

علوم اللغة

دراسات علمية مُحَكَّمة تصدر أربع مرات في السنة
كتاب دوري

۲۰۰۲

العدد الأول

المجلد الخامس

رئيس التحرير

أ.د. محمود فهمى حجازى (القاهرة)

مدير التحرير

نائب رئيس التحرير

أ.د. سعيد حسن بحيرى (عين شمس) د. مجدى إبراهيم يوسف (حلوان)

أ.د. عمر صابر عبد الجليل (القاهرة)

مركز تحقيقات كويتى علوم

المستشارون العلميون

أ.د. جوزيف ديشى (ليون ۲) أ.د. عبده على الراجحي (الاسكندرية)

أ.د. حسن حمزة (ليون ۲) أ.د. كمال محمد بشر (القاهرة)

أ.د. حمزة المزينى (الرياض) أ.د. مانفرد فويدخ (أمستردام)

أ.د. رئيس جورج خورى (هيدلبرج) أ.د. محمد عونى عبد الرؤوف (عين شمس)

أ.د. السعيد محمد بدوى (الجامعة الأمريكية بالقاهرة) أ.د. عبد الفتاح البركاوى (الأزهر)

أ.د. فولفديترش فيشر (ارلانجن) أ.د. صلاح الدين صالح (بنى سويف)

شماره ثبت ۹۰۸۲۹

دار الفکر

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

علوم اللغة

دراسات علمية مُحَكَّمة تصدر أربع مرات في السنة

كتاب دورى

مج ٥، ع ١٤، ٢٠٠٢

ح) حقوق الطبع والنشر محفوظة ، ولا يسمح بإعادة نشر هذا العمل كاملا أو أى قسم من أقسامه ، بأي شكل من أشكال النشر أو استنساخه أو ترجمته ، أو اختزاله في أى شكل من أشكال نظم استرجاع المعلومات ، إلا بأذن كتابى من الناشر .
قيمة الاشتراك السنوى :

(داخل جمهورية مصر العربية)

٨٠ جنيهاً مصرياً

(خارج جمهورية مصر العربية شاملا البريد)

٨٠ دولاراً أمريكياً

سعر العدد :

(داخل جمهورية مصر العربية)

٢٠ جنيهاً مصرياً

(خارج جمهورية مصر العربية شاملا البريد)

٢٠ دولاراً أمريكياً

أسعار خاصة للطلبة :

المراسلات :

توجه الجميع المراسلات الخاصة إلى :

دار أغريب للطباعة والنشر والتوزيع

ص . ب (٥٨) الدواوين - القاهرة ١١٤٦١ - جمهورية مصر العربية

تليفون ٧٩٤٢٠٧٩ فاكس ٧٩٥٤٣٢٤

المحتويات

الصفحة

البحوث

٩ - التحليل الفيزيائي للكلام

أ. د. محمد صالح الضالع

٤٧ - الاتجاهات المعاصرة في علم الأصوات التجريبي

د. خالد السيد محمد رفعت

٨٩ - ظاهرة المد الفرعي في الأداء القرآني

دراسة تطبيقية للمدة الزمنية

د. أشرف عبد البديع عبد الكريم



٣ - Pragmatic and Linguistic problems in the translation of Naguib Mahfouz's the thief and the Dogs : A case study.

Ahmed - Sokarno Abdel-Hafiz

«التحليل الفيزيائي للكلام»

Acoustic Analysis of Speech

د. محمد صالح الضالع

قسم الصوتيات

كلية الآداب - جامعة الإسكندرية

مقدمة :

يحاول هذا البحث أن يقدم عرضاً عاماً ومجملًا عن اتجاه معاصر في علم الأصوات التجريبي ، وهو التحليل الفيزيائي للكلام . ويتناول هذا الاتجاه الخصائص الفيزيائية لأصوات الكلام ووحداته بوصفها موجات صوتية بعد أن يلفظها الفم وقبل أن تصل إلى أذن السامع . ومع ذلك يستعين هذا المجال أحياناً ببعض من مصطلحات المجالات الأصواتية الأخرى في ميدان علم الأصوات ، وبخاصة المصطلحات النطقية الفسيولوجية والسمعية الإدراكية ، إما بياناً لما يحدث فيزيائياً في عملية إنتاج الأصوات ، وإما برهاناً على المعطيات الفيزيائية التي قدمها التحليل .

ويعتمد التحليل الطيفي الفيزيائي على استخدام تقنية البحث المعملية الذي يستعين بالأجهزة . وعلى الرغم من مشاكل الضبط الآلي للأجهزة وقياساتها ، يمدنا هذا النوع من التحليل ببيانات موضوعية واضحة إلى حد ما عن فيزيائية الكلام ووحداته يؤثر معظمها على استقبال الكلام وإدراكه .

ويتناول هذا البحث النقاط الآتية :

١ - تعريف بالاتجاه التجريبي المعاصر في إطار علم الأصوات .

٢ - الدرس الفيزيائي للكلام .

٣ - التحليل الطيفي المعاصر .

علم الأصوات :

علم الأصوات Phonetics هو درس الظواهر الأصواتية التي تتصل بالكلام والبحث في مكوناته وسماته ~~وهو جزء هام ومن أهم فروع اللسانيات~~ Linguistics .

ويحوى درس الكلام البحث العلمي لكل مراحل التواصل المنطوق بدءا من تشفير الأصوات وإنتاجها ، ثم تحليل الإشارات الفيزيائية acoustic signals التي تحدث في قناة النطق نتيجة لاختلاف أشكالها ، حتى تصل إلى أذن السامع فتقوم باستقبالها وفك شفرتها وإدراكها .

ويختلف الباحثون في اهتمامهم بمراحل التواصل . فمنهم من يقصر بحثه على مرحلة واحدة ، ومنهم من يجمع بين مرحلتين ، ومنهم من يجمع بين المراحل الثلاث ،

في لغة واحدة ، أو في لغات متعددة ، وقد يكون ذلك في النظرية أو في التجريب .

واتسع البحث العلمي في الأصوات وتعددت فروع ومناهجه ، ولا سيما بعد أن دخل في أزموة باحثيه باحثون من مجالات شتى مثل علم النفس ، وعلم الاجتماع ،

وأراض الكلام والسمع ، وهندسة الاتصالات ، وعلوم الحاسوب ، ولذا نرى أن

علم الأصوات التجريبي : **Experimental Phonetics**

هو العلم الذي يدرس الظواهر الأصواتية دراسة تجريبية experimental

بالآلات التي تقوم بتحليل المادة الأصواتية التي هي موضع الدرس ولذلك يطلق عليه

أيضا instrumental phonetics^(١) . وتتناول مناهج علم الأصوات التجريبي مراحل

التواصل الكلامي المختلفة وهي :

• علم الأصوات النطقى articulatory phonetics .

تأهله كما يلهى بالآلة في سماعه رجي بحتا وله كال سفيره - /

(١) لمزيد من تحديد هذين المصطلحين وغيرهما وتاريخ استعمال كل منهما فراجع كتاب "دراسة

الصوت اللغوي" للدكتور أحمد مختار ، عالم الكتاب ١٩٨٥ للطبعة الثالثة - ٦٦

له، لعباً مع علم الأصوات الفيزيائية **acoustic phonetics** في ثلاث ومقاييس. هاهنا أمية

• علم الأصوات السمعي . auditory phonetics

وَيَقَالُهَا أَيْضًا الْمَلَائِكَةُ عَلَى التَّوَالِي (٣٣) وَلِيَقَالُ كَلِمَةً شَلَالًا بِسَخَاءٍ

• انتاج الكلام speech production

• فنياء الكلام speech acoustics

speech perception / مواد الإدراك الكلامي

رؤية في معالم الأمور والتدريج إلى تحقيق التجارب العملية. وشراح البقائات

والنتائج وتفسيرها من خلال معطيات علم الأصوات ونظرياته ، حيث تفتح كالمعلل المبيح

النظري مع المبحث التجريبي في نظرية بلا تجريبية خالصة، وتجريبية بلا نظرية تجريبية

عَمِيلاً سَيِّئاً عَظِيمٌ لَمْ يَلِدْ لَهُ لَحْمٌ مِّنْ هَؤُلَاءِ هَاتِيئِهِ خَبِثَةٌ وَهَتَاكَ الْإِنْفِ

ويتبع علم الأصوات التجريبي في طبيعته أشكالاً مختلفة للتجريب في الاستماع وفهمها.

التجوييل يقدم لهذه الطرق المختلفة للإجراء بعد التجوييل التي تضم أكبر نسبة من

الموضوعة و هو تعقل بقدر الإمكان على العمل عن الأخطاء التي تقع بها من خلال ما يتدخل

البحث العلمى فى الضبط التجريبي من حيث ترتيب الظروف التى تقع فيها الظواهر

والتحكم فيها بطريقة تعين على اكتشاف التأثير والتأثير. فلو اقتصر العلم في بحوثه على

انتظار وقوع الأحداث والظواهر في الطبيعة أو في الواقع لتأخرت النتائج وكان سير

معطياته العلمية بطيئا .

ولا يستطيع الباحث أن يختبر الفروض العلمية للظاهرة في كل حين ، فقليلا ما

تتاح أمام الباحث فرصة الوقوف على الظواهر الطبيعية من ناحية ، ومن ناحية أخرى ،

كثيرا ما تحدث الظاهرة تحت ظرف واحد أو تحت ظروف مشوشة طارئة . ففى الإجراء

التجريبى يستطيع الباحث أن يضع الظاهرة فى ظرف أو أكثر يمكنه من ضبطه والتحكم

(١) انظر Painter ص ٣. وارجع أيضا إلى الشكل (٣) في هذا البحث الذي أخذ من الصفحة نفسها.

فيه أو عزله . ويقوم بذلك فى تخطيط تجربى يضبط فيه المتغيرات ويتحكم فى أبعادها دون انتظار لوقوع الظاهرة .

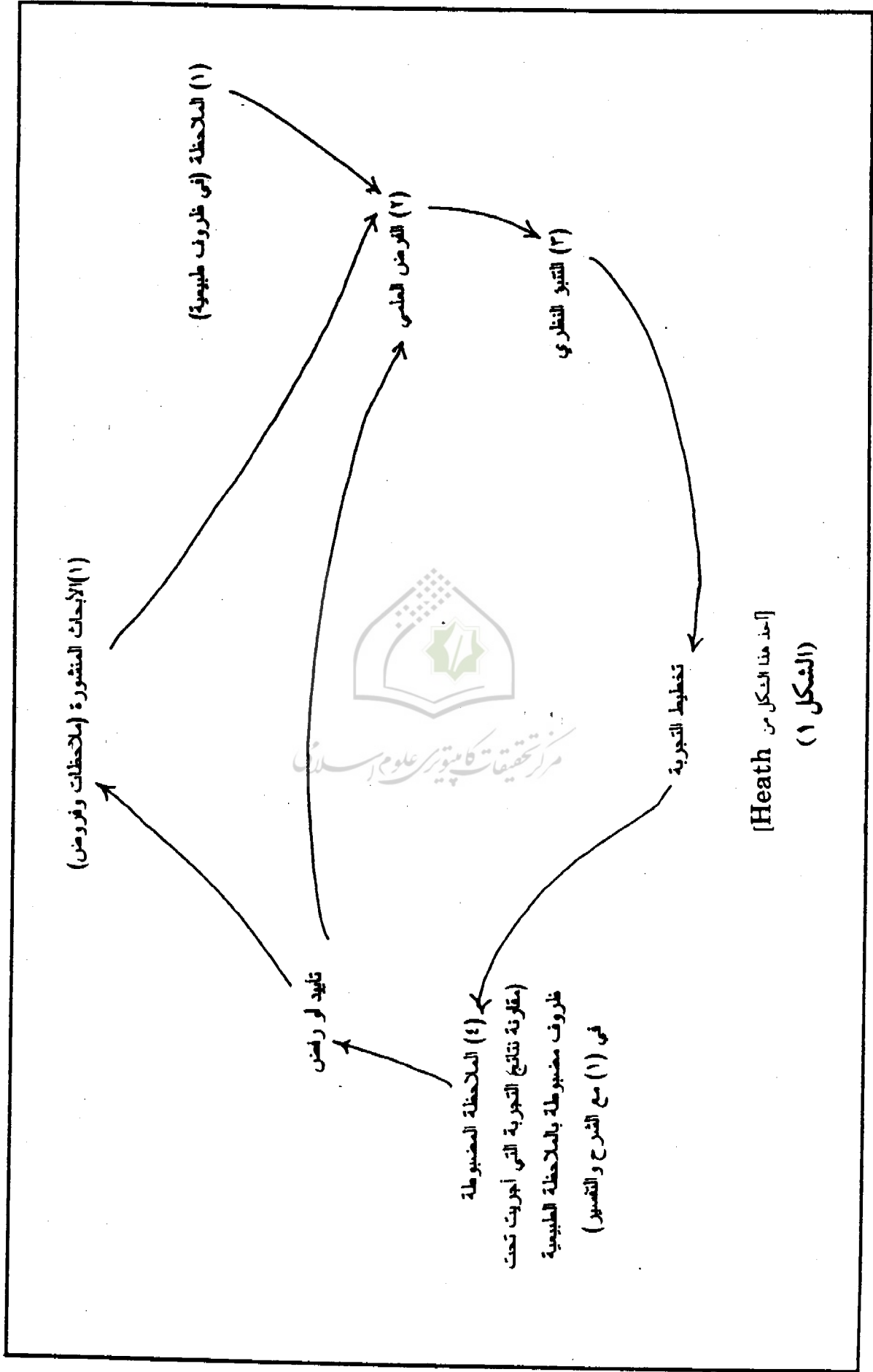
ونضرب لذلك مثلا القيام بتسجيل حديث واقعى فى السوق أو المنزل وسط الضوضاء الطبيعية المحيطة حيث تعمل تلك الضوضاء على تشويش المادة الأصواتية المسجلة ، مما يؤدى إلى صعوبة تحليلها تحليلا طيفيا دقيقا .

وقد تطرأ أبعاد ومتغيرات جديدة فى أثناء التجربة يكتشفها الباحث ، ومن ثم يكتشفها العلم ، وبخاصة عند جمع بعض الظروف والأحوال التى لا تأتى مجتمعة أو مقترنة فى الطبيعة . ولذا يعد النهج التجريبي أسرع من النهج غير التجريبي فى تطور نظريات العلم وتقدمها .

وال تجربة فى أبسط صورها تقوم على اختبار فرض علمى تختار له عينة أو أكثر فى إطار محكوم تضبط متغيراته ، ثم نلاحظ ما يحدث ونقيسه بالمقاييس الدقيقة المناسبة ونسجلها ونعرضها ونناقشها مناقشة علمية .

والفرض العلمى هو إجابة محتملة عن سؤال المشكلة أو الظاهرة ، أو هو استنتاج متوقع يصل إليه الباحث من طبيعة المشكلة نفسها . وفى هذه الحالة لابد أن يركز الباحث على معلومات أو يعتمد على نظرية يستمد منها تصوره .

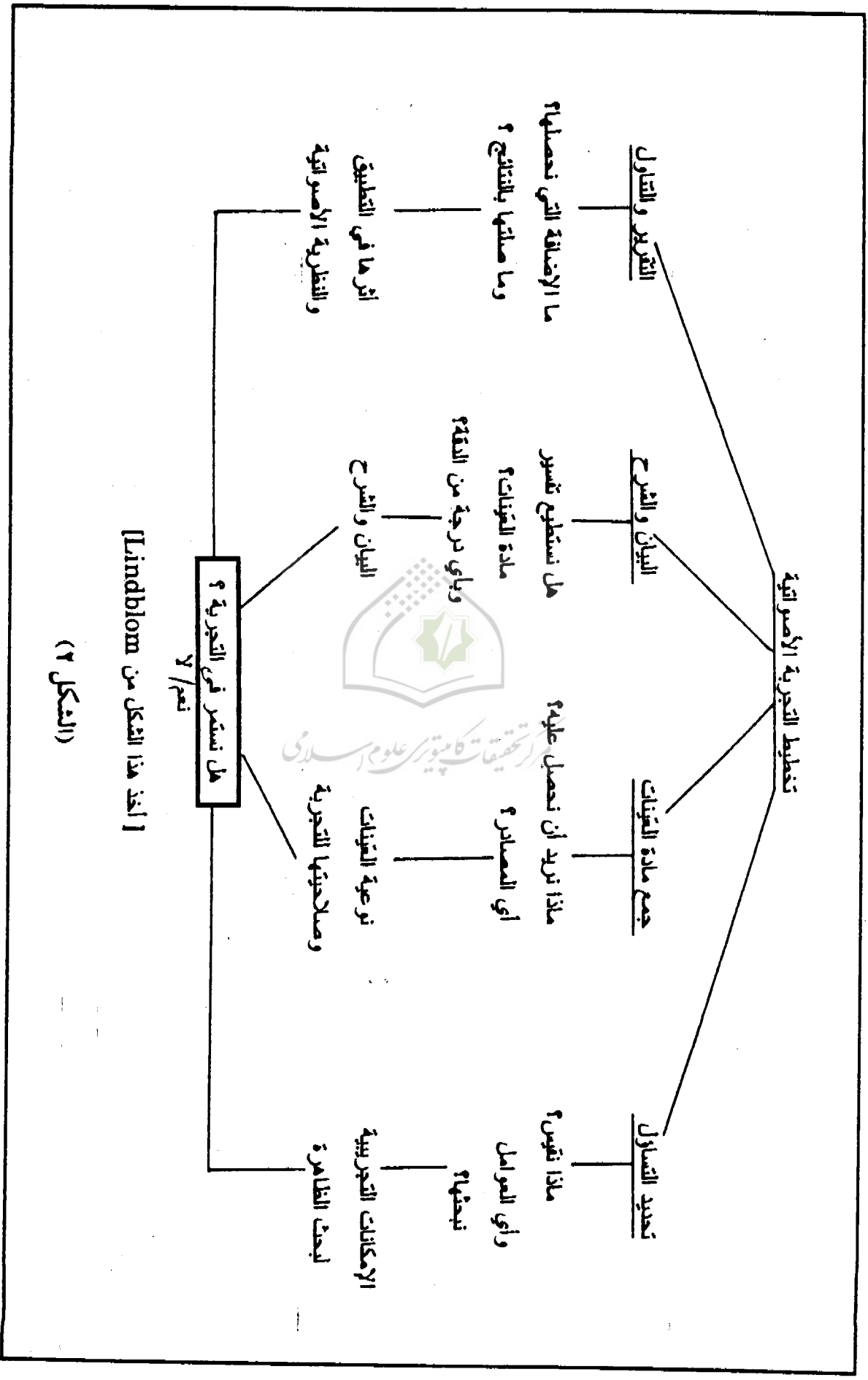
ويبين لنا الشكل الآتى خطوات التجربة وعناصرها :



وتعد الخطوة التجريبية التى تعنى بتخطيط التجربة وإعدادها أهم مرحلة فى إعداد التجربة وتحديد مسائلها ومسارها . ولذا فقد اهتم بها لندبلوم Lindblom وهو من أبرز علماء الأصوات فى العالم بعد أن بدأ نشاطه العلمى الذائع الصيت فى السويد .

ويبين الشكل الآتى أهم مرحلة فى التجريب الأصواتى وهى تخطيط التجربة الأصواتية التى من خلالها نتحكم تجريبيا فى درس الظاهرة والتنبؤ بجدواها فى علم الأصوات وتطبيقاته :





المنظومة الكلامية Speech Chain

تشمل عمليات النطق والتلفظ أنشطة متعددة من مختلف الأجهزة الحيوية فى أعضاء النطق ، بدءا بعملية التنفس وجهازها ، فمنطقة الحنجرة وأجزاءها ، مروراً بمناطق الممر الصوتى وأعضائه .

وتشفّر الرسالة اللغوية فى أنماط صوتية تتكون من خصائص فيزيائية تحدد الأصوات المفردة ورصفها ، تعلوها قوالب صوتية بروسودية مكونة من عناصرها الثلاثة: النغمة الأساس fundamental frequency ، والشدة intensity ، والمدة duration .

وتتم عمليات هذه العناصر من خلال تحكم معقد من التنسيق والقبولية والتركيب فى مرحلتين : مرحلة التخطيط العصبى الذهنى ، ومرحلة التنفيذ النطقى . وتقوم مرحلة التخطيط بدور مهم فى هذا التحكم من حيث التراكب والتراتبية .

وتوصف عمليات التنفيذ من خلال الأبعاد الإدراكية وآليات فهم الكلام واستقباله . ويبين الشكل (٣) الميادين المختلفة التى تعنى بالدرس الأصواتى وآلاته حسب مراحله المختلفة . ويقتصر هذا البحث على مجال التحليل الفيزيائى للكلام ، وهو من أكثر المجالات التجريبية ارتباطا بسائر مراحل المنظومة الكلامية .

فروع علم الأصوات	الآلات والعدد المستخدمة / ميدان الدراسة	السلسلة الكلامية
علم الأصوات الفسيولوجي (النطقي)	اللسانيات التشريح العصبي	المحور العصبي المركزي (أ) البرية الفطرية (ب) البرية المكتسبة (النغبات اللفظية الكهربائية)
	الرسم الكهربائي العضلي	(الانقباض العضلي)
	قياس التنفس ضغط الهواء تحت الحنجرة مسار الهواء	الهواء الزفير
	مجهر الحنجرة قياس الحدة	إصدار النغمة
	جهاز الأشعة رسم سقف الحنك ضغط الهواء في الحلق والأنف قياس ضغط الهواء	النفث
علم الأصوات الفيزيائي (الأكوستيكي)	المطياف الصوتي الأسيلوسكوب قياس الحدة قياس الشدة قياس الضوضاء	اهتزاز الهواء
علم الأصوات السمعي الإدراكي	علم النفس الأكوستيكي علم السمع	الاستقبال
	إدراك الكلام اللسانيات	الإدراك

(أخذ هذا الشكل من Painter)

(الشكل ٣)

فيزياء الكلام :

يصدر الكلام من جهاز النطق الذى يقوم بأهم وظيفة حيوية وهى التنفس ، وأهم أعضائه الرئتان والحنجرة والحلق والتجويف الأنفى والتجويف الفموى الذى يحتوى معظم أعضاء النطق ومخارجه . والكلام هو غاية النتاج الفيزيائى لحركات الجهاز التنفسى والمضغى المنمطة إراديا . وهو سلوك حركى لا بد من تعلمه وتعديله والتحكم فيه والمحافظة عليه بالرجع الفيزيائى لآلية السماع ، والرجع الحركى للعضلات التى تتحكم فى إصدار الكلام ^(١) .

والطريق الذى يمر فيه الهواء بعد خروجه من القصبة الهوائية يطلق عليه «الممر الصوتى» vocal tract . والممر الصوتى فيزيائيا أنبوب غير موحد الشكل nonuniform فى مقطعه العرضى يبدأ بالوترين الصوتيين وينتهى عند الشفتين ^(٢) .

وتتم عملية النطق بأن يندفع الهواء الذى فى الرئتين إلى الحنجرة ومنها إلى سائر الممر الصوتى حتى يخرج من الشفتين مكونا مصدرا طاقة هوائية تتشكل بطرق كثيرة حسب الأشكال والمخارج التى تتخذها سائر الأعضاء والتجاويف . ومن هذه الطرق والأشكال تصدر الأصوات المختلفة مكونة وحدات الكلام وأجزاءه (انظر الشكل ٤) .

ونتيجة لهذا التشكيل الفسيولوجى يحدث الرنين resonance الذى يعد أهم مكون فيزيائى فى تحديد صفات الأصوات اللغوية وخصائصها . فالرنين هو أساس التوافقيات harmonics التى تتحدد بها مكونات formants طيف الكلام speech spectrum ^(٣) . ويظهر ذلك جليا فى الأصوات ذات التموج الدورى periodic أو شبه الدورى quasi periodic مثل الصوائت vowels والأصوات الجهيرة sonorants (انظر الشكل ٥) .

(١) انظر Flanagan ص ٩ - ١٥ .

(٢) المصدر نفسه .

(٣) انظر Painter ص ٣ .

وجرى العرف عند علماء الأصوات أن يشاروا إلى هذه المكونات بترقيمها من أدنى الترددات إلى أعلاها ، وأدناها تردددا هو المكون الأول (ك١ F1) ويليه المكون الثانى (ك٢ F2) فالمكون الثالث (ك٣ F3) ... إلخ . وأهم الشخصيات للصوت اللغوى المكونان ك١ ، ك٢ . وتتراوح تردداتهما فى المدى بين ٢٥٠ هرتس و ٣٠٠٠ هرتس . ومع ذلك قد تشكل بعض المكونات العليا وبخاصة ك٣ وك٤ ، أهمية ضرورية فى تشخيص بعض الأصوات فى بعض الحالات .

وتتم عملية إنتاج الكلام فى مراحل ثلاث :

(أ) المصدر :

بعد اندفاع الهواء من القصبة الهوائية يسلك أحد مسلكين : إما أن يمر من الفتحة التى بين الوترين الصوتيين ، وإما أن يقاوم إحكامهما . وعندما يندفع الهواء مقاوما الوترين فإنه يعمل على جذبتهما غلقا وفتحاً . ويطلق على هذا التذبذب أو التردد «التصويت» phonation . ورنين هذا التصويت ومضاعفاته يحدث فى أجزاء الممر الصوتى الذى يعلو الحنجرة فيما يؤدي إلى حدوث المكونات . ويختلف تردد التصويت وتردد المكونات باختلاف حجم الحنجرة وكذلك الوتران الصوتيان وتوترهما . وتختلف صفات كل صوت باختلاف نواح ثلاث :

١ - مخرجه

٢ - جهره^(١)

٣ - مدى اعتراض مرور الهواء

(١) تُرجمت كلمة filter إلى الكلمة العربية «مصفاة» . فوظيفة المصفاة إسقاط الحبات أو الجزيئات التى لا يتعدى حجمها أو قطرها قطر ثقب المصفاة أو أقل ، وتحجز ما هو أكبر . ووظيفة المصفاة الأصواتية السماح بتردد الموجات التى يتناسب طولها مع طول موجة تجويف الرنين بل تقويها وتخمد غير ذلك من الموجات .

(ب) الرنين :

ظاهرة فيزيائية مؤداها أن لكل جسم أو تجويف ميلا طبيعيا للاهتزاز أو لاهتزاز هوائه عند استقباله لتردد معين محدثا ترددا مساويا له مع تقوية سعته . وتقوم أجزاء المر الصوتى وتجاويفه التى تعلو الحنجرة بمهمة الرنين ، أو بمهمة المصفاة filter التى تقوى بعض الترددات وتخدم بعضا حسب الشكل الذى تتخذه ذبذبات الهواء المندفع فى جنباته .^(١)

وقدّر العلماء المر الصوتى بدءا بالوترين الصوتيين وانتهاء بالشفيتين بأنبوب مغلق من جهة الحنجرة ومفتوح عند الشفتين طوله ١٧ سم عند نطق الصوائت (انظر الشكل ٦) . ويتوحد شكل الأنبوب عند نطق الصائت القصير جدا [٥] (انظر الشكل ٤ ، ٦) . وحيث إن التردد يبدأ بربع الموجة الكاملة ، فإن طول الموجة لمثل هذا الأنبوب $4 \times 17 = 68$ سم ويبلغ مكونه الأول ٥٠٠ هيرتس وتتضاعف المكونات العليا تضاعفا فرديا : 3×1 ، 5×1 ، 7×1 ... إلخ . فتصير مكوناته الثلاثية كالاتى : ك١ = ٥٠٠ هيرتس ، ك٢ = ٥٠٠ هيرتس ، ك٣ = ٢٥٠٠ هيرتس . وفى الواقع نادرا ما يكون أنبوب المر الصوتى شكلا موحدا ، بل يتغير شكل طوله ، ومن ثم يتغير تشكيكه وصورته عند كل صائت^(٢) .

(ج) الإصدار :

تؤدى الأنواع المختلفة من التدخل فى تيار الهواء إلى إنتاج الموجات الصوتية إذ تحدث ذبذبات شبه دورية فى تجاويف الرنين التى توجد فى المر الصوتى ، وبخاصة فيما بين الوترين الصوتيين وهو ما يطلق عليه فى هذه الحالة «الجهر» voice^(٣) . أو ما

(١) انظر Holmes ص ١٢ - ٢٥ ، وأيضا Miller ص ٣٧ - ٤٦ .

(٢) المصدران السابقان .

(٣) ترجمنا المصطلح voice بالمصطلح العربى «الجهر» . ويدل هنا على ظاهرة الجهر والهمس ، كما يدل مصطلح «السرعة» على درجات السرعة والبطء .

يحدث مثلاً عند اللثة والأسنان من اضطراب الهواء الكافى لحدوث الصوت الاحتكاكى [s] .

فمن الناحية الفيزيائية إذن يقوم الممر الصوتى بمهمتين : توليد أصوات الكلام وتكوين صناديق الرنين المتغيرة التى تحدثها قنوات الممر وتجاويفه حيث تستجيب لترددات الأصوات المتولدة تقوية وتوهينا .

وتحدث الأصوات فى الممر الصوتى بطريقتين :

١ - تكوين قنوات الأصوات الاحتكاكية النطقية الصغرى حيث تتولد ضوضاء هسيسة hissnoise من خلال اضطراب تيار الهواء فيها (انظر الشكل ٨) .

٢ - تسريح الهواء بانفجارات فائقة السرعة من خلال الوترين الصوتيين ، وبذلك يحدث الجهر voice . وفى حالة الاحتكاكيات المجهورة voiced fricatives يجتمع الهسيس والجهر . وتستجيب صناديق الرنين لكلا النوعين . وفى حالة الاستجابة التامة يكون هناك تركيز شديد للطاقة الفيزيائية فى حزم ترددية bands معينة ، كما هو الحال فى الأصوات المجهورة وبخاصة الصوائت .

وثمة نظريتان تفسران إصدار الصوائت فى الممر الصوتى . ترى الأولى أن تسريح الهواء بانفجارات فائقة السرعة يتجه إلى أعلى منطقة الحلق حتى تستقبله صناديق الرنين المتكونة فى الممر الصوتى . وفى هذه الحالة تُصدر ذبذبات الوترين الصوتيين النغمة الأساس ثم تتردد النغمة فى مناطق الرنين محدثة مضاعفاتها الترددية التى تؤدى إلى ظهور المكونات formants .

وترى النظرية الأخرى أن صناديق الرنين تقوم بمهمة المصفاة filter حيث تختار الصناديق ما يتناسب مع تردداتها الفيزيائية فتقويها وتضعف الأخرى أو تخمدنها . وتتحدد موجات الصناديق الرنينية فيما يتضاعف من النغمة الأساس حسب كل صائت . فلكل صائت طيفه الصوتى الفيزيائى الخاص به وتتمثل الموجات فى اختلاف القمم الطيفية التى هى نفسها المكونات الفيزيائية .

التحليل الطيفي: Spectrography هو دراسة تفاعل المادة مع الإشعاع الكهرومغناطيسي

يعد التحليل الطيفي الأداة الأساسية عند وصف الأصوات واستخلاص معالمها الفيزيائية. وكان المخطاف الطيفي sound spectrograph هو أهم جهاز زمني معمل الأصوات الفيزيائي، مثل عام ١٩٤٢ حتى نهاية الستينيات. وعرف لهذا الجهاز باسمه التجاري Sona-Graph. واستخدم لنفي تحليل المقطوعات التي لا تزيد مدتها على ٢,٤ ثانية في صورة طيفية. حيث يطيء الشكل يقلل من الأصوات في هلقين ثلاثة أبعاد منه ثمانية شيء ربعها فيقلعنا فيه الكتلة ١٤ ثمانية ثمانية زوايا - ١

١ - تقاس (مدة الاستغراق) الزمنية في الجلب الأفعى بالخط h_{hissoise} قميصه

٢ - ويست -

٣- ويقاس مقدار الشدة بمقدار شدة اللون الأسود (انظر الشكل ١٣، ١٤، ١٥) (٥)

والحق بالجهاز وحدة لقياس شدة المنطوقات في كينون أفقي فوق أطراف الأصوات لتقطع أصوات الكلام ومعرفة المقاطع المنبورة ومقارنة درجتها بنوتها (شدها)

في الصورة الطيفية الواحدة . أما قياس كينتور التنعيم أو سلسلة التغمات فيجرى في
جهاز مستقل مثل جهاز The Fundamental Tracker وجهاز Visi Pitch^(١) .

زينة مساوئهم إضاعة في أمجاد الخليل المفيدي للكلام الجليل تعيرت على حواظي

المطلوب من الأخيرة هي المعالجة المرقمة للكلام digital processing of speech signals

نتيجة للانتشار الواسع في استخدام أجهزة الحاسوب وتوزيعها على نطاق الرقعة

analog devices القياسية بالوسائل النظرية digital methods

(عليكم الرقبة الحشائية) معالجة المتحثلين، قوتهم، قوة التحكم، في أبعادهم، ومتغيراته، على يد

الرج أن نكتشف آثار التغير والاختلاف على نظم أسسها وأسرها، والخطوة في اتخاذ قراراتها.

من المذاكرات في تاريخ الدولة العثمانية

الكلام speech analysis وتصنيفه speech synthesis^(١) ادوفا حاجة الى تطوير

الأجهزة وتطبيقاتها في مجال الصحة الإلكترونية

(ثانياً) وفي التحليل الرقمي للكلام استخدمت بعض خوارزميات التبرمجية. وأكثرها استخداماً محاولة فوريير السريعة (Fast Fourier Transform) (FFT). وبها تعرف خصائص الإصدار في الممر الصوتي (أنواع الترنين) والتردد الأساس الذي تصدره الحنجرة (انظر الشكل ٩).

تدليلاً لهذه عدة شهادات القبولات في عملية تقييمية ربطاً بيننا وبينكم
وطورت محاولة قورير السريعة (FFT) هذين البعدين (الترين والتردد الأساس)
وتمكننا منة بالوجه مثلاً في لغة البرمجة C++ وTransmission Model
حيث يتجلى التحليل الطيفي على نحو أكثر وضوحاً يهتم بقمم المكونات التي هي
في تذبذبها وتغيراتها فكلما قلنا في لغتنا البرمجية speech analysis
أساس التحليل الطيفي للكلام، دون الاهتمام بتفاصيل عديدة ويطلق عليها الكبسترم

Cepstrum (الجبلة) شجيرة دائمة الخضرة رسيّة الخشب، ولها أوراق جلدية وناعمة رطبة خضراء (1)

رحمة هبتنا، لمتنوع شجرة، وتالنا، لـ، ليخا، التيق، لبنتنا، نا، رحما، زمه (عينا، ٠٠٠١ \ ٠١ \ ٠١) عينا، لـ

(١) الكلام الاصطناعي speech synthesis ميدان تجريبي مازال في طفولته، ويحاول من خلال الترددات

الإلكترونية ومركباتها صنع موجات صوتية تصنع منها أصواتاً كلامية تشبه الأصوات اللغوية أو الفونيمات الكلامية البشرية . وقد استخدمت معطيات هذا الميدان في تحديد سمات الأصوات وطبيعة تركيبها وتراكيبها بعضها مع بعض في منظومات صوتية أطول من الفونيم ، حيث تصنع المقاطع الصوتية حسب

أبعاد وسمات فيزيائية وسمعية .

وتدار هذه المقاطع أمام جمهور من المستمعين أو أشخاص في تجربة إدراكية حسب طبيعة كل لغة للتصميم

ولذا يعد ميدان الكلام الاصطناعي وسيلة من وسائل التحليل الطبقي للكلام وطبيعته *Analysis by Synthesis*

ولكن من ناحية عكسية .

(٢) يقدم التحليل الكبستري cepstral analysis طريقة لفصل البيانات الخاصة بالتمر الصوتي عن

البيانات الخاصة بالتصويت الحنجري قبل التعديل والمضاعفة d_3^2 وتقوم فيه الشخصية بمحاكاة الشكل

homomorphous: أكثر من شكل (انظر الشكل ٣) (للمتلازمة في جنسنا المله راحة قلعهم

والكيبسترم cepstrum هو محولة transform عن محولة فوريير بحساب المحولة للشكل الموجي مع

الزمن ، حيث يؤخذ اللوغاريتم من مقدار المحولة . وبإجراء تحويل فورير العكس لدالة اللوغاريتم نحصل

وأحدث تطور فى التحليل الطيفى للكلام هو التنبؤ الخطى Linear Prediction^(١). وهو وسيلة ناجعة لتقدير معاملات المصفاة الرقمية بطريقة إحصائية فى مجملها ، حيث تفترض إثارة نبضية impulse excitation (فى الأصوات المجهورة) قد تؤدي إلى (تنبؤ) فى الموجة الكلامية داخل الإطار التحليلى . وذلك لأن قسما من موجة الكلام قد يتطلب ٢٠٠ عينة من الإزاحة كى تمثلها فى الصورة الرقمية ، ويمكن تحديدها بصورة كافية من خلال ٨ ، ١٦ معاملا بالإضافة إلى بعض من تعيينات الإثارات النبضية^(٢).

ولطريقة التنبؤ الخطى قيمة خاصة فى التطبيقات حيث تعد فيها البيانات لإصدار الكلام Speech Transmission أو تخزينه بما فى ذلك مجال صنع الكلام speech synthesis . ويقدم لنا التنبؤ الخطى طريقة بديلة للمعالجة الكبسترية

(١) التنبؤ الخطى نموذج تجريدى لإنتاج الكلام . فإذا قيس ضغط الهواء فى الموجات الكلامية كل عشرة مللي ثانية (أى ١٠ / ١٠٠٠ ثانية) فمن الممكن أن ننبأ بقيمة القياسات التالية، حيث يعتمد التنبؤ على موازنة قيم القياسات الاثنى عشر السابقة كى نحصل على أثر التصفية filtering فى الممر الصوتى حيث يتغير شكله تغيرا بطيئا نسبيا .

ويأخذ التنبؤ الخطى فى حسابه المصدر الراهن للطاقة فى الكلام . فقد يكون هذا المصدر سلسلة من النبضات كما هو الحال فى النغمة الأساس (اهتزاز الوترين الصوتيين) ، أو يكون ضوضاء عشوائية (عند انفراج الوترين فى حالة عدم الاهتزاز) .

نعب هذا النوع من التحليل من الدرس الإحصائى للتتابعات الدورية من المادة الأصواتية، ويقدم لنا التنبؤ الخطى طريقة للتعرف على التغيرات التى تتقابل مع تغيرات الكلام ، أى تعرف الذبذبات المنتظمة فى الشكل الموجى نتيجة لتشكيل المكونات الفيزيائية formants وظهرت تدريجيا منذ أواخر العقد السادس حتى أواخر العقد السابع ثم استقرت فى العقد الثامن وتطورت حاسوبيا فى العقد التاسع .

يستخدم متنبئ ما لعينة من التموجات الأصواتية عددا من عينات سابقة عليه . كل عينة تسهم فى تحديد

$$y_n = \sum_{k=0}^k b_k x_{n-k} \quad \text{التنبؤ بمقدار فى المعادلة}$$

ويطلق على هذا النوع من التحليل «التنبؤ الخطى» لأنه يستخدم تجميعا خطيا من العينات دون ضرب أو حاصل ضرب .

(٢) انظر Rabiner & Schafer ص ٣٨ - ٥٧ وص ٣٨٦ - ٤٠١ ، وانظر أيضا Wakita ص ٥ - ٢٨ .

cepstrum كى نحصل على أطيف كلامية معدلة خالية من تفاصيل التوافقيات ونتوءاتها ، أو ما يطلق عليه علماء الأصوات «تحليل طيفى ناعم» spectrum smoothed (انظر الشكل ١٠ ، ١١ ، ١٢) .

وليس سهلا كما يبدو للوهلة الأولى أن تكون معرفة الإشارة الفيزيائية أمراً ميسوراً . وأول واجب على الباحث فى هذا المجال أن يتعرف الخواص الثابت من الناحية الفيزيائية بعد أن يعزل النواحي الهامشية فى اللغة extralinguistic من المنطوق (الرسالة المقصودة) .

وقد حاول العلماء والباحثون تحقيق الشرطين الآتين فى تحليلهم :

١ - الثوابية Invariance :

توجد ثمة معلومات ثابتة فى الإشارة فى كل الحالات والأمثلة تقابل الوحدة الصوتية التى يدركها ابن اللغة. أى أن هناك سمة جوهرية ثابتة فى كل وقائع الوحدة الأصواتية .

مركز تحقيقات كميوتور علوم إسلامي

٢ - الخطية Linearity :

المعلومات الثابتة فى الإشارة مرتبة ترتيباً تتابعياً متسلسلاً. فالمعلومات الموجودة فى الوحدة الأصواتية السابقة لا تسبق الوحدة الأصواتية التالية، أو تتداخل معها تداخلاً كاملاً .

وقد واجهت الباحثين صعوبات فى التحليل لا يستطيعون معها إقامة هذين الشرطين إقامة تامة نذكر منها :

١- أول دليل للتعرف على الصوائت هو المكونات (على الأقل المكونات الأول والثانى) فى مرحلة الاستقرار steady state حيث تسبقها بداية المكون onset المتأثر بالصوت السابق ، ويتلوها نهاية المكون offset المتأثر بالصوت اللاحق. ولكن فى الكلام الطبيعى التلقائى نادراً ما تتحقق مرحلة الاستقرار الوسطى فى المكونات حيث

الشروط الفسيولوجية والفيزيائية فى نظام إصدار الكلام الطبيعى. ومع ذلك تحتوى الإشارات الفيزيائية والسمعية مثل تلك التعديلات التى تحدث فى النغمة الأساس بوصفها جزءا من المعلومات الأصواتية^(١).

رأى لينيفافا رايلى

تأليفه كتاب : « ثلثات لملحاح بملحاح نغمة رية سفاها رية
 رية ريلحاح سفاها رية ريلحاح لملحاح نغمة رية ريلحاح رية : نغمة ريلحاح
 (IBM) رية ريلحاح ريلحاح بملحاح (بملحاح رية ريلحاح ريلحاح ريلحاح
 : تأليفه بملحاح لملحاح نغمة

Winnipeg, Manitoba, Canada

(٢١ - ٣١) ريلحاح نغمة

مركز تحقيقات كميوتور علوم ريلحاح

(١) انظر Harcastle & Laver ص ٦٥ - ١١٠، وانظر أيضا Clark & Yallop ص ٣٣١ - ٣٣٩.

أمثلة لصور طيفية

فى

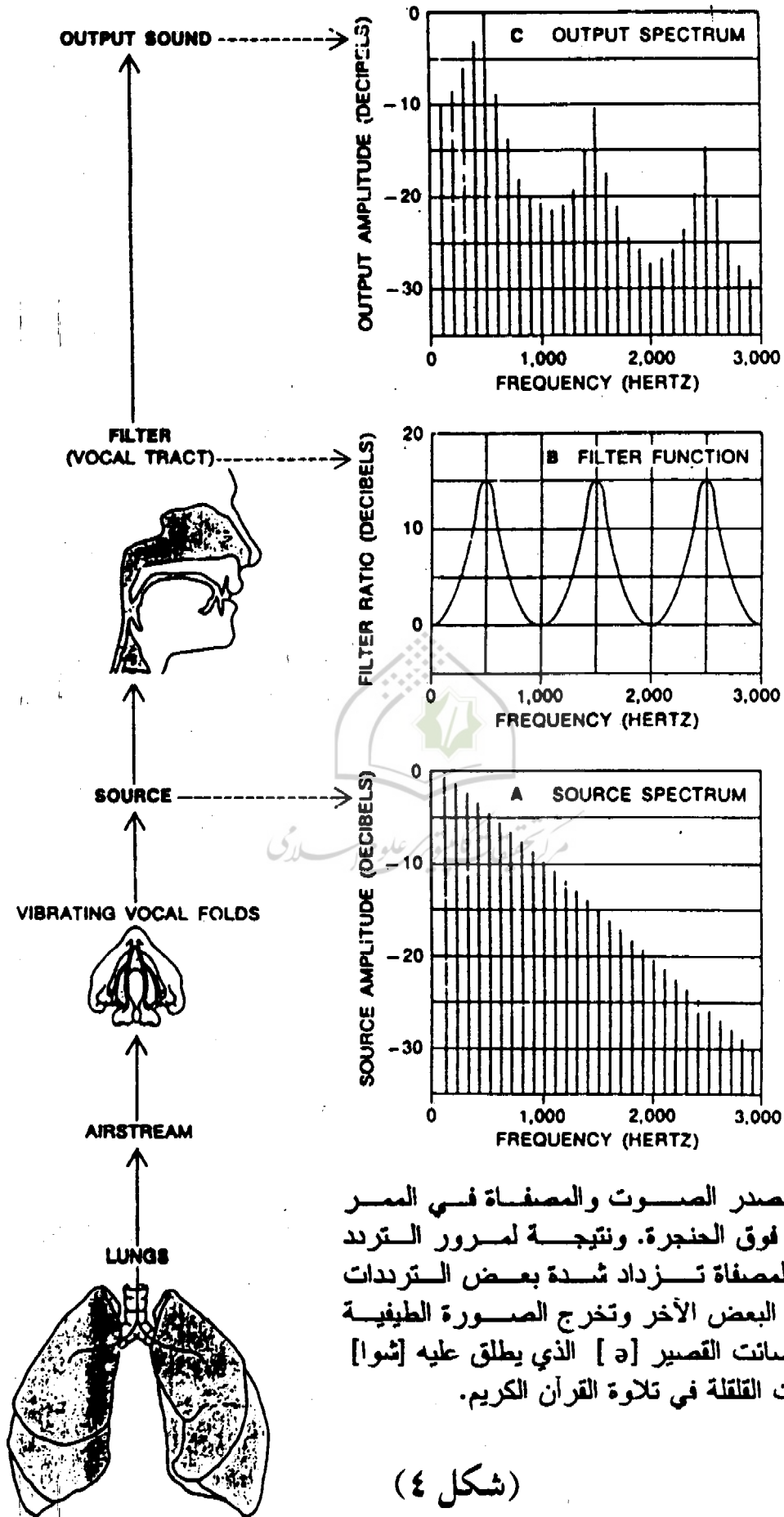
التحليل الفيزيائى

نطق المؤلف فى ميكروفون الحاسوب الكلمات الثلاث : « علم الأصوات التجريبي » مرتين : مرة تقريراً ومرة استفهاماً تصديقياً. ثم قام المؤلف بتحليل موجى وطيفى وكنتورى للمنطوقات فى الحاسوب (حاسوب شخصى متوافق مع IBM) مستخدماً ثلاث برمجيات :

Winccil, Gram, PCQuirer

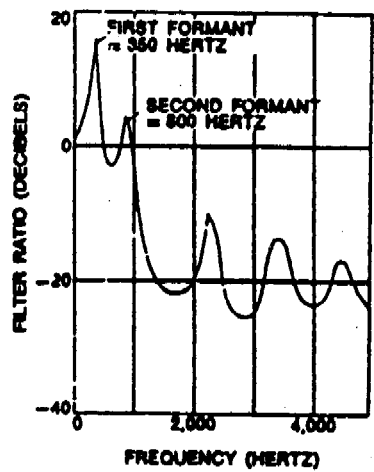
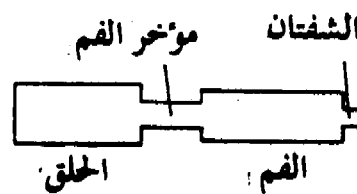
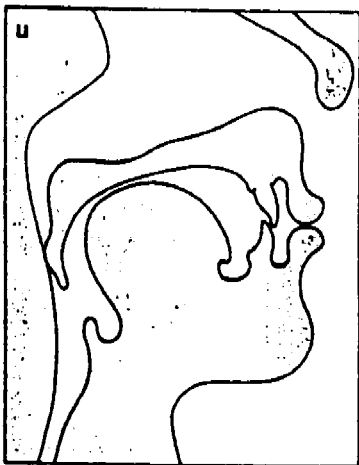
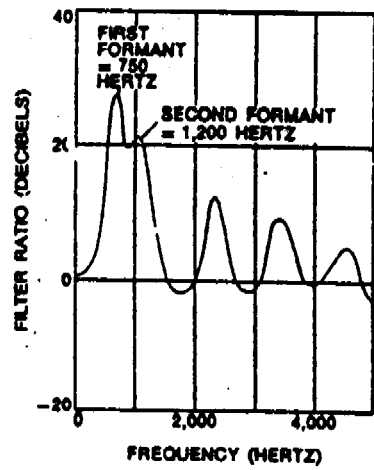
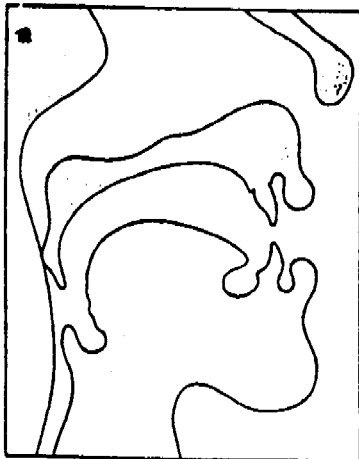
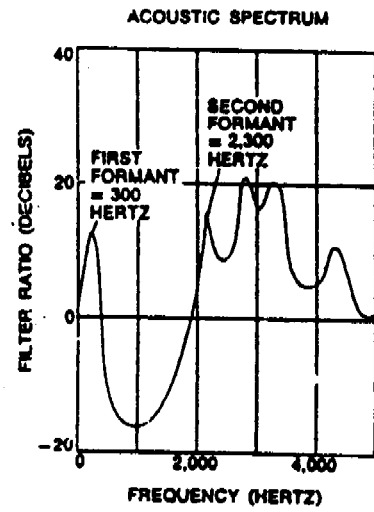
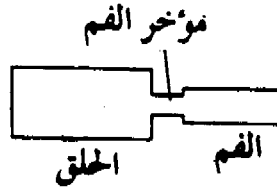
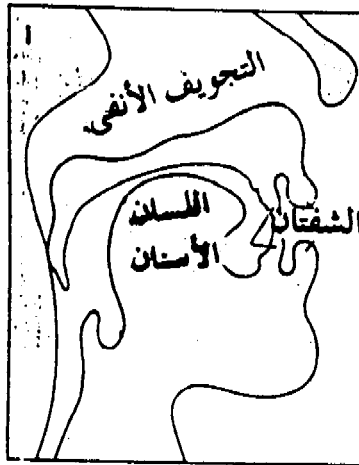
انظر الشكل (١٦ - ١٩)

مركز تحقيقات كميوتور علوم إسلامي

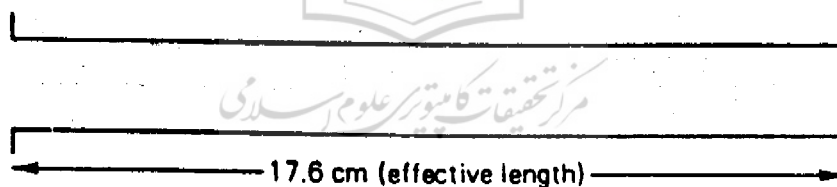
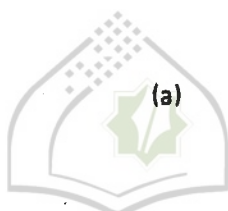
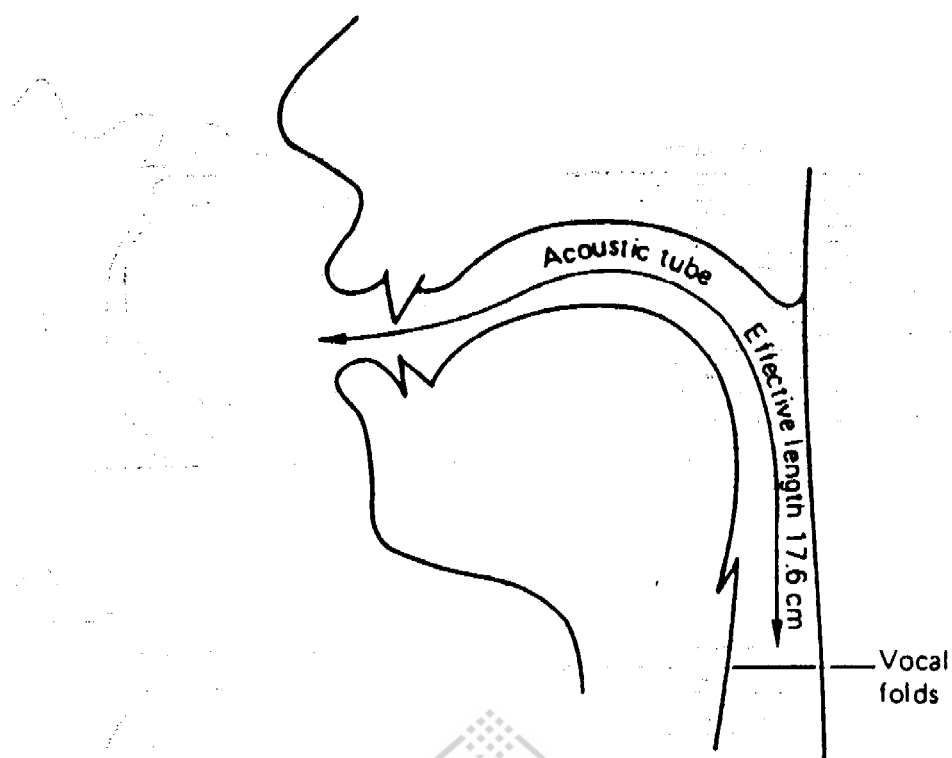


يبين الشكل مصدر الصوت والمصفاة في المر الصوتي فيما فوق الحنجرة. ونتيجة لمرور التردد الأساس في المصفاة تزداد شدة بعض الترددات وتتناقص في البعض الآخر وتخرج الصورة الطيفية التي تمثل الصائت القصير [ə] الذي يطلق عليه [شوا] ويشبه صويت القلقة في تلاوة القرآن الكريم.

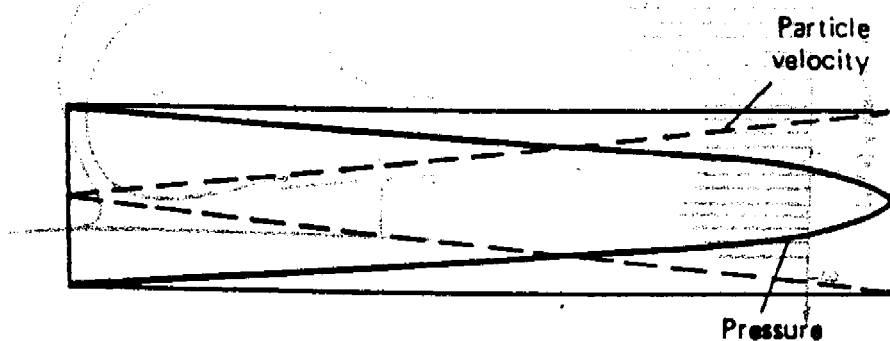
(شكل ٤)



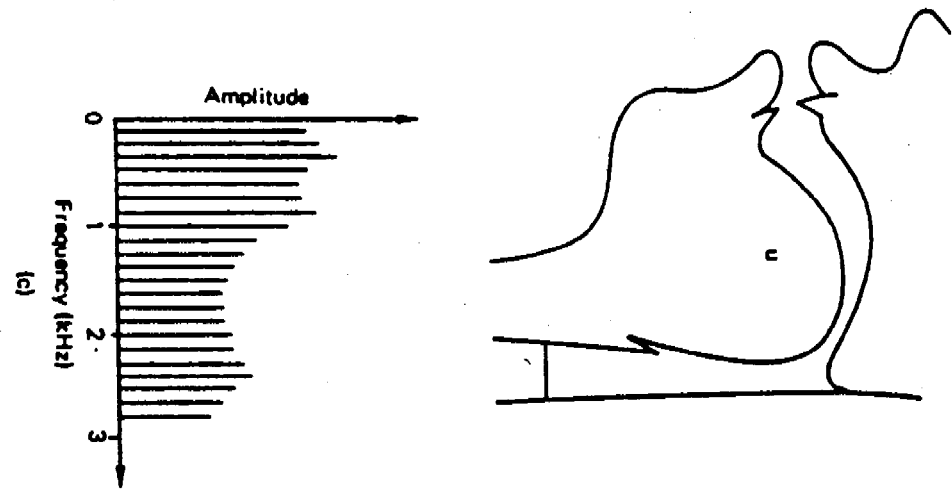
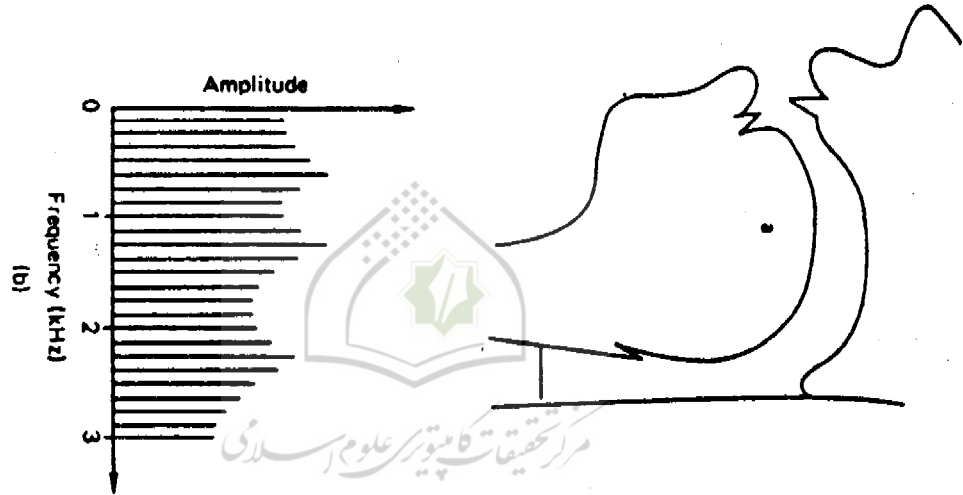
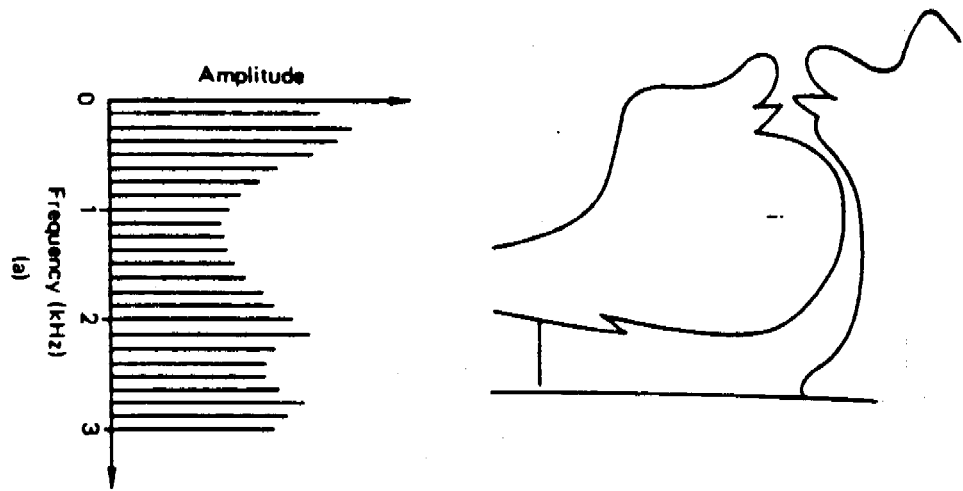
(شكل ٥)



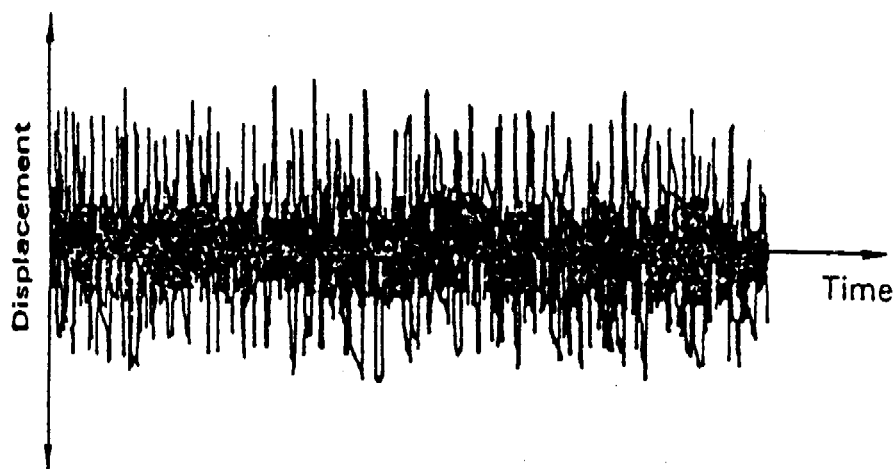
(b)



(شکل ۶)



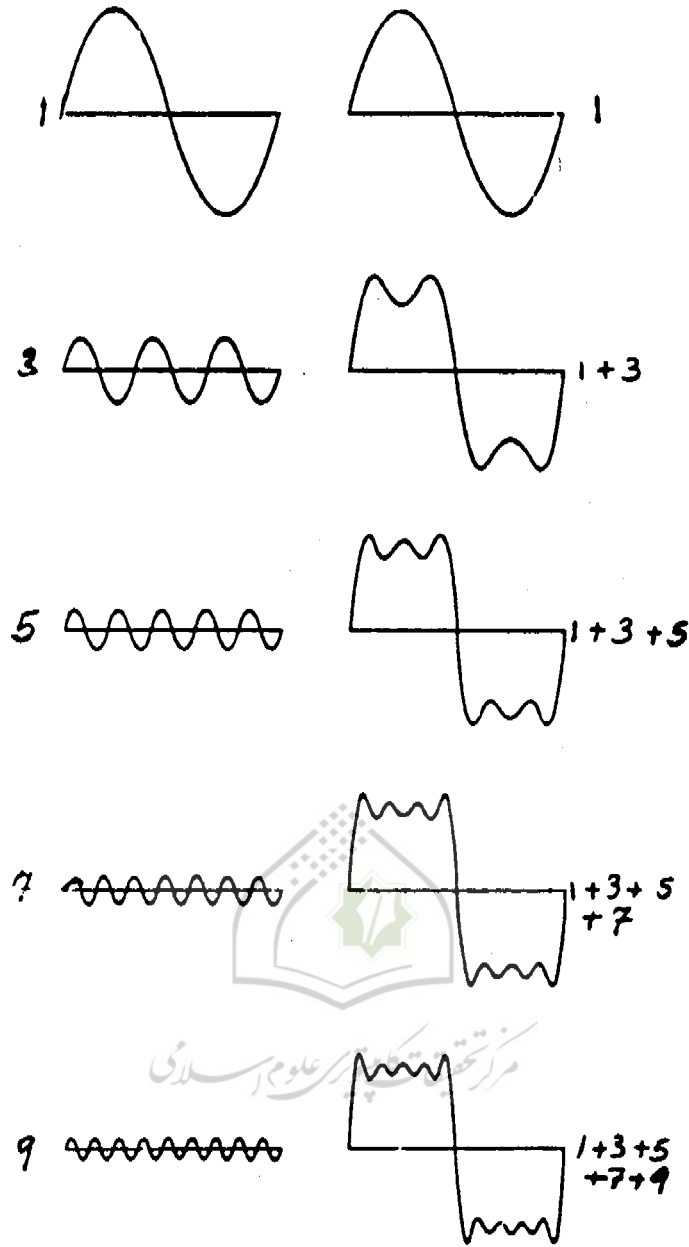
(شکل ۷)



(شکل ۸)

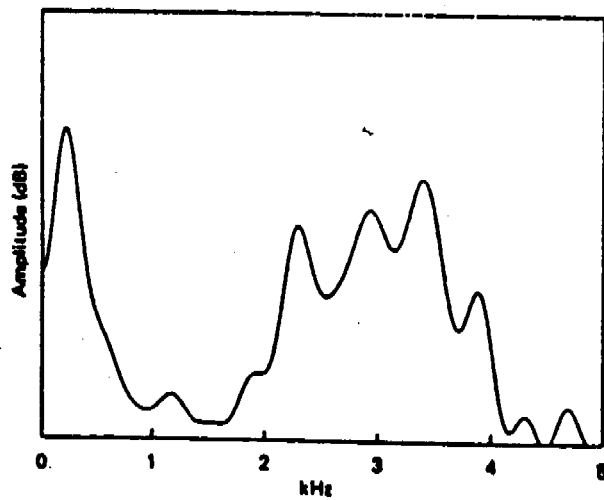
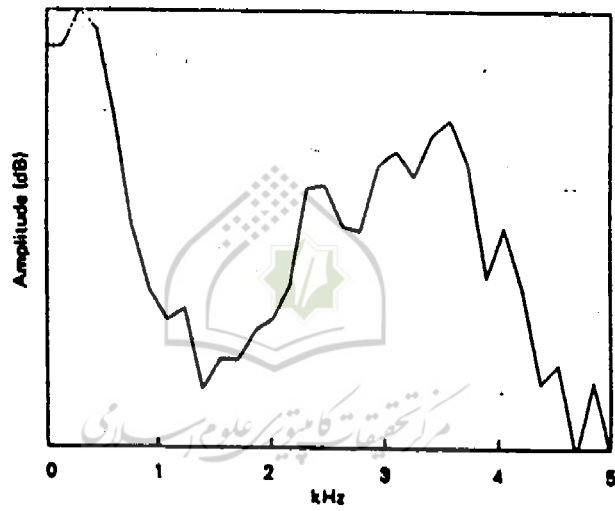
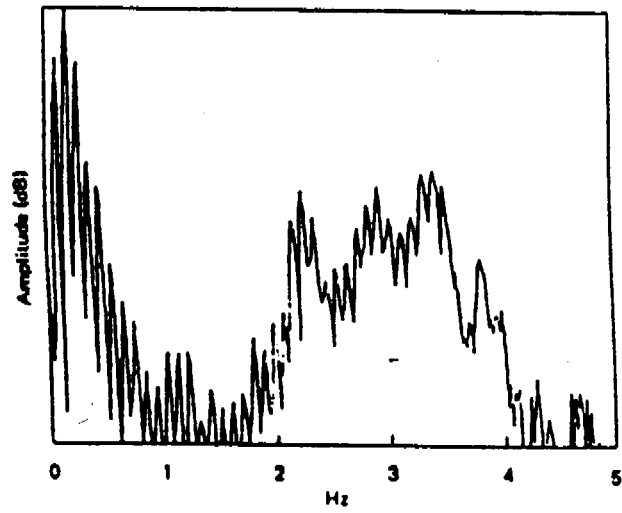


مرکز تحقیقات کامپیوتر علوم اسلامی

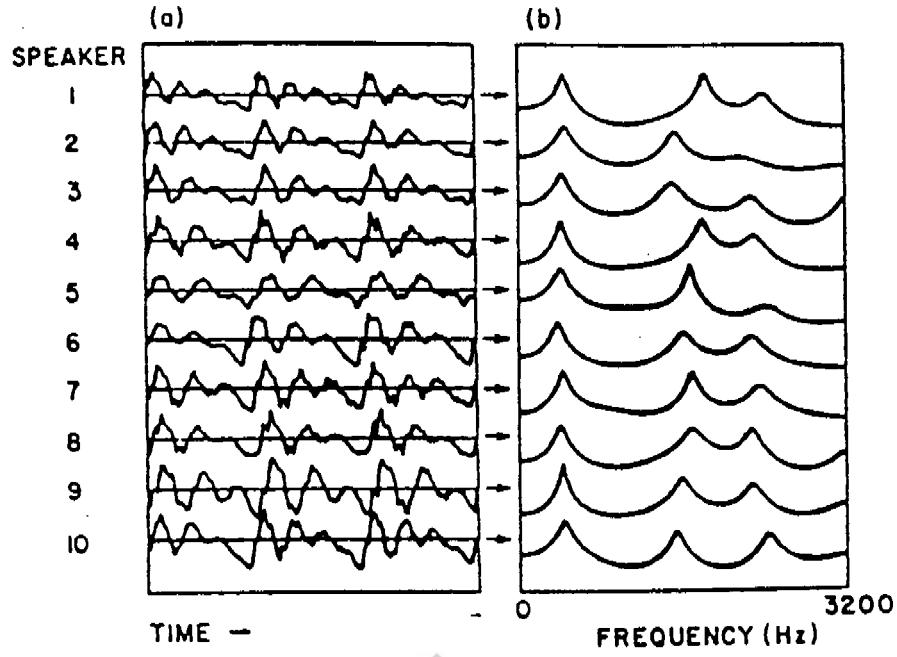


يبيّن تحليل فوريير أن الموجات الدورية المركبة هي حاصل جمع مجموعة من الموجات الجيبية. ويوضح هذا الشكل الموجات الجيبية على اليسار ومجموع تسلسلها على اليمين في موجات مركبة مع مراعاة التردد والسعة. وهذا دليل على أن الموجة الصوتية الكلامية هي مجموع التردد الأساس والترددات العليا التوافقية.

(شكل ٩)

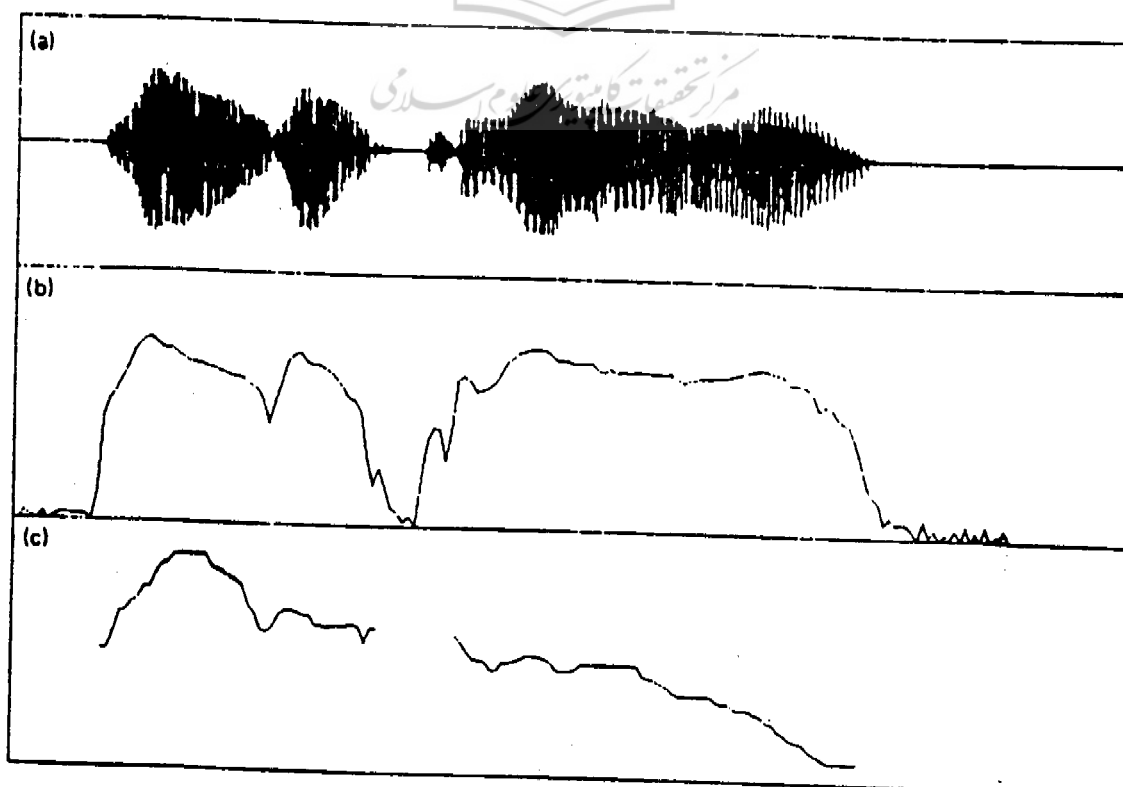
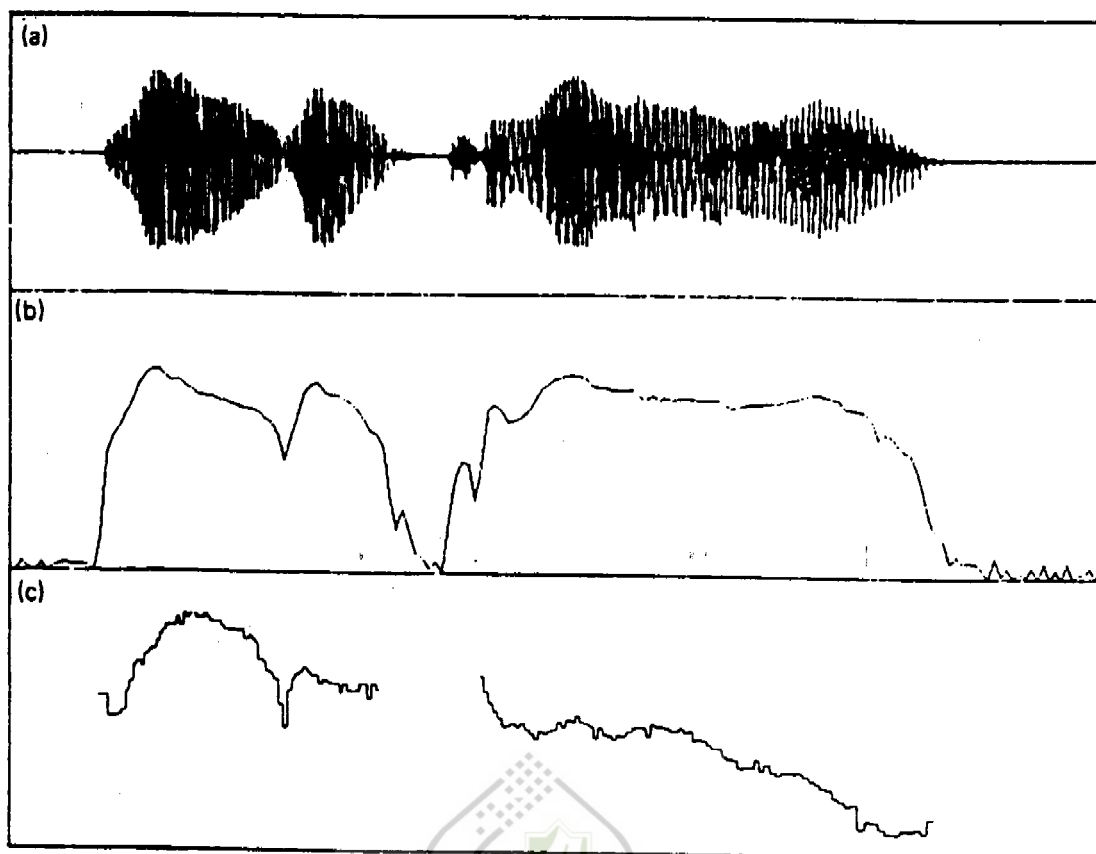


(شکل ۱۰)

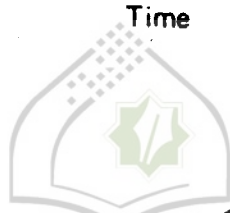
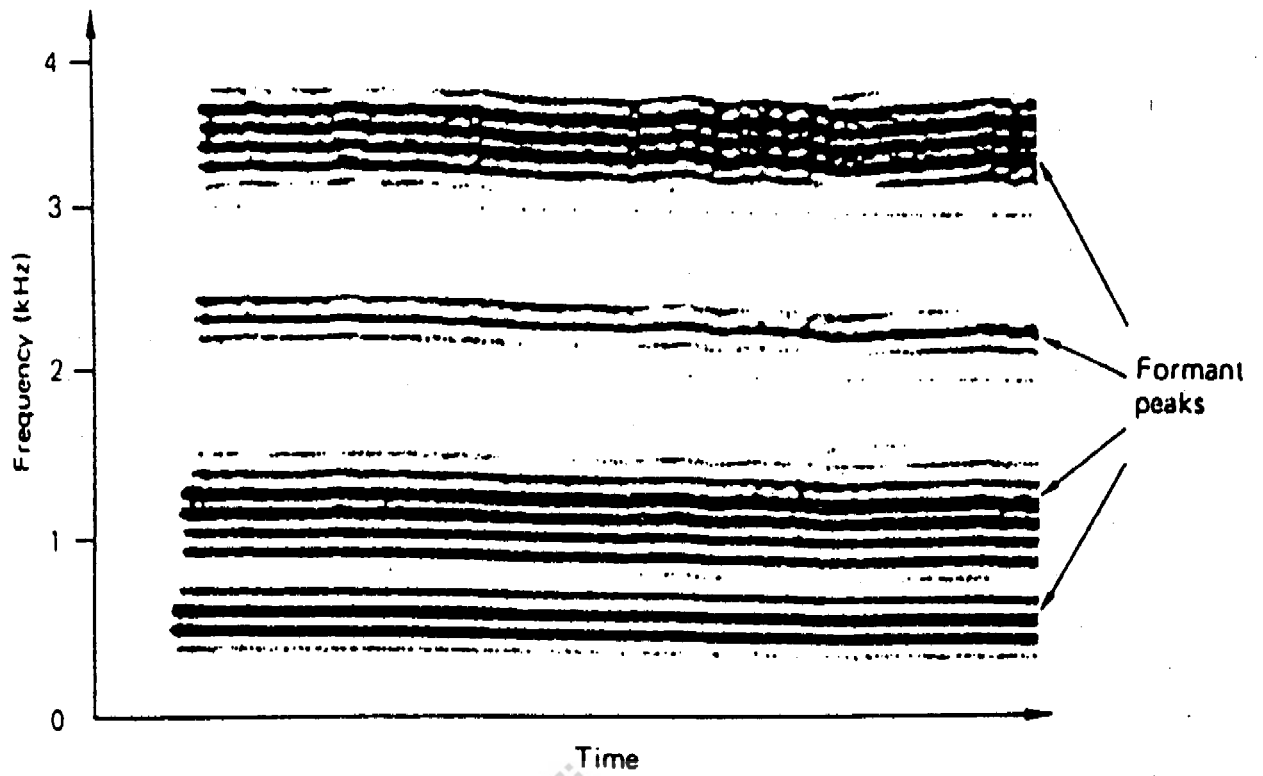


(a) Three pitch periods of the acoustic wave of the vowel /i/ from ten male speakers;
 (b) corresponding smoothed frequency spectra.

(شکل ۱۱)

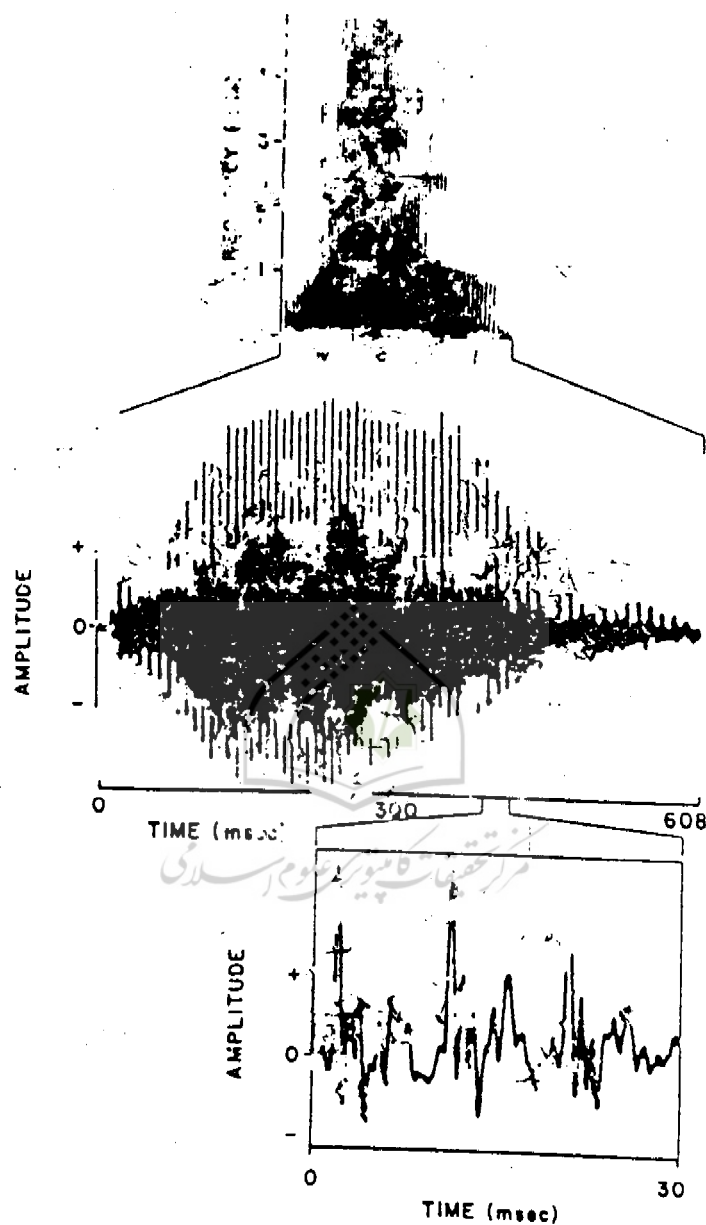


(شکل ۱۲)



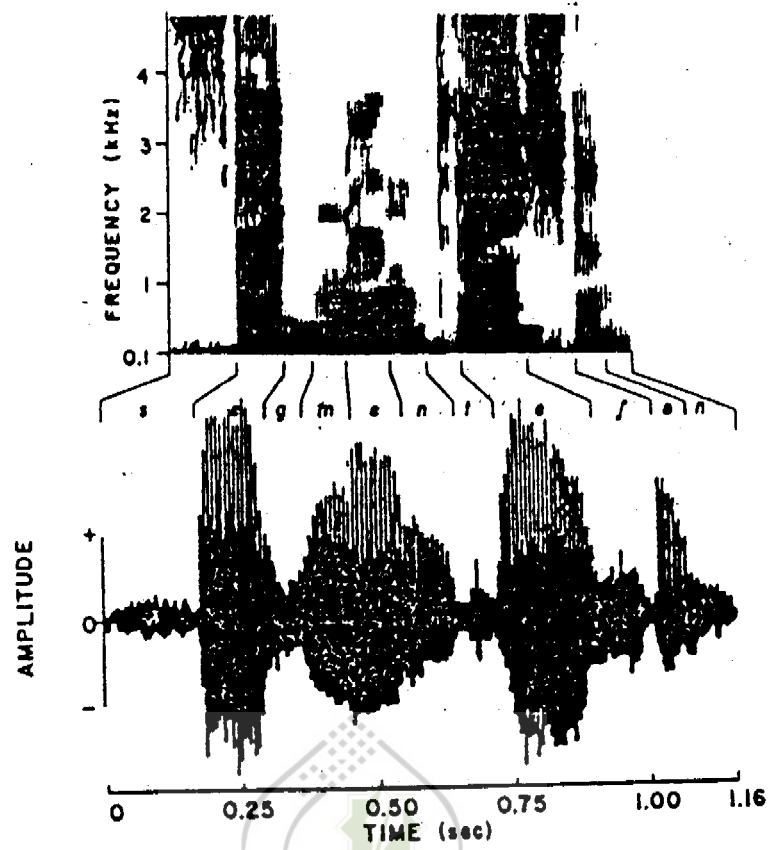
(شکل ۱۳)

مرکز تحقیقات کامپیوتر علوم اسلامی



Broad-band spectrogram of the CVC sequence /wEl/ and the corresponding acoustic wave plot. Segment boundaries become more ambiguous when all three sounds have similar properties.

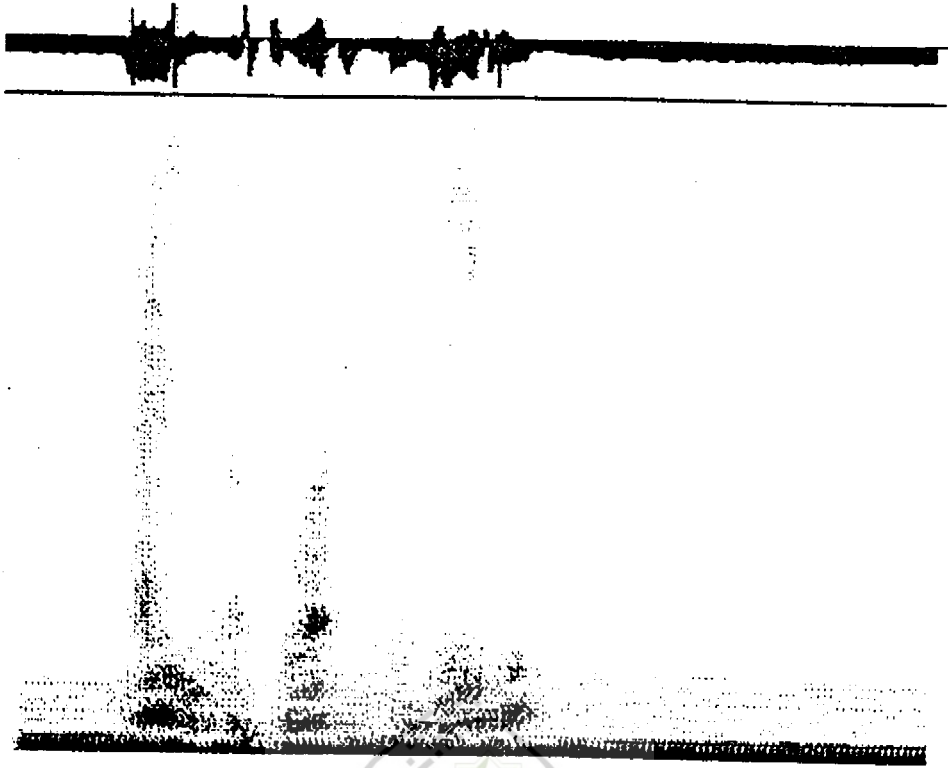
(شکل ۱۴)



The individual sound units of the word *segmentation* are visible on both a spectral representation and a display of the acoustic wave. Boundary points between sounds are not necessarily absolute.

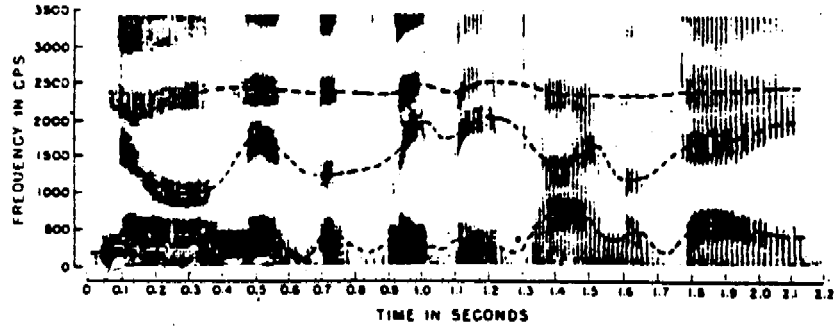
(شکل ۱۵)

صورة طيفية من Gram



للمنطوق التقريرى « علم الأصوات التجريبي » وهذا النوع من الصور
الطيفية لا يفرق ببدقية بين التقرير والاسطفهام

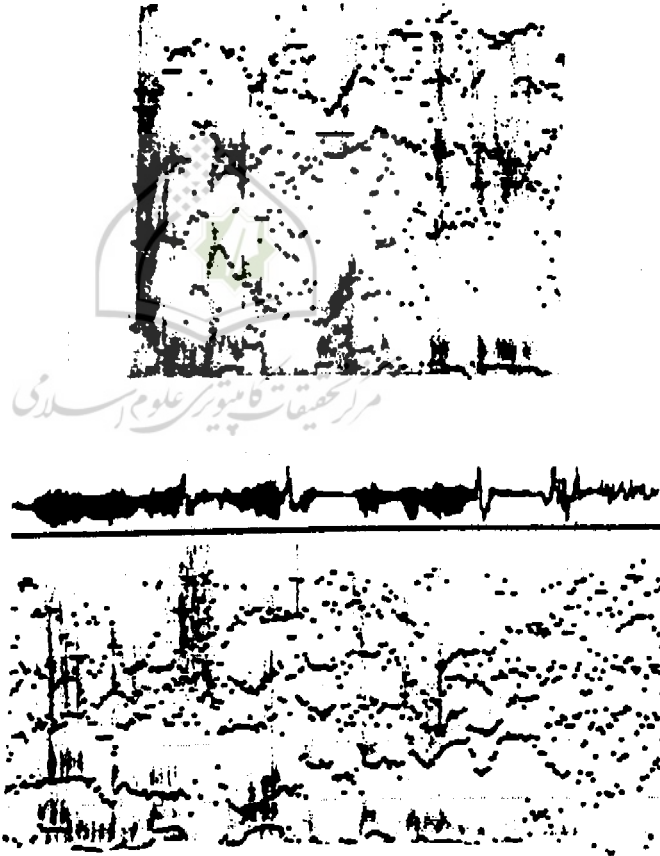
(شكل ١٦)



"NOON IS THE SLEEPY TIME OF DAY"

(أ) صورة طيفية يعلوها خطوط التنبؤ الخطي مبسطة جدا من كتاب
(Flanagan)

(ب) (١)



(٢) صورتان طيفيتان رماديتان تعلوهما خطوط التنبؤ الخطي المعقدة من
برنامج PCQuirer ، (ب ١) = تقرير و (ب ٢) = استفسار
للمنطوق «علم الأصوات التجريبي»

(شكل ١٧)

كتابخانه و مرکز اطلاع رسانی
معاونت و اداره المعارف اسلامی

Win

Title:

Length: 56416 bytes / 2.559secs

Sampling frequency: 22050Hz

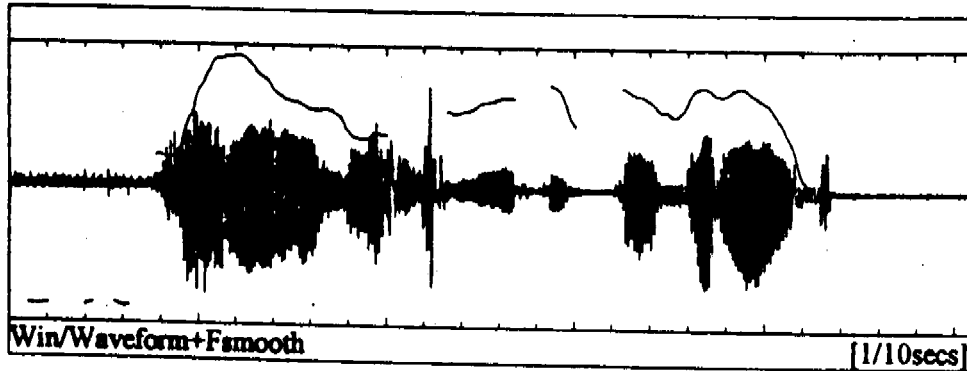
Date digitized: 1 July 1999 (+f)

Source: win.bmp

Calculation parameters: Calc range: 40-500Hz Voicing threshold: 20

Percent change: 10

Group size: 6



(أ)

Title:

Length: 65000 bytes / 2.948secs

Sampling frequency: 22050Hz

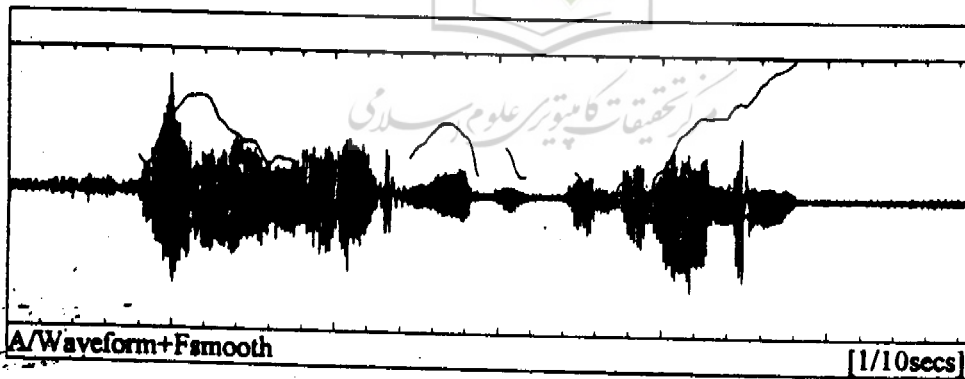
Date digitized: 1 July 1999 (+f)

Source:

Calculation parameters: Calc range: 40-500Hz Voicing threshold: 20

Percent change: 10

Group size: 6



(ب)

بيان التحليل الموجي يعلوه خط التنعيم الهابط في (أ) وخط التنعيم الصاعد

في (ب) للمنطوق : « علم الأصوات التجريبي » .

(شكل ١٨)

Win

Title:

Length: 56416 bytes / 2.559secs

Sampling frequency: 22050Hz

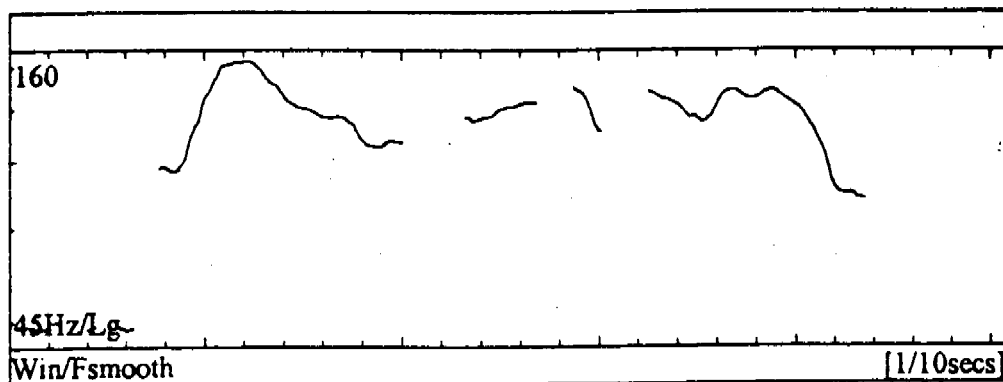
Date digitized: 1 July 1999 (+f)

Source: win.utt

Calculation parameters: Calc range: 40-500Hz Voicing threshold: 20

Percent change: 10

Group size: 6



(f)

Title:

Length: 65000 bytes / 2.948secs

Sampling frequency: 22050Hz

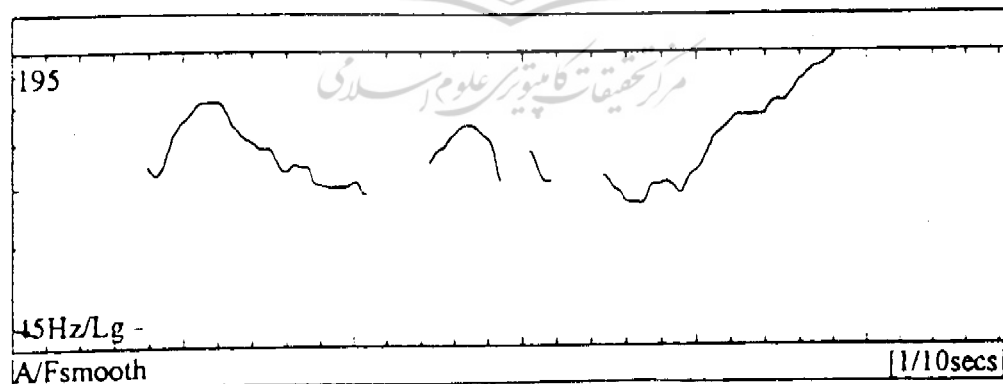
Date digitized: 1 July 1999 (+f)

Source:

Calculation parameters: Calc range: 40-500Hz Voicing threshold: 20

Percent change: 10

Group size: 6



(b)

بيان خط التنعيم (الكتور): تقرير في (أ)، استفهاما في (ب)

(علم الأصوات التجريبي)

(شكل ١٩)

REFERENCES:

- 1- Clark, J. and Yallop, C. (1995): An Introduction to Phonetics and Phonology, Blackwell Oxford UK & Cambridge USA .
- 2- Flanagan, J.L., (1972) Speech Analysis, Syntesis and Perception, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- 3- Fujimura, O.& Erickon, D. (1997): Acoustic Phonetics, In Hardcastle & Laver (eds.)
- 4 - Hardcastle, W.J. & Laver, J.(eds.) (1997): The Handbook of Phonetic Sciences, Backwell Publishers Oxord UK & Cambridge USA.
- 5 - Heath, O.V.S. (1970): Investigation by Experiment, ELBS and Edward Arnold Ltd., Great Britain.
- 6 - Holmes, J.N. (1988): Speech Synthesis and Recognition, Van Nostrand Reinhold (UK).
- 7 - Lass, Norman J. (1976): Current issues in Experimental Phonetics, Academic Press New York.
- 8 - Lindblom, Björn (1973): På väg till laboratoriet, CWK Geerup Bokförlag/Lund.
- 9 - Miller, G.A. (1981): Language and Speech, W.H. Freeman and Company San Francisco.
- 10 - Painter, Colin (1979): An Introduction to Instrumental Phonetics, University Park Press Baltimore.

- 11 - Rabiner, L.R. & Schafer, R.W. (1978): Digital Processing of Speech Signals, Prentice Hall Inc., Engle wood Cliffs New Jersey.
- 12 - Robinson, tony (1998): SPEECH ANALYSIS (Internet).
- 13 - Wakita, H. (1976): Instrumentation for the Study of Speech Acoustics. In Lass, N.J. (ed.)
- 14 - Wright, R., Frisch, S. and Pisoni, D. (1997): Research on Spoken Language Processing Progress Report No.21 Indiana University.

