أو أكياس أو تجمع مائي أو دموي بها مما يؤدي إلى اختلاف في بعض خصائص الصوت للشخص المدخن[2].

4- الدراسات السابقة

- قدم الباحثان Gray G.Weismer و Harvey R.Gilbert I (1974) دراسة حول تأثير التدخين على التردد الأساسي للإناث البالغات وكانت النتائج إن التردد الأساسي للمدخنين كانت بشكل واضح اقل مما عليه بالنسبة للأشخاص غير المدخنين[3].
- أما الباحثان Ojullio Gonzalez وAmparo Carpi (2004) فقد قاما بدراسة حول تأثير التبغ على الصوت في مرحلة مبكرة من عملية التدخين (أقل من عشر سنوات). حيث تم استخلاص 27 براميتر (خاصية) لـ 134 متكلم من الأشخاص البالغين والتي تراوحت أعمارهم بين 20-29 سنة من كلا الجنسين. إن أكثر الاختلافات تمت ملاحظتها في الصفات المتعلقة بالتردد مثل خاصية النرفز لكلا الجنسين وخاصية التردد الأساسي عند الإناث[4].
- ثم قام الباحثان Louise Dirk & Angelika Braun (2011) بدراسة كيفية تغيير المعاملات الصوتية بعد مدة من الامتناع عن التدخين. إذ تمت دراسة المعاملات الصوتية (Jitter, Shimmer, HNR) لـ18 حالة لأشخاص مدخنين بعد أسبوع واحد ثم بعد شهر من الامتناع عن التدخين. حيث لوحظ أن كلا من التردد والوميض قل بينما نسبة توافقيات الإشارة إلى الضوضاء (Harmonic to Noise Ratio) ارتفعت بشكل مؤثر[5].

5- الترددات الرنانة (Formant Frequency):

عندما ينبعث الصوت من فم الإنسان يمر خلال نظامين مختلفين قبل أن يأخذ شكله النهائي. النظام الأول هو مولد درجة الصوت (Pitch)، والنظام الثاني الذي ينظم توافقيات درجة الصوت المكونة من قبل النظام الأول. النظام الأول يسمى بـ (Laryngeal Tract)، أما النظام الثاني فيسمى بـ Supralaryngeal/Vocal Tract [6].

إن منطقة Supralaryngeal تَشْملُ التراكيبِ مثل التجويفِ الشفهيِ، التجويف الأنفي، الغشاء، لسان المزمار، اللسان.

فعندما تمر التيارات الهوائية عبر منطقة Laryngeal فأن الهواء يتذبذب بتردد مساوي لتردد درجة الصوت المكون من قبل هذه المنطقة. ثم يمر خلال منطقة Supralaryngeal التي تبدأ بالاهتزاز بترددات معينة بالاعتماد على قطر وطول التجاويف في تلك المنطقة. هذه الاهتزازات تدعى بالرنين أو الترددات الرنانة (Formant Frequencies)، لذا فأن توافقيات (Harmonics) درجة الصوت التي تكون قريبة إلى الترددات الرنانة للمنطقة الصوتية (Vocal Tract) يتم تكبيرها بينما توهن البقية[6].

6- خوارزمية Linear Predictive Coding (LPC) لإيجاد الترددات الرنانة:

الفكرة الأساسية لخوارزمية LPC هي تمثيل عينة الكلام بالاعتماد على مجموعة العينات السابقة. فعن طريق تقليل مجموع مربع الفرق بين عينات الكلام الحقيقية وبين العينات المتنبأة خطيا يتم حساب مجموعة وحيدة من معاملات التنبؤ.

يتم نمذجة الكلام عن طريق تحفيز الإخراج للنظام الخطي المتغير مع الزمن أما عن طريق النبضات شبه المستقرة (كلام مسموع (Voiced Speech)) أو الضوضاء العشوائية (Random Noise) خلال الكلام غير المسموع (Unvoiced Speech). إن طريقة ترميز التنبؤ الخطي تعتبر طريقة قوية، معول عليها ودقيقة لتقدير المعاملات التي تميز النظام الخطي المتغير مع الزمن والذي يمثل المنطقة الصوتية[1].

تستخدم خوارزمية LPC لإيجاد الترددات الرنانة لإشارة الكلام عن طريق دالة الاختلاف التي تمثل كل عينة من الإشارة على أنها مجموعة خطية من العينات السابقة وهده الدالة تدعى بالمتوقع الخطي ولهذا سميت بترميز التنبؤ الخطي كما موضح في المعادلة (1): [7]

$$S(n)=\sum_{k=1}^{p} a_k S(n-k) \qquad \ldots(1)$$

حيث إن:

a_k: تمثل معاملات التوقع

معاملات دالة الاختلاف (معاملات التوقع) التي يتم إيجادها عن طريق إيجاد **جذور** متعددة الحدود والتي تمثل **الترددات الرنانة**، حيث انه كل زوج من الجذور المعقدة تستخدم لحساب الترددات الرنانة وعرض الحزمة المقابل لها. يتم تخمين هذه المعاملات عن طريق جعل معدل مربع الخطأ ما بين الإشارة المتوقعة والحقيقية اقل ما يمكن.

7- مقاييس الأداء:

فيما يلي بعض المقاييس التي تم اعتمادها لما أعطته من نتائج جيدة من اجل دراسة تأثير التدخين على صوت المتكلم وإجراء المقارنة بين الصنفين:[8]

7-1 المسافة المطلقة (Absolute Distance):

تعدّ من أبسط مقاييس التطابق حيث تعتمد في أدائها على المعادلة (2)

$$D_a = \sum_{i=1}^{d} |y_i - f_i| \quad \ldots(2)$$

حيث D_a المسافة المطلقة، d هي أبعاد متجه الخواص أو عدد العناصر التي يضمها متجه الخواص Feature Vector.

y_i تمثل الخاصية i من متجه خواص النموذج Sample Feature Vector المراد مقارنته مع القالب

f_i تمثل ا الخاصية i من متجه خواص القالب Tamplet Feature Vector المراد مقارنته مع النموذج.

2-7 المسافة الإقليدية (Euclidean Distance)

من أشهر مقاييس التطابق وتعتمد على المعادلة (3)

$$D_e = \sqrt{\sum_{i=1}^{d} (y_i - f_i)^2} \quad \ldots(3)$$

D_e تمثل المسافة الإقليدية.

d هي أبعاد متجه الخواص أو عدد العناصر التي يضمها متجه الخواص Feature Vector .

y_i تمثل الخاصية i من متجه خواص النموذج Sample Feature Vector المراد مقارنته مع القالب، f_i تمثل الخاصية i من متجه خواص القالب Tamplet Feature Vector المراد مقارنته مع النموذج.

3-7 المسافة الدالية الأولى (D1 Distance)

والتي يعبر عنها بالمعادلة (4):

$$D_1 \ \ Distance = \sum_{i=1}^{d} \frac{|y_i - f_i|}{y_i + f_i} \quad \ldots(4)$$

D1 Distance تمثل المسافة الدالية الأولى ، كما أن D ، y_i ، f_i هي كما معرفه في المسافة الإقليدية.

حيث أعطت تلك المقاييس بعد تطبيقها نتائج متقاربة من حيث إمكانية التعرف على كون الشخص مدخن أم لا إذ تعتمد في تطبيقها على إيجاد اقل مسافة بين متجه خواص النموذج مع متجه خواص القالب من اجل معرفة الشخص مدخن أم لا.

8- الخوارزمية المقترحة

بالنظر لكون الهدف من البحث العمل على التحقق من كون الشخص مدخن أم لا من خلال مقارنة الخصائص الصوتية لمقطع صوتي تم نطقه من قبل المتكلم لذا ظهرت الحاجة إلى تهيئة صفات مشتركة لكل فئة (مدخنين وغير مدخنين) وعليه تضمنت الخوارزمية عدة مراحل:

1- إعداد قاعدة البيانات

تتكون هذه المرحلة من خطوات تجميع إشارات الكلام لمجموعة معينة من الأشخاص المدخنين ومجموعة أخرى من الأشخاص غير المدخنين لتبدأ عملية التهيئة لإعداد المنحنيات الخاصة بكل مجموعة.

تمت عملية التسجيل باستخدام لاقطة الصوت الموجودة على بطاقة الصوت للحاسبة وباستخدام برنامج يمتلك الإعدادات الآتية

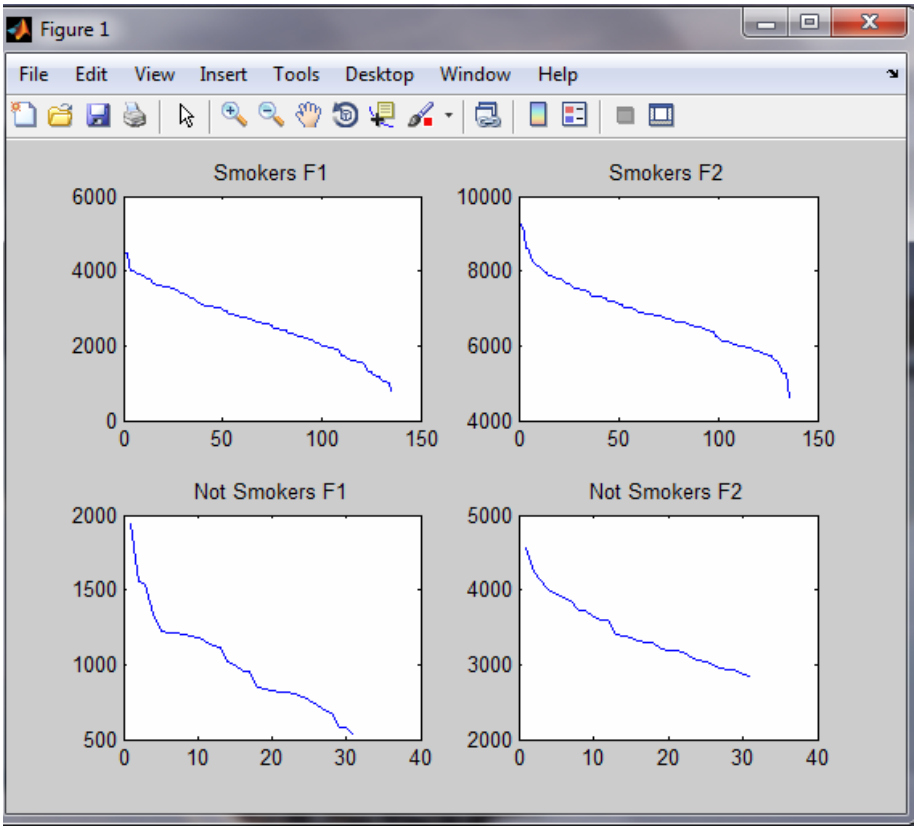
نوعية البيانات المستخدمة للتسجيل :Double

نوع التسجيل: أحادي Mono

مادة التسجيل: سورة الكوثر

معدل التعيان: 44100

وتم في هذه المرحلة من الخوارزمية اعتماد الإشارة بطول 70000 جزء (Sample) لأجل تقسيمها فيما بعد إلى عدد من الـ Frames لأجل استخلاص الخواص (الترددات الرنانة) فيما بعد يتم تكرار العمليات أعلاه على كافة إشارات الكلام التي تم تجميعها من اجل إيجاد معدل الترددات الرنانة لكافة إشارات الكلام لكل فئة ومن ثم رسم المنحنيات التي تمثل معدلات الترددات الرنانة F1, F2 لكل فئة ليتم المقارنة بين المنحنيات فيما بعد والشكل (2) يوضح معدل الترددات الرنانة F1, F2 لكل من صنفي المدخنين وغير المدخنين.



شكل (2). معدل الترددات الرنانة F1, F2 لكل من صنفي المدخنين وغير المدخنين

ومن ثم يتم إيجاد المسافة المطلقة والمسافة الإقليدية والمسافة الدالية الأولى في الخطوة الأخيرة من الخوارزمية.

2- تصنيف حالة المتكلم:

تتضمن هذه المرحلة عملية تصنيف المتكلم إلى احد الصنفين وهما المدخنين وغير المدخنين من خلال مقارنة نتائج هذه المرحلة مع منحنيات الترددات الرنانة المتمثلة بقيم F1, F2 التي تم الحصول عليها سابقا وتتلخص هذه المرحلة بالخطوات الآتية:

❖ **قراءة إشارة الكلام**

تتم في هذه الخطوة قراءة البيانات (بنفس الأسلوب الذي تم اعتماده في المرحلة الأولى) بعد أن تم خزنها في ملف صوتي بامتداد من نوع (Wav) ويتم اقتطاع عينة جزئية بطول 70000 Samples من العينة الأصلية وخزن النتائج في مصفوفة أحادية لاستخدامها لاحقا للمعالجة.

❖ **المعالجة الأولية**

وتتضمن كل من إزالة الصمت، وعملية الـ Framing، إزالة الصمت تتم باستخدام برنامج Cool Edit Pro الذي يستخدم لإزالة الصمت من بداية ونهاية إشارة الكلام. أما عملية الـ Framing فيقصد بها تقسيم إشارة الكلام إلى عدد من المقاطع بطول 512 للمقطع الواحد ليسهل عملية استخلاص الخصائص لكل مقطع.

❖ **إيجاد مصفوفات الترددات الرنانة F1, F2**

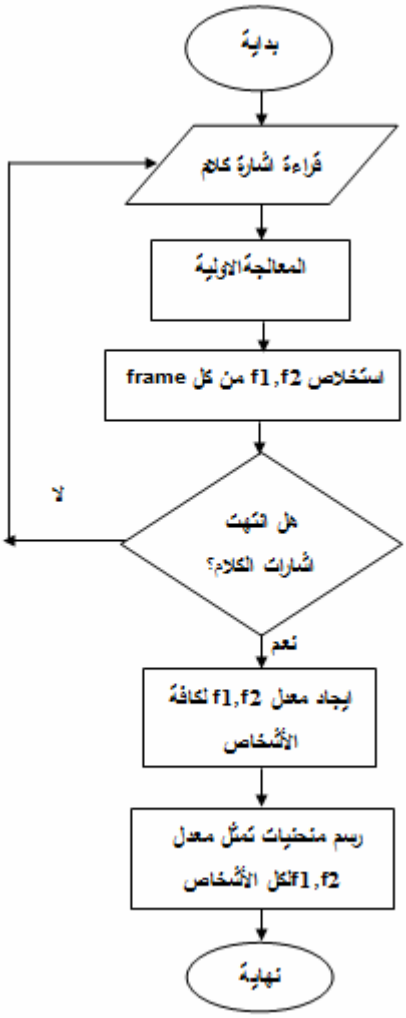
يتم في هذه المرحلة عملية إيجاد المصفوفة F1 والمصفوفة F2 لإشارة الكلام التي أصبحت على شكل عدد من الـ Frames ويتم إيجاد قيم الترددات الرنانة لكل Frame ثم يتم حساب المعدل لتلك النتائج وترتيبها تنازليا من اجل رسم المنحني الذي يمثلها كنتائج لفئة معينة. عملية إيجاد الترددات الرنانة تمت باستخدام خوارزمية Linear Predictive Coefficient (LPC).

❖ **قياس مدى الاقتراب من المنحنيات**

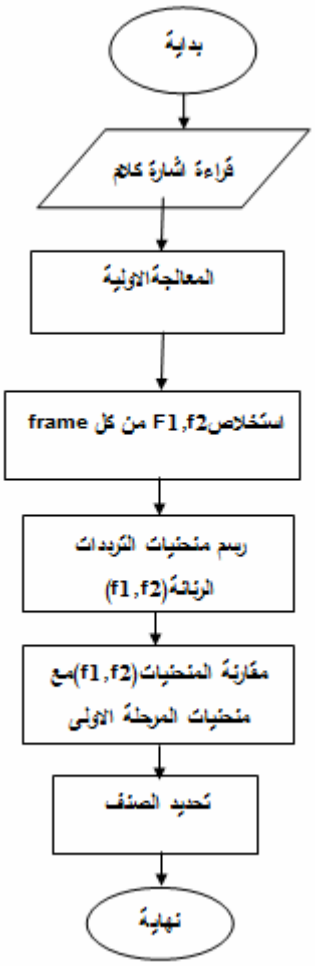
تتم في هذه الخطوة مقارنة المنحنيات الناتجة من الخطوة السابقة مع المنحنيات الناتجة من معالجة الصوت الجديد المراد تصنيفه إلى إحدى الفئتين وتتم عملية المقارنة باستخدام الطرق التالية:

1. إيجاد المسافة المطلقة بين منحنيات قيم الترددات الرنانة للشخص وكل من معدل الترددات الرنانة لصنفي (المدخنين وغير المدخنين) ومعرفة إلى أي صنف يعود ذلك الشخص باستخدام معادلة رقم (2)، عن طريق مقارنة القيم إذ أنه كلما كانت المسافة المطلقة مع منحني الفئة اقل فهذا يعني أن الشخص هو تابع لتلك الفئة.
2. إيجاد المسافة الإقليدية بين منحنيات قيم الترددات الرنانة للشخص وكل من معدل الترددات الرنانة لصنفي (المدخنين وغير المدخنين) باستخدام معادلة رقم (3)، حيث كلما كانت المسافة الإقليدية مع منحني الفئة اقل فهذا يعني أن الشخص هو تابع لتلك الفئة.
3. إيجاد المسافة الدالية الأولى بين منحنيات قيم الترددات الرنانة للشخص وكل من معدل الترددات الرنانة لصنفي (المدخنين وغير المدخنين) باستخدام معادلة رقم (4)، حيث كلما كانت المسافة الدالية الأولى مع منحني الفئة اقل فهذا يعني أن الشخص هو تابع لتلك الفئة.

والأشكال (3)، (4) تمثل المخططين الانسيابيين لمراحل الخوارزمية المقترحة، إذ يتم تكرار المخطط الانسيابي الموضح في الشكل (3) لكلا الفئتين.



شكل (3). المخطط الانسيابي للمرحلة الأولى (إعداد قاعدة البيانات)

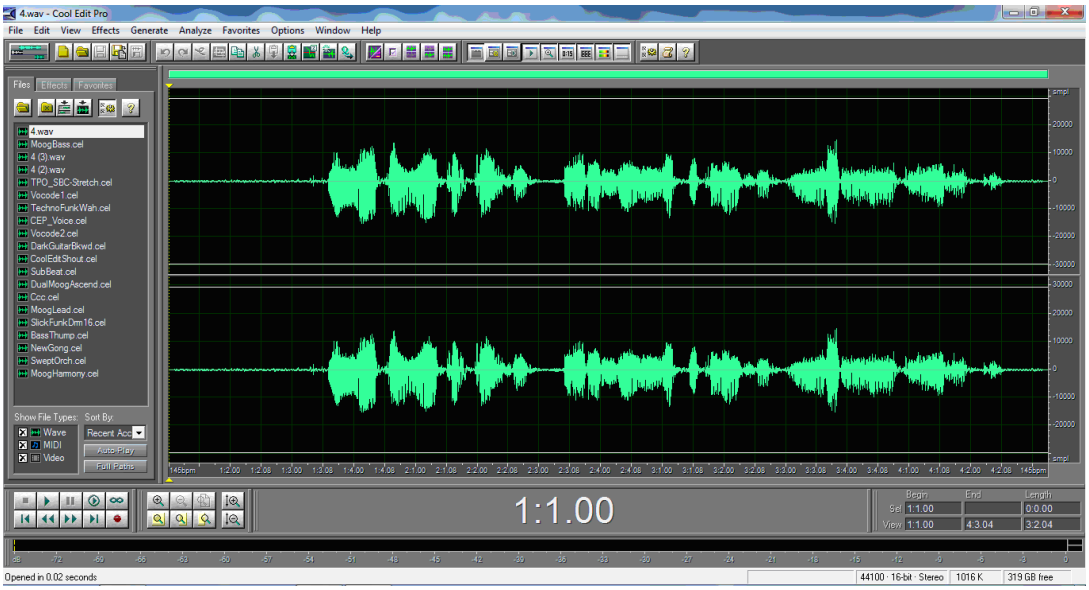


شكل (4). المخطط الانسيابي للمرحلة الثانية(التصنيف)

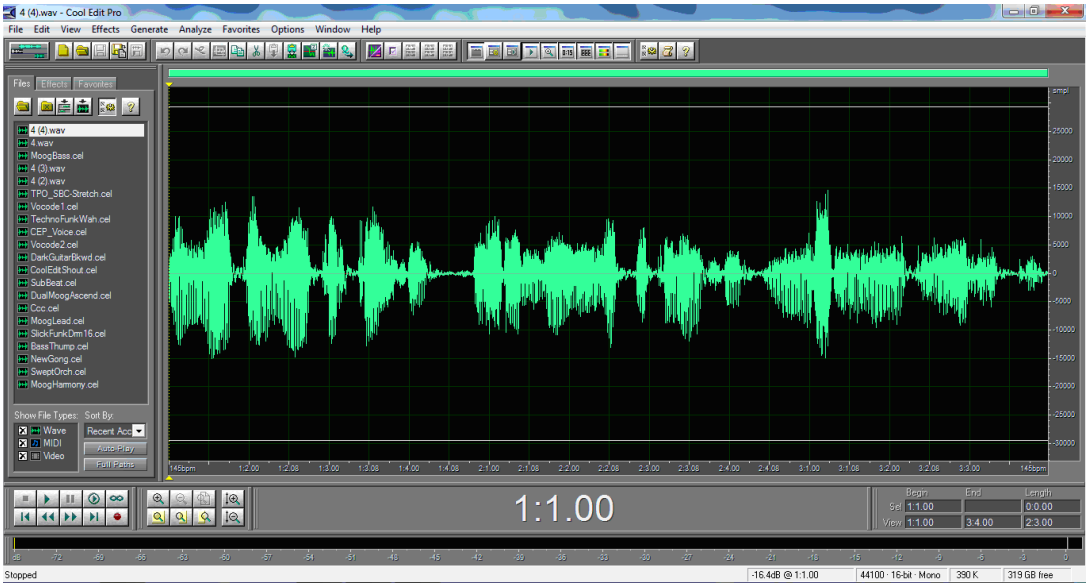
9- النتائج:

❖ **شخص مدخن:**

تم تسجيل مقطع الصوت ثم إزالة حالة الصمت من المقطع باستخدام البرنامج الجاهز Cool Edit. والأشكال (5)، (6) تمثل حالة إشارة الكلام قبل وبعد إزالة جزء الصمت من المقطع:



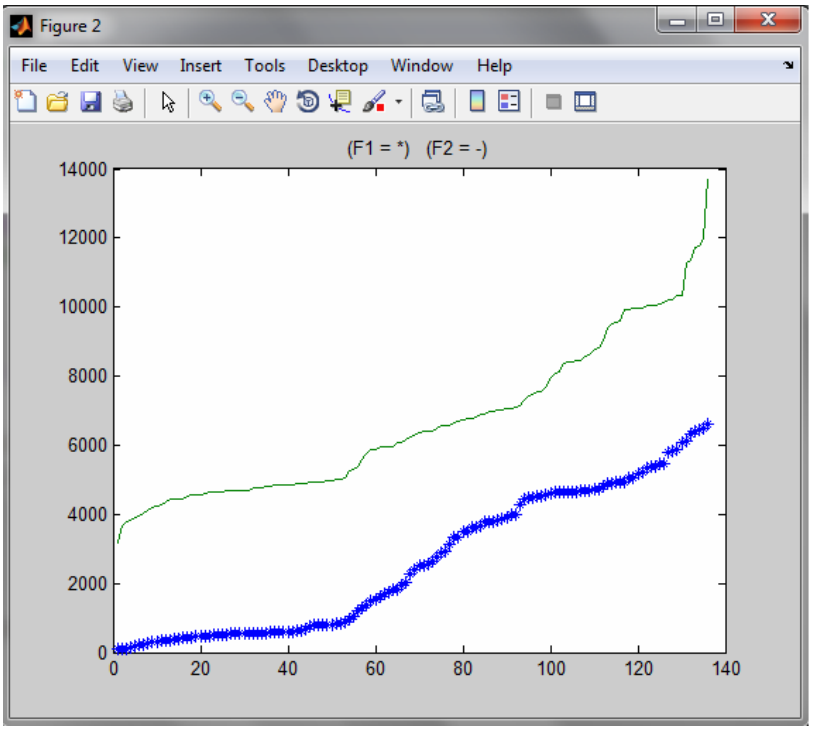
شكل (5). إشارة الكلام قبل إزالة حالة الصمت



شكل (6). إشارة الكلام بعد إزالة حالة الصمت

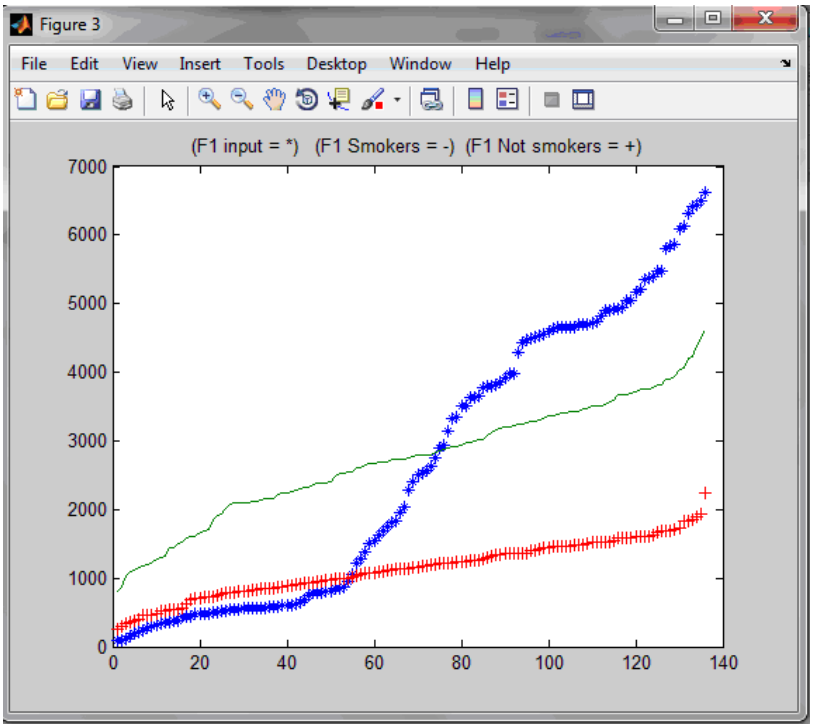
تليها عملية الـ (Framing) وهي تقسيم إشارة الكلام إلى عدد من المقاطع بطول 512 للمقطع الواحد ليسهل عملية استخلاص الترددات الرنانةF1 ,F2 لكل Frame.

تليها مرحلة استخلاص الخواص والمتمثلة بالترددات الرنانة وكما موضح في الشكل (7):

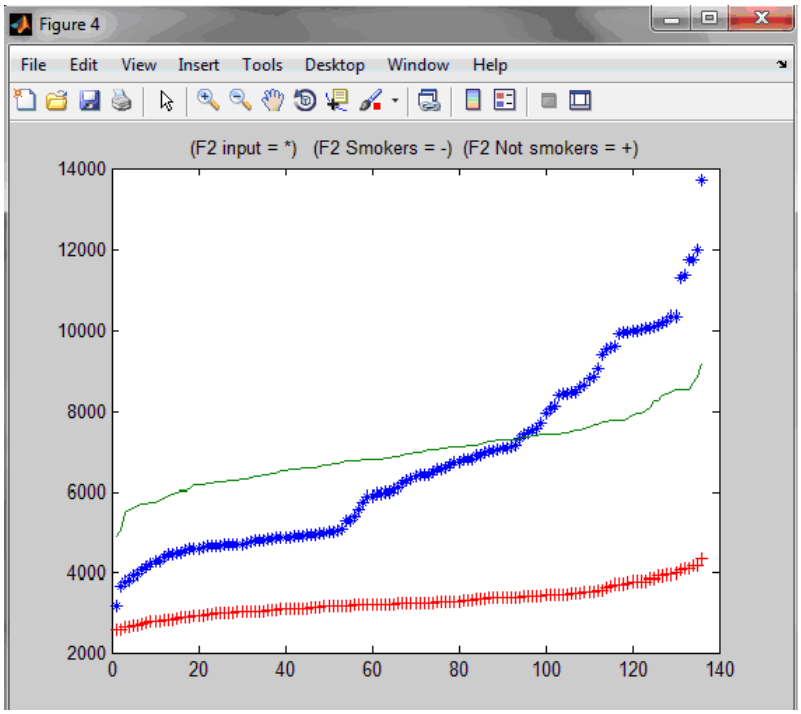


شكل (7). قيم F1, F2 للشخص

وتم رسم كلا من المصفوفتين السابقتين التي تمثل كلا من F1, F2 بعد ترتيبها ترتيبا تنازليا من اجل الحصول على منحني قياسي ليتم مقارنته مع المنحنيات التي تم الحصول عليها مسبقا، حيث يمثل المحور السيني في جميع الأشكال تسلسل قيم الترددات الرنانة بينما يمثل المحور الصادي قيم تلك الترددات. وكما موضح في الشكلين (8)، (9).



شكل (8). مقارنة قيم F1 مع F1 لكلا الصنفين

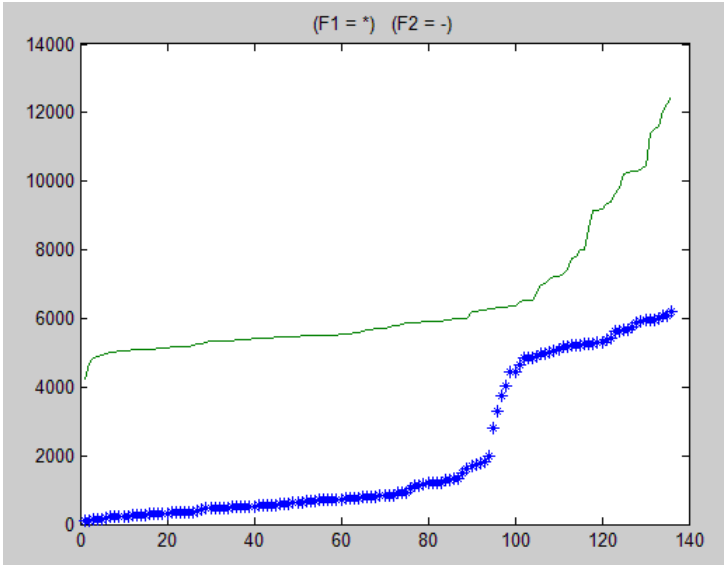


شكل (9). مقارنة قيم F2 مع F2 لكلا الصنفين

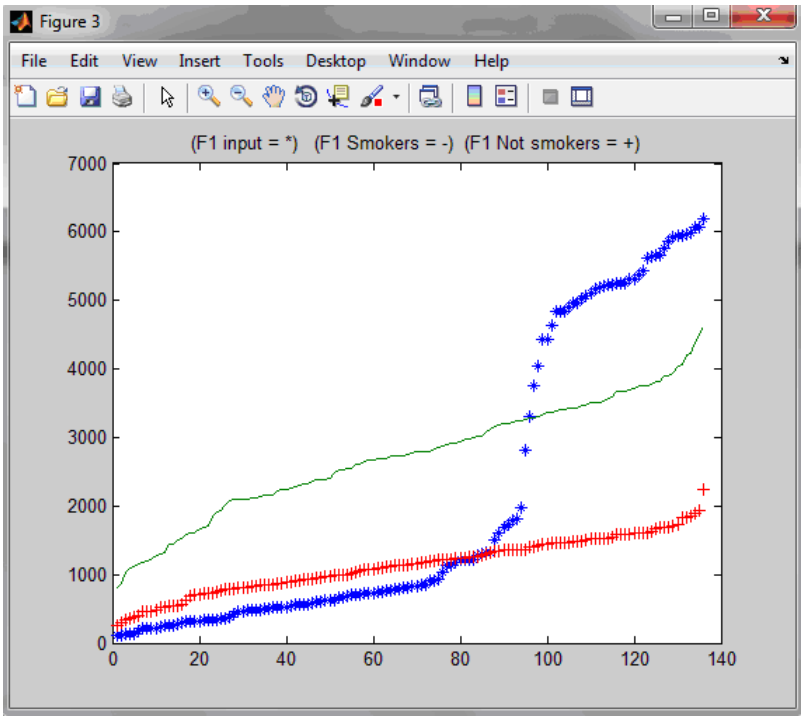
تمت عملية تصنيف الشخص عن طريق إيجاد كلا من المسافة المطلقة والإقليدية فضلا عن المسافة الدالية الأولى بين منحنيات الترددات الرنانة للشخص الذي يتم اختباره ومنحنيات الترددات الرنانة للفئتين، حيث كانت قيم تلك المقاييس بالنسبة لفئة المدخنين اقل فهذا يعني أن الشخص مدخن.

❖ شخص غير مدخن

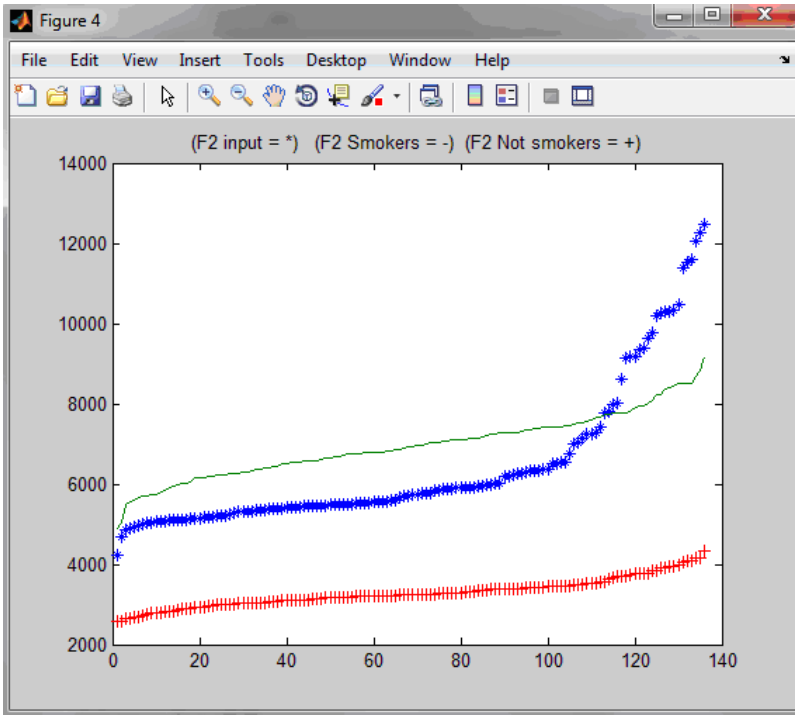
بعد تسجيل مقطع الصوت وتطبيق مراحل الخوارزمية كاملة عليه تم الحصول على النتائج المتمثلة بالأشكال (10)، (11)، (12) مع ملاحظة أن المحور السيني في جميع الأشكال يمثل تسلسل قيم الترددات الرنانة بينما يمثل المحور الصادي قيم تلك الترددات.



شكل(10). قيم F1, F2 للشخص



شكل (11). مقارنة قيم F1 مع F1 لكلا الصنفين



شكل (12). مقارنة قيم F2 مع F2 لكلا الصنفين

تمت عملية تصنيف الشخص عن طريق إيجاد كلا من المسافة المطلقة والإقليدية فضلا عن المسافة الدالية الأولى بين منحنيات الترددات الرنانة للشخص الذي يتم اختباره ومنحنيات الترددات الرنانة للفئتين، حيث كانت قيم تلك المقاييس بالنسبة لفئة غير المدخنين اقل فهذا يعني أن الشخص غير مدخن.

10- الاستنتاجات

بعد تطبيق الخوارزمية المقترحة على الأمثلة تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

1. إن خاصية الترددات الرنانة والمتمثلة ب F1, F2 كانت صفة مميزة لتمييز حالة الشخص كونه مدخناً أم لا.
2. إن استخدام المسافة المطلقة والإقليدية فضلا عن المسافة الدالية الأولى يعتبر عامل مهم في عملية التصنيف عن طريق عملية إجراء المقارنة.
3. إن تقسيم إشارة الكلام إلى عدد من المقاطع بطول 512 للمقطع الواحد واستخلاص الخصائص لكل مقطع أعطت نتائج جيدة عند اعتماد هذا الطول.

11- الأعمال المستقبلية

1. إمكانية استخدام طرائق أخرى في التصنيف كالشبكات العصبية.
2. إمكانية استخلاص خصائص أخرى لإشارة الكلام مثل خاصية التردد الأساسي (Fundamental Frequency) وخاصية النرفز (Jitter) والوميض (Shimmer) وخصائص أخرى واستخدامها في عملية التصنيف.
3. إمكانية اعتماد عدد اكبر من العينات في قاعدة البيانات ودراسة تأثيرها على التصنيف.

المصادر

[1] قدو، سجى جاسم محمد، 2004، كبس إشارة الكلام بواسطة استخلاص الخواص، بحث ماجستير، علوم حاسوب، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل.

[2] http://www.alriyadh.com/2009/05/07/article427459.html

[3] Gray G.Weismer, Harvey R. G Ilbert, "The Effects of Smoking on the Speaking Fundamental Frequency of Adult Women", Journal of Psycholinguistic Research , Issn 1573-6555, vol. 3 (3. 1974), p. 225-231.

[4] Amparo Carpi Ojullio Gonzalez, "Early Effects of Smoking on the Voice: Amultidimensional Study", 2004, International Medical Journal of Experimental and Clinical Research (Med Sci Monitor) (Impact Factor: 1.7). 12/2004; 10(12):cr649-56.

[5] Louise Dirk, Angelika Braun, "Voice Parameter Changes in Smokers During Abstinence from Cigarate Smoking", 2011, Proceedings of the Icphs xvii, p588-590.

[6] عبد النبي، هبه إدريس يونس، 2011، تحديد الفئة العمرية للمتكلم باستخدام القيم المميزة، بحث ماجستير، علوم حاسوب، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل.

[7] Allam Mousa, 2011, "Speech Segmentation in Synthesized Speech Morphing Using Pitch Shifting", The International Arab Journal of Information Technology, vol. 8, no. 2, p221-226.

[8] الخطيب، زينة نبيل جميل، 2011، الوثوقية الشخصية اعتمادا على الأبعاد الهندسية لليد، بحث ماجستير، علوم حاسوب، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل.