کتابخانه و مرکز اطلاع رسانی
بنیاد دایرة المعارف اسلامی

۱۷

# علـوم اللغـة

## دراسات علمية مُحَكّمة تصدر أربع مرات فى السنة

## كتـــاب دوري

المجلد الخامس | العدد الأول | ٢٠٠٢

رئيس التحرير
أ.د. محمود فهمى حجازى (القاهرة)

نائبا رئيس التحرير
أ.د. سعيد حسن بحيرى (عين شمس)
أ.د. عمر صابر عبد الجليل (القاهرة)

مدير التحرير
د. مجدى إبراهيم يوسف (حلوان)

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی

المستشارون العلميون

أ.د. جوزيف ديشى (ليون ٢)
أ.د. حسن حمزة (ليون ٢)
أ.د. حمزة المزينى (الرياض)
أ.د. رئيف جورج خورى (هيدلبرج)
أ.د. السعيد محمد بدوى (الجامعة الأمريكية بالقاهرة)
أ.د. فولفديترش فيشر (ارلانجن)
أ.د. عبده على الراجحى (الاسكندرية)
أ.د. كمال محمد بشر (القاهرة)
أ.د. مانفرد فويدخ (أمستردام)
أ.د. محمد عونى عبد الرءوف (عين شمس)
أ.د. عبد الفتاح البركاوى (الأزهر)
أ.د. صلاح الدين صالح (بنى سويف)

شماره ثبت ۹۰۸۲۹

بسم الله الرحمن الرحيم


# علـوم اللغـة

## دراسات علمية مُحكَمة تصدر أربع مرات فى السنة

### كتاب دورى

مج٥ ، ع١ ٢٠٠٢



ⓒ 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 اختزانه في أى شكل من أشكال نظم استرجاع المعلومات ، إلا بأذن كتابى من الناشر .



**قيمة الاشتراك السنوى :**

| | |
|---|---|
| ٨٠ جنيهًا مصريا | (داخل جمهورية مصر العربية) |
| ٨٠ دولارا أمريكيا | (خارج جمهورية مصر العربية شاملا البريد) |

**سعر العدد :**

| | |
|---|---|
| ٢٠ جنيهًا مصريا | (داخل جمهورية مصر العربية) |
| ٢٠ دولارا أمريكيا | (خارج جمهورية مصر العربية شاملا البريد) |

**أسعار خاصة للطلبة :**

**المراسلات :**

توجه جميع المراسلات الخاصة إلى :

**دار غريب للطباعة والنشر والتوزيع**

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

تليفون ٧٩٤٢٠٧٩ فاكس ٧٩٥٤٣٢٤

# المحتويات


| البحوث | الصفحة |
|---|---|
| - التحليل الفيزيائي للكلام<br>أ. د. محمد صالح الضالع | ٩ |
| - الاتجاهات المعاصرة في علم الأصوات التجريبي<br>د. خالد السيد محمد رفعت | ٤٧ |
| - ظاهرة المد الفرعي في الأداء القرآني<br>دراسة تطبيقية للمدة الزمنية<br>د. أشرف عبد البديع عبد الكريم | ٨٩ |
| - Pragmatic and Linguistic problems in the translation of Naguib Mahfouz's the thief and the Dogs : Acase study.<br>*Ahmed - Sokarno Abdel-Hafiz* | ٣ |


مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی

# «الاتجاهات المعاصرة فى علم الأصوات التجريبى»

**خالد السيد محمد رفعت**

مدرس قسم علم الأصوات

كلية الآداب - جامعة الإسكندرية

## ١ - تعريف علم الأصوات التجريبى :

قد يكون من الضرورى فى بداية هذه المراجعة للاتجاهات المعاصرة فى علم الأصوات التجريبى أن نعرف هذا العلم ومجالاته . الضرورة يوجبها أمران : **الأول** عام وهو الغموض الذى يكتنف كثيرًا من المصطلحات التى تشير إلى مجالات العلم المختلفة - مثل تحديد علم الأصوات ومجالاته - أو إلى أجزائها ، **والثانى** خاص بتحديد مفهوم علم الأصوات التجريبى وموقعه بين تخصصات علم الأصوات .

وبالنسبة **للأمر الأول** - نعنى الغموض الذى يكتنف كثيرًا من المصطلحات التى تشير إلى مجالات العلم المختلفة - ليس غريبًا أن نجد حتى الآن اختلافًا فى تحديد علم الأصوات هل هو فرع من المعرفة[1] مستقل يُكون إلى جانب الفروع الأخرى المعنية باللغة ما يعرف بعلوم اللغة[2] أم هو جزء من علم اللغات أو اللغويات (Crystal, 1987, Hartmann and Stirk, 1976, Trask 1966) .

(1) Discipline .

(2) Linguistic Sciences .

يمتد الاختلاف أيضًا إلى تحديد مجالات علم الأصوات . الرأى الأول يرى هذا العلم قاصرًا على المجالات التى نجد وصفها فى كتب علم الأصوات التقليدية مثل ، (Abercrombie, 1978, Brosnahan and Malmberg, 1976, Catford, 1977, 1988, Clark and Yallop, 1995, Heffiner, 1969, Ladefoged, 1971, 1975, Laver, 1994, O'Connor, 1974, Roach, 1992) وهذه المجالات هى وصف وتحليل الأصوات اللغوية من النواحى النطقية[1] ، والفيزيائية أو الأكوستية[2] ، والسمعية أو الإدراكية[3] بالوسائل الكيفية[4] التقليدية بالنسبة لعلم الأصوات النطقى ، أو بالأجهزة العلمية التقليدية مثل جهاز التحليل الطيفى للصوت أو المطياف[5] بالنسبة لعلمى الأصوات الأكوستى والسمعى . وتضم هذه الكتب عادة وصفًا للأبجدية الصوتية الدولية[6] ومعايير وصف الصوامت[7] والصوائت[8] . وقد تذكر بعض الكتب الحديثة (Clark and Yallop, 1995) طرق التحليل الصوتى الأكوستى باستخدام الحاسب الآلى.

يرى **الرأى الثانى** أن علم الأصوات هو أصل لعدد من الفروع ، فيخصص مثلاً (Malmberg, 1968) فى كتابه المعروف فى مجال التخصص (Manual of Phonetics) إلى خمسة أجزاء تحتوى على ستة وعشرين مقالاً نجد مثيل هذا الرأى فى أعمال المؤتمر الدولى للعلوم الصوتية[9] والذى يشرف عليه أكبر علماء الأصوات فى العالم حيث يضم المؤتمر موضوعات متعددة، فبجانب الموضوعات التقليدية فى العلوم الصوتية نجد عناوين مثل : علم الأصوات الإكلينيكى[10] وعلم الأصوات

---

(1) Articulatory .
(2) Acoustic .
(3) Auditory .
(4) Qualitative .
(5) Spectrograph .
(6) International Phonetic Alphabet .
(7) Consonants .
(8) Vowels .
(9) International Congress of Phonetic Sciences .
(10) Clinical Phonetics .

الشرعى [١] ، علم الأصوات العصبى [٢] ، الفونولوجيا [٣] ، وعلم الأصوات الاجتماعى [٤] ، وتكنولوجيا الكلام [٥] . ومما يدل على سعة منظور هذا المؤتمر للعلوم الصوتية وجود موضوع اسمه «موضوعات أخرى» (Other) [٦] .

يرى رأى ثالث أن علم الأصوات هو جديل من ثلاثة جدل تكون علوم الاتصال الكلامى [٧] وهى بجانب علم الأصوات : هندسة اللغة المنطوقة [٨] ، وعلاج أمراض الكلام واللغة [٩] . صاحب هذا الرأى هو مجموعة الكلام (Speech Group) فى قسم اللغة واللغويات (Language and Linguistics) بجامعة إسكس (Essex) بالمملكة المتحدة برئاسة عالم الأصوات الشهير (Mark Tatham) . تعرض هذه المجموعة رأيها فى شبكة سقراط لعلوم الاتصال الكلامى [١٠] الموجودة على الشبكة الدولية للاتصالات [١١] (الإنترنت) والتى تضم فى عضويتها أشهر علماء الأصوات واللغويات فى أوروبا . وخيوط جديل علم الأصوات هى : علم الأصوات العام [١٢] ، وعلم الأصوات النطقى، وعلم الأصوات الأكوستى ، وعلم الأصوات الإدراكى أو السمعى، والفونولوجيا ، وعلم الأصوات الاجتماعى، ودراسة اللهجات [١٣]، واكتساب اللغة الأم

مركز تحقيقات كامپيوترى علوم اسلامى

---

(1) Forensic Phonetics .
(2) Neurophonetics .
(3) Phonology .
(4) Sociophonetics .
(5) Speeck technology .
(٦) انظر موقع المؤتمر الدولى الرابع عشر للعلوم الصوتية ١٩٩٩ (ICPHS99) على الشبكة الدولية (الإنترنت) : http://trill.berkeley.edu/ICPhS/frameless/call4paper.html .
(7) Speech communication sciences .
(8) Spoken language engineering . وسنتحدث عنها لاحقًا فى هذه الورقة
(9) Speech and language therapy .
(10) Socrates Thematic Network in Speech Communication Sciences .
(١١) انظر موقع الشبكة :
http://th-speech. essex.ac.uk/tn-speech
(12) General Phonetics .
(13) Dialectology .

أو الأولى [١] ، واكتساب اللغة الثانية ، وتكنولوجيا الكلام ، والوسائل والطرق [٢] ، وتدريب الأذن ، والكتابة الصوتية [٣] . جاء هذا التصنيف بناء على مسح فريد من نوعه أجرته هذه الشبكة على تعليم علم الأصوات فى أوروبا . فقد تم إرسال استبيان [٤] إلى مائتين وعشر مؤسسات أكاديمية فى أوروبا وبنيت النتيجة على ردود سبع وثمانين مؤسسة فى خمسة وعشرين بلدا أوروبيا [٥] .

**أما الرأى الرابع** (Bloothooft et al., 1995) فيرى أن علم الأصوات يكون إلى جانب علم الاتصال الكلامى القسمين الكبيرين لعلوم الكلام [٦] . ويتكون علم الأصوات بجانب التخصصات التقليدية من : الفونولوجيا ، ومعالجة الرسالة الكلامية [٧] ، وإنتاج الكلام الصناعى [٨] أو تصنيع الكلام ، والتعرف الآلى على الكلام [٩] ، والتنوع الصوتى [١٠] ، وأمراض السمع والكلام [١١] ، والغناء [١٢] ، والطرق والوسائل [١٣] ، ويرى (Fant 1998) أن علم الأصوات هو جزء من علم الكلام [١٤] الذى

---

(1) Firrst Language Acquisition .

(٢) Methods and Tools وهو فرع يضم تصميم التجارب والوسائل الرياضية والإحصائية المستخدمة والأجهزة العلمية .

(3) Ear Training and Transcription .

(٤) يمكن الرجوع إلى هذا الاستبيان فى الموقع التالى :
http://www.kgw.tu-berlin.de/TN-PHO.

(٥) يمكن الرجوع إلى نتائج هذا المسح ملخصًا على موقع الشبكة التالى :
http://th-speech. essex.ac.uk/th-speech/eurospeech97/vh.html
أو مفصلاً على الموقع التالى :
http://tn-speech. essex.ac.uk/tn-speech/project/grroups/tn-phon.html

(6) Speech Sciences .
(7) Speech Signal Processing .
(8) Speech Synthesis .
(9) Speech Recognition .
(10) Phonctic Variation .
(11) Speech and Hearing Pathology .
(12) Singing .
(13) Methods and Tools .
(14) Speech Science .

اصطبغ بالصبغة التقنية فى العقدين الأخيرين نتيجة للتطور التكنولوجى ودخول العلوم الهندسية بقوة فى هذا المجال .

لا نعتقد أن علم الأصوات فيما سبق يختلف عن كثير من - إن لم يكن كل - العلوم . فمن المعروف أن العلوم تتشابك فيما بينها فى علاقات يمكن تشبيهها بالدوائر المتقاطعة[1] أو المتداخلة فى كل دائرة يوجد جزء خاص بها لا تداخل فيه يمكن أن نسميه العلم الخاص[2] . أما المناطق المتداخلة أو البينية[3] فيشترك فى ملكيتها - إن صح التعبير - العلوم المتداخلة بنسب متساوية إذا افترضنا تماثل مساحة الدوائر أو يدعى علم ملكيته لها تبعًا لقرب هذه المناطق من المركز أو المنطقة الخالصة أو لنسبة مساحة هذه المنطقة البينية للمساحة الكلية إذا افترضنا اختلاف مساحات دوائر العلوم المختلفة ، فنجد مثلاً علم اللغة الاجتماعية أو اللغويات الاجتماعية وعلم الاجتماع اللغوى وعلم اللغة النفسى وعلم النفس اللغوى ونجد كذلك صراعًا - فى مصر وكثير من الدول الأخرى - بين الطب وعلم الأصوات على ملكية علم أمراض السمع والكلام[4] .

المنطقة البينية فى علم الأصوات منطقة كبيرة وكثيرًا ما يوصف علم الأصوات بأنه علم بينى بطبيعته (انظر مثلاً Bloothooft et al., 1995) تتنازعه علوم الطب ،

---

(1) Intersected .
(2) Proper .
(3) Interdisciplinary .

(٤) يسود رأى فى مصر وبلاد من العالم كثيرة يقول بأن العلوم الطبية البشرية أكثر أهمية من علوم كثيرة منها علم الأصوات . أسباب هذا الرأى أو الاتجاه كثيرة وقد يكون منها اتساع مساحة - كما يظن أصحاب هذا التخصص - دائرة هذا العلم ، وبالتالى ضرورة سيطرة علوم الطب على المناطق البينية - مثل علم أمراض السمع والكلام - مع العلوم الأخرى ذات الدوائر الصغيرة فى المقابل يرى علماء الأصوات أن علم السمع والكلام يقع فى منطقة أقرب إلى مركز دائرة هذا العلم من مركز دائرة العلوم الطبية وأن نسبة مساحة هذه المنطقة البينية الخاصة بعلم أمراض السمع والكلام للمساحة الكلية لدائرة علم الأصوات أكبر منها للمساحة الكلية لدائرة دوائر متساوية المساحة وأن المناطق البينية هى ملك مشترك بينها .

والفيزياء ، والعلوم الهندسية ، واللغويات التطبيقية والعامة والعلوم التربوية ، والعلوم الإنسانية مثل علم الاجتماع ، والأنثروبولوجى ، وعلم النفس وغيرها ، وقد يكون كلام (Ladefoged, 1975 b:v) وهو واحد من أشهر علماء الأصوات فى العالم معبرًا عن هذا بدقة حين كتب فى مقدمة كتابه: «يحتاج عالم الأصوات إلى مهارات أكثر مما أملك فقد أسس هذا الكتاب على تجارب شاركنى فيها اثنان من علماء الطب الفسيولوجى ، وعالم طب نفسى ، واثنان من مهندسى الاتصالات ...» . وكما نعتقد أنه من التطور الطبيعى للعلوم فإن المنطقة البينية تزداد بزيادة عمر هذا العلم ، وهذا ما نجده بالفعل حاليًا حيث يدرس علم الأصوات (باختلافات كمية وكيفية بالطبع) فى مؤسسات علمية متنوعة فى أوروبا وأمريكا بعد أن كان قاصرًا على مؤسسات العلوم الإنسانية فى الأربعينيات والخمسينيات (Hazan and Dommelen., 1997, Ladefoged, 1995) وما نجده بالتالى فى الأبحاث الصادرة عن هذه المؤسسات [1] المتنوعة فى علم الأصوات ، فنجد مثلاً فروقًا بين الأبحاث التى تصدر عن قسم اللغويات والصوتيات بجامعة لندن [2] وقسم الكلام والسمع والموسيقى فى المعهد الملكى للتكنولوجيات بالسويد [3] .

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی

حدد (Ladefoged, 1995) المناهج الأساسية أو الجوهرية [4] فى علوم الأصوات كالتالى : علم الأصوات النطقى ، وعلم الأصوات الأكوستى ، وإدراك الكلام [5] ، وتقنيات علم الأصوات التجريبى ، والمهارات الصوتية (يقصد بها المهارات العلمية فى تقييم ووصف الأصوات) ، وتصنيف الأصوات ووضع رموز لها . أكد هذا الرأى المسح الذى أجرته شبكة سقراط السابق ذكرها والتى حددت المناهج

---

(١) نقصد بالمؤسسات : الأقسام ، والمعهد ، والمعامل والمجموعات البحثية .

(٢) انظر موقع هذا القسم على الشبكة الدولية : http://www.phon.ucl.ac.uk

(٣) انظر موقع القسم على الشبكة الدولية : http://www.speech.kth.se

(4) Core courses .

(5) Speech Perception .

الأساسية بتلك التى تدرس فى ثمانين بالمائة من المؤسسات التى اشتركت فى المسح سوى اختلاف بالنسبة لعلم إدراك الكلام حيث لم يحظ بنفس اهتمام الفروع الأخرى . فى الواقع تمثل حصيلة هذين الرأيين ما نجده فى كتب علم الأصوات التقليدية (Abercrombie, 1978, Brosnahan and Malmberg, 1976, Catfoed, 1977, 1988, Clark and Yallop, 1995, Heffner, 1969, Ladefoged, 1971, 1975a, Laver, 1994, O'Connor, 1974, Roach, 1992) .

وإذا اتفقنا فى الرأى مع (Ohala, 1997) من أن العلوم تتحدد ليس بالوسائل التى تستخدمها أو الإجابات التى تقدمها وإنما بالأسئلة والقضايا التى تطرحها ، فإن علم الأصوات الخالص يمكن أن يتحدد فى القضايا والأسئلة التى تطرحها المجالات المذكورة فى الفقرة السابقة . يلخص (Ohala, 1997) هدف علم الأصوات الخالص فى اكتشاف ووصف الأصوات اللغوية من الناحية النطقية ، والأكوستية ، والسمعية أو الإدراكية .

أما بالنسبة **للأمر الثانى** وهو تحديد مفهوم علم الأصوات التجريبى وموقعه بين تخصصات علم الأصوات المختلفة فالمسألة لا تقل فى غموضها عن الأمر الأول . وفى الحقيقة فعندما شرعنا فى تحديد هذه النقطة وجدنا أنفسنا نطرح سؤالاً وهو : وهل هناك علم أصوات غير تجريبى ؟ يدعونا إلى هذا السؤال عدة دواع : الأول نظرى بحت ويتعلق بمفهوم التجريب[1] فى العلوم الإنسانية وطبيعة علم الأصوات ، والثانى تاريخى يتعلق بنشأة وتطور علم الأصوات ، والثالث واقعى يتعلق بتواجد مصطلح «علم الأصوات التجريبى»[2] ومفهومه فى الكتب ، والأبحاث ، والمؤسسات العلمية ، والمؤتمرات العلمية ، والمناهج الدراسية المعنية بعلم الأصوات .

أولاً وتبعًا لتعريف (Plutchik, 1974:29) للدراسات التجريبية بأنها الدراسات التى يكون فيها تحكم - بالتغيير أو التثبيت - لأى حالة أو متغير من متغيرات

---

(1) Experimentation .

(2) Experimental Phonetics .

الدراسة . يؤكد (Plutchik, 1974:29) أيضًا على أن الدراسة التجريبية لا تكون بالضرورة دراسة آلية [1] أو معملية بل إن الطبيعة قد تعطينا ظروفًا تجريبية مثل التوائم [2] ، والحروب ، والكوارث ، ومعسكرات التركيز [3] والسجون وغيرها بناء على هذا فإننا لا يمكن تصور دراسة صوتية لا يكون فيها هذا التحكم بأى قدر قليل أو كبير ، فمثلاً إذا استحضرنا أبسط دراسة صوتية ممكنة وهى أخذ عينة كلامية من متكلم ووصفها وصفًا صوتيًا ذاتيًا [4] سماعيًا فإن علم الأصوات لابد أن يضع المتكلم فى ظروف غير طبيعية كأن يطلب منه نطق أصوات أو كلمات أو جمل محددة أو أن يدفعه لنطق المطلوب بطرق مصطنعة ولابد للمتكلم أن يتكلم ببطء كاف لعالم الأصوات حتى يستطيع أن يتعرف على الأصوات وأن يكتبها بالكتابة الصوتية . فكما يقول (Catford, 1977:119) فإنه لا يمكن معرفة الأصوات من النطق السريع الضعيف . ومن المعروف أن أغلب الأبحاث الصوتية قائمة على ما يعرف بالكلام الدقيق أو الحريص [5] الذى يتسم بالبطء بعض الشىء .

تلتصق صفة التجريبية بعلم الأصوات أيضًا نتيجة لطبيعته حيث إنه يعمل فى ظاهرة طبيعية مما جعل البعض يقربه من العلوم الفيزيائية أكثر من العلوم الإنسانية . لا يمكن إذًا وصف تخصصات علم الأصوات - إذا التزمنا بصرامة بالمعيار النظرى السابق - بالتجريبية وغير التجريبية وإنما تمثل التجريبية مقياسًا فى أدناه الدراسات الأقل تجريبية مثل الدراسات السماعية الوصفية التى ذكرناها سابقًا فى هذه الفقرة، وفى أعلاه الدراسات الأكثر تجريبية مثل تصنيع الكلام أو فى قول آخر إن التجريبية مقدار يزيد وينقص لكنه لازم لجميع الدراسات فى علم الأصوات . أما إذا أردنا

---

(1) Instrumental .

(٢) كان التوأم البشرى مصدرًا لكثير من الأبحاث فى اللغة والكلام ، ويمكن الرجوع لببليوجرافيا هذه الأبحاث على الموقع التالى :

http://ling.ohio-state.edu/~kjohnson/twinbib.html

(3) Concentration camps .

(٤) subjective ، فى مقابل موضوعى ويقصد بها الوصف السماعى دون الاستعانة بأى أجهزة علمية .

(5) Careful speech .

تصنيف تخصصات علم الأصوات التجريبية وغير التجريبية فيجب أن نحتكم إلى معايير أخرى غير المعيار النظرى السابق .

ثانيًا يدلنا تاريخ علم الأصوات وتطوره على شدة التصاق صفة التجريبية بهذا العلم . فعندما يحدد نشأة هذا العلم يذكر على الفور (Abbé Pierre-Jean Rousselot) أبرز مؤسسى هذا العلم الذى يطلق عليه فى نفس الوقت أبو علم الأصوات التجريبى (Ohala, 1997) ومخترع جهاز راسم الحركة (Kymograph) الذى ظل لفترة طويلة من أهم الأجهزة العلمية الصوتية . أيضًا ارتبطت الطفرات التى حدثت فى علم الأصوات بتطور تكنولوجيا تطبيقات العلوم الرياضية والفيزيائية أو بمعنى آخر بتطور[1] المادة الصوتية الخام بما تحمله المعالجة من تحكم التى هى صفة التجريبية الرئيسية . حدثت الطفرة الأولى باختراع جهاز تحليل الأصوات الطيفى أو المطياف سنة ألف وتسعمائة وخمس وأربعين (Baken and Daniloff, 1991:vii) أما الطفرة الثانية فكانت فى أوائل السبعينيات حيث ظهر الحاسب الآلى الصغير عالى الإمكانيات الذى يستطيع معالجة المادة الصوتية فى تطبيقات قوية وبتكلفة معقولة فى نفس الوقت تمت حسابة[2] علم الأصوات على حد تعبير (Fant, 1983) ، وأصبحت كل التحليلات الصوتية تتم بواسطته وفتح الطريق أمام مرحلة جديدة فى علم الأصوات التجريبى والتى نتجت عن تدخل العلوم الرياضية والهندسية بقوة فى دراسة الأصوات وأثمرت نماذج رياضية ، وخوارزميات[3] تعالج المادة الصوتية بشكل لم يكن معهودًا من قبل (سنتحدث عنها بالتفصيل لاحقًا) . الحق كما نرى أن المراجع للبحث فى علم الأصوات سيخلص غالبًا إلى الاستنتاج بترادف «علم الأصوات» و«علم الأصوات التجريبى» .

---

(1) Processing .

(٢) Computerization استخدمنا هذا المصدر على اعتبار ترجمة (Computer) بالحاسب ، وتجنبنا لفظة «حوسبة» التى تستخدم فى هذا المجال بكثرة .

(3) Algorithms .

ثالثًا فيما يتعلق بعلم الأصوات التجريبى فقد حاولنا أولاً رصد تواجد مصطلح «علم الأصوات التجريبى» فى عناوين الكتب والأبحاث فى عدة قواعد للبيانات[1] . كما يبدو من نتيجة هذا البحث (الملحق الأول) فإنه يوجد ستة عشر كتابًا بالإنجليزية ، وثمانية باللغات الروسية ، والألمانية ، والأسبانية ، وأربع أوراق علمية تحمل هذا المصطلح فى عناوينها . أما قلة عدد الأوراق العلمية فهو مفهوم لدينا حيث لا تحمل الأوراق العلمية عادة فى عناوينها أسماء الفروع الرئيسية فى العلم . ولكننا نرى أن عدد الكتب قليل خاصة أن هذه القائمة تبدأ بأول كتاب يحمل هذا الاسم «علم الأصوات التجريبى» وهو الخاص بمؤسس علم الأصوات التجريبى (Rousselot, 1901) وتنتهى بكتابى (Hayward, 1996, Lass, 1996) أى أنها تغطى ما يقرب من قرن . كذلك نجد

---

(١) أجرى البحث فى قواعد البيانات التالية :

http://www,aspensys.com/ERIC/

MELVYL Catalog شبكة مكتبات جامعة كاليفورنيا بجميع فروعها على الموقت التالى :

http://192.35.215.185/mw/mwcgi.mb

مكتبة الكونجرس الأمريكية على الموقع التالى : http://lcwen.loc.gov/cgi-bin/zgate

مكتبة أمازون على الموقع التالى : http://www.amazon.com

قاعدة بيانات (GLADIS) بجامعة (Berkeley) على الموقع التالى :

http://sunsite2.berkeley. edu: 8000

قاعدة بيانات (BIOMEDNET) على الموقع التالى : http://www.biomednet.com/db/medline

قاعدة بيانات (Book Finder) على الموقع التالى : http://www.bookfinder.com

قاعدة بيانات (STEB; Scientific and Technical Egyptian Bibliographic Database) على الموقع التالى : http://www.sti.sci.eg/

قاعدة بيانات (IRIS; Rutgers University Libraries' Information System) على الموقع التالى : http://www.iris. rutgers.edu

قاعدة بيانات (LIBRIS; Catalog of Swedish Libraries) التى تحوى جميع مكتبات السويد الأكاديمية على الموقع التالى : http://www.libris.kb.se/english/home.html

فى القائمة التى وضعتها شبكة سقراط السابق ذكرها للكتب التى تدرس فى المؤسسات الأكاديمية الأوروبية فى علم الأصوات (الملحق الثانى) ثلاثة كتب فقط فى القائمة التى جمعناها (الملحق الأول) (Lass, 1996, Lindner, 1969, Llisterri, 1991) . هذا العدد القليل من الكتب الأساسية كما نفهم يدلنا على عدم نجاح هذا التصنيف «علم الأصوات التجريبى» فى تكوين بناء نظرى يجعل له الشخصية المتميزة الواضحة .

بحثنا ثانيًا عن المؤسسات الأكاديمية التى تحمل اسم هذا المصطلح ووجدنا مجموعة علم الأصوات التجريبى (Experimental Phonetics Group) بجامعة شتوتجارت بألمانيا وشعبة علم الأصوات التجريبى بقسم علم الأصوات واللغويات بجامعة لندن (University College London) حيث توجد وظيفة أستاذ كرسى فى علم الأصوات التجريبى عمل بها لفترة طويلة عالم الأصوات الشهير (Fourcin) .

ثالثًا وجدنا فى البحث فى قاعدة البيانات الخاصة[1] بمناهج علم الأصوات والاتصال الكلامى فى أوروبا التابعة لمشروع (Erasmus) - وهو مشروع شبيه بمشروع شبكة سقراط السابق ذكرها فى نفس القسم بجامعة اسكس ولكنه سابق عليه - تسعة عشر منهجًا فى علم الأصوات التجريبى فى مرحلتى ما قبل التخرج والدراسات العليا فى إحدى عشرة مؤسسة (انظر نتائج البحث فى الملحق الثالث) . نستطيع أن نتقدر قلة عدد وانتشار هذه المناهج إذا علمنا أن قاعدة البيانات هذه مبنية على معلومات من أغلب - إن لم يكن جميع - المؤسسات الأكاديمية المعنية بتدريس علم الأصوات فى جميع البلدان الأوروبية وعددها مائة وتسع وستون مؤسسة وأن عدد المناهج فى هذه القاعدة أكثر من خمسمائة منهج . قد يكون هذا سببًا فى عدم جعل علم الأصوات التجريبى قسمًا أو تخصصًا مستقلاً من علم الأصوات فى المناهج الأساسية التى وضعها هذا المشروع فى علم الاتصال الكلامى بناء على قاعدة البيانات المذكورة (انظر الملحق الرابع) . فلم يرد مصطلح «التجريبى» سوى كجزء من علم

---

(١) يمكن الرجوع لقاعدة البيانات هذه على الموقع التالى :

http://www.kgw.tu-berlin.de/~mengel/eraschoice.html

إنتاج الكلام ، علم الأصوات الأكوستى ، وعلم الأصوات السمعى أو الإدراكى ، واكتساب اللغة الثانية .

أما بحثنا فى الشبكة الدولية فأسفر عن العثور على مناهج لعلم الأصوات التجريبى فى قسم اللغويات (Texas at Austin) [١] ، وقسم اللغويات بجامعة (Wisconsin) [٢] ، وقسم التعليم الخاص ، شعبة اضطرابات التخاطب [٣] بجامعة (Murray) [٤] ، وقسم اضطرابات التخاطب بجامعة (Auburn) [٥] ، وقسم اللغويات بجامعة (Florida) [٦] ، وقسم اللغويات بجامعة (Alberta) [٧] ، وقسم اللغويات بجامعة (California, Los Angeles) [٨] ، وقسم علوم الكلام والسمع بجامعة (Indiana) [٩] ، وقسم علم الكلام والسمع بجامعة (Illinos at Urbana Champaign) [١٠] .

رابعًا بالنسبة للمؤتمرات والندوات العلمية ، فقد بحثنا فى قاعدتين للمعلومات [١١] متخصصين فى هذا الشأن ولم نجد فيهما منذ ١٩٩٠ وحتى ٢٠٠٤ مؤتمرًا يحمل فى عنوانه «علم الأصوات التجريبى» .

---

(١) انظر موقع القسم على الشبكة :
http://www.utexas.edu/student/registrar/cat.../lin.crs.htm

(٢) انظر موقع القسم على الشبكة :
http://server.ling.wisc.edu/facstaff/urnell/561.s99.html

(3) Communication Disorders .

(٤) انظر موقع القسم على الشبكة : http://mick.murraystate.edu/edu/cdi615.htm

(٥) انظر موقع القسم على الشبكة : http://www.auburn.edu~fitchjl/index.html

(٦) انظر موقع القسم على الشبكة : http://web.lin.ufl.edu/bro9/.htm

(٧) انظر موقع القسم على الشبكة :
http:///www.registrar.ualberta.ca/previous/1.../211/142/htm

(٨) انظر موقع القسم على الشبكة : http://www.icsl.ucla.edu/~spapl/courses.html

(٩) انظر موقع القسم على الشبكة :
http://www.indiana.edu/~sphsdept/syllabi/f.../fallsy.htm

(١٠) انظر موقع القسم على الشبكة :
http://www.uius.edu/admin_manual/Courses/C_/SPSHS400.htm

(١١) انظر الموقعين التاليين على الشبكة : http://www.clark.net/pub/royfc/confer.html
و http://linguistlist.org/issues/master.html

مصطلح «علم الأصوات التجريبى» إذًا ليس متواجدًا بكثرة على الساحة الأكاديمية - إذا جاز التعبير - وأيًّا كان تفسيرنا لقلة هذا التواجد فلابد لنا من تحديد لمفهومه من واقع استخدامه .

سنلخص التفصيلات الكثيرة فى هذا الشأن فى الاتجاهات العامة التالية :

١ - الاتجاه الأول يعرف علم الأصوات التجريبى كعلم جامع لكثير من تخصصات علم الأصوات ليصبح فى الحقيقة هذا المصطلح مرادفا لعلم الأصوات . يظهر هذا المفهوم فى التنوع الشديد فى تحديد المناهج الدراسية التى تحمل هذا الاسم فقد يكون المحتوى يماثل ما نعرفه عن علم الأصوات النطقى[١] أو علم الأصوات الأكوستى والسمعى[٢] أو علم الأصوات بصفة عامة[٣] . وقد يكون أوضح مثال على هذا الرأى كتاب (Lass, 1976) المعنون : «الاتجاهات المعاصرة فى علم الأصوات التجريبى» حيث تضم فصوله الثلاثة عشر أغلب الموضوعات المعروفة فى علم الأصوات .

٢ - الاتجاه الثانى يعرف علم الأصوات التجريبى بأنه علم الأصوات الآلى[٤] إما ضمنيًّا (Brosnahan and Malmberg, 1976:143, Catford, 1977, Ladefoged, 1975b, Malmberg, 1968:502, Morton 1984) أو صراحة[٥] (Painter, 1979) . على الرغم من أن هذا الاتجاه يأخذ معيارًا عمليًّا واضحًا فى تحديد مفهوم علم

---

(١) انظر مثلاً موقع قسم علم الكلام والسمع بجامعة (Illinois at Urbana Champaign)
http://www.uiuc.edu/admin_manual/Courses/C_../SPSHS 400.htm

(٢) انظر مثلاً موقع قسم اللغويات بجامعة (Florida): http://web.lin.ufl.edu/bro9/.mtm

(٣) انظر مثلاً موقع قسم اللغويات بجامعة (Alberta) :
http://www.registrar. ualberta. ca/previous/a.../211.142.htm

(4) Instrumental Phonetics or Machine Phonetics .

(٥) مقدمة فى منهج تعليمى عن تحليل الكلام فى موقع الشبكة التالى :
http://www.ling.lu.se/research/speechtutorial/tutorial.html
http://lings.ln.man.ac.uk/html/mcb/expphon.html
http://www.auburn.edu/~fitchil/index.html
http://www.icsl.ucla.edu/~spapl/courses.html

الأصوات التجريبى إلا أنه لا يضيق مساحة هذا العلم أكثر من الاتجاه الأول حيث إنه من المستحيل الآن عمل أى دراسة فى علم الأصوات دون أن تكون آلية . كذلك ارتبط علم الأصوات وتاريخ تطوره إلى حد كبير بتطور الأجهزة العلمية كما ذكرنا سابقًا مما يصبغ علم الأصوات بصفة عامة بهذه الصبغة الآلية .

٣ - الاتجاه الثالث الذى يمثله أحسن تمثيل (Hardcastle and Laver, 1997)[١] فيقصر علم الأصوات التجريبى على الوسائل والإجراءات اللازمة لعمل الدراسات التجريبية التى تشمل الأجهزة العلمية وطرق استخدامها وتفسير نتائجها ، والترتيبات اللازمة لأخذ العينة اللغوية واختيار أفراد البحث وعددهم وأنواع التصميم التجريبى تبعًا لنوع الظاهرة المدروسة والطرق الرياضية والإحصائية لمعالجة البيانات الأصواتية .

كما يبدو فإنه إذا أردنا عرضًا للاتجاهات المعاصرة فى علم الأصوات التجريبى فإنه علينا أن نعرض لعدة أوجه مقسمة تبعًا للمعايير التالية :

١ - التخصص أو الموضوع (علم الأصوات النطقى ، وعلم الأصوات الأكوستى ، وعلم الأصوات السمعى أو الإدراكى) .

٢ - الأجهزة العلمية .

٣ - النماذج الرياضية للتحليل والمعالجة .

أما بالنسبة للوسائل الإحصائية فلن نعرض لها حيث إنها عامة بين جميع العلوم ولا يوجد بها شىء خاص بعلم الأصوات وكذلك الحال بالنسبة لعلم تصميم التجارب حيث لا يوجد به أيضًا شىء خاص بعلم الأصوات .

---

(١) انظر أيضًا شرحًا واضحًا لهذا المفهوم فى ملخص منهج (Experiments in Spoken Language) على الموقع التالى :

http://speech.essex.ac.uk/speech/teaching/lg 30/1g 30/-87-1 1.htm 1

## ٢ - الاتجاهات المعاصرة فى علم الأصوات التجريبى :

### ٢ - ١ هدف علم الأصوات التجريبى :

مازال علم الأصوات التجريبى فى سعى دائم منذ نشأته للإجابة عن سؤال مهم هو : ماذا يفعل الإنسان لكى ينتج ويدرك الكلام واللغة ؟ أو فى قول آخر ما العمليات التى تجرى فى مخ الإنسان أثناء إنتاج وإدراك اللغة والكلام ؟ أدرك علماء الأصوات منذ فترة طويلة أن البيانات الصوتية الأكوستية أو النطقية للكلام ليست هى العمليات الإدراكية التى تجرى فى مخ الإنسان وهو ما عبر عنه بالعبارة الشهيرة المتناثرة فى كتب الأصوات بأن العلاقة بين المرحلة النطقية والأكوستية والسمعية هى ليست علاقة واحد لواحد[١] أو علاقة خطية[٢] بل هى علاقة معقدة . كذلك تداولت الكتب والأبحاث ظاهرة «متناقضة الثبات والتغير»[٣] التى حيرت ومازالت تحير العلماء وهى حالة التغير المستمر للبيانات النطقية والأكوستية للوحدات الكلامية من أصوات وغيرها والتى يقابلسها ثبات مستمر أيضًا فى إدراك هذه الوحدات المتغيرة .

لم يقتصر هذا الاتجاه على علم الأصوات فقط بل نحت دراسة اللغويات منذ بدايات الخمسينيات بظهور النظرية التوليدية لتشومسكى (Chomsky) منحى معرفيًا[٤] حيث وضعت هذه النظرية تفسيرًا لما يفترض حدوثه من عمليات فى مخ

---

(1) One-to-one relationship .

(2) Linear .

(3) Variability/invariance paradox.

(٤) Cognitive . على الرغم من تطابق هذه اللفظة فى الترجمة مع Perception إلا أننا فضلنا التفرقة بينهما فخصصنا للأولى المعرفى والثانى الإدراكى لأنا لاحظنا اختلافًا فى الاستخدام حيث تخصص Cognitive للعمليات المخية بينما Perception لجميع المراحل الإدراكية من بداية دخول الإشارة الصوتية الأذن حتى العصب السمعى . وقد شاع استخدام Cognitive فى السنوات الأخيرة لتقدم البحث فى العمليات المخية عما سبق وإذا سار التقدم فى هذا المجال بسرعة فإننا نعتقد أن هذا المصطلح سيزداد انتشارًا وعمومية ليشمل جميع العمليات الإدراكية (أو المعرفية) وبالتالى سيشمل Perception .

الإنسان لإنتاج وإدراك اللغة والكلام وفتحت الباب أمام البحث فى هذا الاتجاه حتى إنها تعتبر أحدثت ثورة فى علم اللغويات النفسى المعنى بدراسة النواحى الإدراكية والمعرفية للغة (Greene, 1974) .

ظهر هذا الاتجاه المعرفى بوضوح فى علم الفونولوجيا حيث ظهرت النظرية التوليدية فى الفونولوجيا كما ظهرت محاولات إيجاد سمات[1] غير السمات النطقية التقليدية تعتمد على الصفات الأكوستية التى تحاكى النمط الإدراكى للأصوات على يد جاكوبسون (Jakobson) وتشومسكى وآخرين (Chomsky, Fant, and Halle) للتفصيل فى هذا يمكن الرجوع إلى (Hyman, 1975, Hawkin 1984) ثم تعددت النظريات التى - كما نرى - هى محاولات لتفسير عمل المخ البشرى أثناء الكلام (يمكن الرجوع إلى عدد من الكتب فى هذا الشأن[2] مثل (Durand, 1990, Archangeli and Langendoen, 1997, Kaye, 1989) .

تقدم علم اللغويات (متضمنًا علم الفونولوجيا) خطوات أوسع فى هذا الاتجاه المعرفى من علم الأصوات ويرجع هذا إلى سببين : الأول الفرق فى طبيعة البحث بين العلمين من حيث كون علم اللغويات معنيًا بوحدات ونماذج تجريدية[3] بينما علم الأصوات مقيد بالمادة الفيزيائية . والثانى هو طبيعة الأسئلة التى عنى البحث الصوتى بها لفترة طويلة حيث كانت تنزع الظواهر الصوتية من النظام أو السياق اللغوى، فمثلاً

---

(1) Eeatures .

(٢) هناك موقع أرشيفى على الشبكة يحتوى على العديد من الأوراق العلمية الخاصة بنظرية الأفضلية الفونولوجية (Optimality Theory) التى تمثل تطورًا نحو الاستعانة بنتائج علم الأصوات السمعى والإدراكى فى نظرية تفسر الظواهر الفونولوجية تفسيرًا جديدًا وهو http://ruccs.rutgers.edu/roa.html وتعتبر الورقة التالية مثالاً جيدًا لتوضيح هذه الفكرة : Hayes, B. P. Phonetically Driven Phonology: The Role of Optimality Theory and Inductive Grounding .

(٣) لا نعنى بالطبع أن علم اللغويات ليس له أساس إمبيريقى على الإطلاق ولكنه أكثر انطلاقًا وأقل التصاقًا بالمادة الفيزيائية من علم الأصوات .

كان عالم الأصوات يذهب إلى المعمل ليعرف كيفية عمل الثنايا الصوتية فى حالاتها المختلفة بدلاً من دراسة كيفية عمل الثنايا الصوتية لإحداث المتغيرات الصوتية المختلفة مثل تمييز الأصوات المهموسة[1] والمجهورة[2] لمعرفة وظيفتها فى النظام اللغوى . يبدو لنا هذا بداية طبيعية فى تطور علم الأصوات حيث إن دراسة الظاهرة بمعزل عن النظام أو الكود اللغوى البشرى شديد التعقيد أسهل بكثير من وضعه فى هذا السياق كذلك فإنه من الطبيعى أن يُكون العلم المعلومات الأساسية ويبنى عليها شيئًا فشيئًا حتى يتمكن من وضع الفروض والنظريات الأكثر تعقيدًا وشمولاً . وقد يكون هذا ما دعا (Tatham, 1987) إلى المناداة بتحول فى توجهات علم الأصوات وظهور علم الأصوات المعرفى[3] . وواكب ظهور هذه الدعوة دعوة مشابهة لظهور علم الفونولوجيا التجريبى (Ohalal and Jaeger, 1986) والذى فى رأينا يتطابق فى أهدافه مع علم الأصوات المعرفى الذى نادى به (Tatham) وصار هناك اتجاه حديث يسعى إلى توحيد البحث الصوتى والفونولوجى فى إطار معرفى واحد ولكنه لم يتبلور حتى الآن فى فرع علمى واحد (راجع المراجع المذكورة فى آخر الفقرة السابقة والهوامش المصاحبة) .

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی

**٢ - ٢ الطابع الأكوستى لعلم الأصوات التجريبى :**

احتلت الدراسات الأكوستية والسمعية الجزء الأكبر من علم الأصوات التجريبى فى النصف الثانى من القرن العشرين بينما لم تحقق الدراسات التجريبية النطقية نفس النجاح ولم تسهم بسهم وافر فى تشكيل النظريات الصوتية الأساسية السائدة على الرغم من أنها كانت أسبق منهما ويرجع هذا بجانب ظهور التحليل الطيفى للصوت إلى الأسباب التالية :

١ - طبيعة الجهاز الصوتى أثناء إنتاج الكلام والتى تتميز بسرعة حركات أعضاء النطق ، واختلاف التكوين من جزء إلى آخر من حيث الصلابة والشكل ونوعية

(1) Voiceless .
(2) Voiced .
(3) Cognitive Phonetics .

الحركة وسرعتها والتوافق بينها مما جعل قياس عمل الجهاز الصوتى مهمة غاية فى الصعوبة لعدم توافر التكنولوجيا اللازمة لذلك حتى وقت قريب (Stone, 1997) كذلك يتطلب القياس المعول عليه لبيانات عن الجهاز الصوتى أن يتم بطريقة غير تداخلية[1] حتى لا تتأثر بتغيرات الضغط والحرارة داخل الجهاز الصوتى ولا تؤثر فى طبيعة النطق وبالتالى فى صحة النتائج وهو ما كان غير متوافر لزمن طويل .

٢ - الاكتشاف المبكر لحقيقة أن العلاقة بين النطق والإشارة الأكوستية أو الانطباع السمعى أو الإدراك السمعى فى أعلى مستوى له علاقة معقدة جدًّا . فقد وجد مثلاً أن نفس التأثير الأكوستى أو السمعى قد يحدث نتيجة لعدة تكوينات نطقية أو أن تأثيرات أكوستية وسمعية مختلفة قد تحدث دون ملاحظة أى تغيير نطقى (انظر مناقشة هذا الموضوع فى (Lieberman, 1977) وأدى إلى ظهور نظرية العامل الكمى[2] (Stevens, 1972) والتى كانت جزءًا من تيار علمى أعطى للإشارة الأكوستية الأهمية الكبرى فى عملية التخاطب الكلامى (لمناقشة حديثة لهذا الموضوع يمكن الرجوع إلى (Stevens, 1997) .

٣ - السعى الحثيث نحو تحقيق الاتصال بين الإنسان والآلة فى تطبيقات تكنولوجية لعلوم الأصوات مثل التعرف الآلى على الكلام وعلى المتكلم وتصنيع الكلام . أدى هذا السعى إلى الاهتمام الكبير بالبحث الأكوستى والسمعى لملاءمة البيانات الأكوستية بطبيعة الحال لتحقيق هذا الاتصال .

لم يتوقف بالطبع تطور التكنولوجيا الخاصة بالبحث فى علم الأصوات النطقى فظهرت التكنولوجيا الخاصة بتصوير الجهاز الصوتى مثل الأشعة السينية (X ray) التى ترصد حركات النطق فى وضع ثابت أو متحرك (Cineradiography) ، والرسم السطحى المحسوب (Computed Tomography "CT") ، والموجات فوق الصوتية (Ultrasound) ، والتصوير بالرنين المغناطيسى (Magnetic Resonance Imaging "MRI")،

---

(1) Non-invasive .

(2) Quantal factor .

وتكنولوجيا تصوير الأجزاء المتحركة مثل مقياس النطق (Articulometer) بأنواعه المتعددة وغيرها (Stone, 1997) . كذلك ظهرت تكنولوجيات قياس الحركة المركبة لأعضاء النطق مثل راسم الحنك الكهربى [1] (Electropalatography "EPG") أو راسم الحركة العضلية الكهربى (Electromy graphy) (Stone, 1997) .

هناك كذلك التكنولوجيا الخاصة بقياس حركية الهواء أثناء عمل الجهاز الصوتى (Shadle, 1997, Warre, 1976) .

أما بالنسبة للتصويت [2] (عمل الثنايا الصوتية [3] أثناء الكلام) فقد رصد (Hirose, 1997) أهم الأجهزة والطرق المستخدمة فى دراسة عمل الثنايا الصوتية من التصوير بالألياف الضوئية [4] والتصوير الرقمى عالى السرعة [5] ورسم مساحة الفراغ بين الثنايا الصوتية [6] (Photoglottography) وجهاز قياس تذبذب الثنايا الصوتية (Electroglottogrraphy or Laynogoraphy) (يمكن الرجوع إلى العديد من الكتب فى هذا الشأن مثل (Code and Ball, 1948, Keller, 1971, Morton, 1984, Painter, 1979)[7] .

## ٢ - ٣ مراحل تطور علم الأصوات التجريبى :

### ٢ - ٣ - ١ المرحلة الأولى (١٩٠١ - ١٩٤٥) :

اتسمت الفترة منذ بداية القرن العشرين حتى سنة ألف وتسعمائة وخمس وأربعين بغلبة الدراسات الأصواتية النطقية الوصفية التى كانت تحمل الطابع

---

(١) جمع عالم الأصوات الكبير (Hardcastle) بالتعاون مع آخرين ببليوجرافيا كبيرة للدراسات التى استخدمت هذا الجهاز وهى متوافرة على الموقع التالى :
http://sls.qmces.ac.uk/pubs/epgrefs.htm

(2) Phonation .

(3) Vocal folds .

(4) Fideroptic .

(5) High-speed digital imaging of vocal fold vibration .

(6) Glottis .

(٧) هناك موقع جامع لجميع الأجهزة المستخدمة الآن فى التحليل الصوتى بجميع مستوياته وعناوين الشركات المنتجة وهو :
http://www.phon. ucl. ac. uk/home/ val

الإمبريقى[1] حيث لم يكن يوجد سوى جهاز راسم الحركة (Kymograph) الذى اخترعه (Rousselot) وكان يسجل بطريقة كيفية غير كمية ضغط الهواء الخارج (Ladefoged, 1997:150) من الفم والأنف أو حركة الأجزاء الخارجية من الجهاز الصوتى . لم يشهد علم الأصوات الأكوستى والسمعى نشاطًا يذكر فى هذه المرحلة الأولى حيث لم يظهر جهاز راسم الذبذبة (Oscillograph) الذى يرسم الإشارة الصوتية إلا فى أواخر هذه المرحلة . لم يتح هذا الجهاز سوى رسم للشكل الموجى[2] للإشارة الصوتية (انظر الشكل الأول) دون معالجة[3] من أى نوع . المعالجة التى كانت تجرى بعد هذا هى نوع من التحليل الرياضى الذى يطلق عليه تحليل فوريه (Fourier Analysis) وهو أشهر تحليل رياضى للدوال الدورية[4] إلى مكوناتها (Danilina et al., 1988:351) وأحد تطبيقات التحليلات التفاضيلية والتكاملية[5] . كان هذا التحليل يجرى بطريقة يدوية بطيئة ومرهقة على جزء بسيط من الموجة الصوتية وبالتالى كانت المحصلة صغيرة وتفتقر إلى رصد صفة من أهم صفات الكلام البشرى وهى الديناميكية أو التغير على محور الزمن .

**٢ – ٣ – ٢ المرحلة الثانية (١٩٤٥ – أوائل السبعينيات) :**

بدأ عصر جديد أو دون مبالغة ثورة فى علم الأصوات التجريبى فى نوفمبر ١٩٤٥ حين نشر (Potter) مقالاً فى مجلة (Science) بعنوان "Visible Patterns of Sond" معلنًا عن جهاز جديد لتحليل الأصوات سمى بمحلل الأصوات الطيفى أو المطياف تم اختراعه فى معامل بل (Bell Laboratirues) أثناء الحرب العالمية الثانية وظل سرًا

---

(١) Empirical وقد تجنبنا ترجمة هذه اللفظة «التجريبية» منعًا من اختلاطها مع "Experimental" حيث إننا نقصد بالدراسات الإمبيريقية التى تعتمد على المشاهدة والملاحظة والخبرة دون الدخول فى تجارب مقننة علميًا .

(2) Wavefrom .

(3) Processing .

(4) Periodic functions .

(5) Differentiation and Integration .

حتى انتهاء الحرب لأهميته الحربية (Baken and Daniloff, 1991:ix) . وفى عام ١٩٤٧ نشر أول كتاب يحتوى على أمثلة كثيرة لتحليلات أصوات بشرية وغير بشرية بواسطة محلل الأصوات الطيفى (Potter et al., 1947) . أتاح هذا الجهاز صورة تفصيلية ثلاثية الأبعاد لمكونات الصوت فى تحليلات متعددة مكنت العلماء من كشف كثير من متغيرات الصوت وفتحت الطريق لكم هائل من الدراسات الصوتية الأكوستية (لوصف تفصيلى لجهاز المحلل الطيفى وبعض الدراسات التجريبية التى استخدم فيها يمكن الرجوع إلى Baken and Daniloff, 1991 كذلك يضم كتابى Fry, 1967 و Lehiste, 1969 مجموعة من الأبحاث الأساسية الكلاسيكية فى هذا المجال) .

مر جهاز المحلل الطيفى للصوت نفسه بعدة مراحل تطور فيها تبعًا لتطور تكنولوجيا علوم الكهرباء فبعد أن بدأ معتمدًا على الصمامات ، صغر حجمه وتحسنت كفاءته بظهور الترانزيستور وتطور أكثر بظهور الدوائر المتكاملة . ثم جاءت الطفرة الكبيرة ببداية ظهور نظم المعالجة الرقمية للإشارة الصوتية أو التكنولوجيا الرقمية فزادت قوة المحلل الطيفى بدرجة كبيرة فيه نواح عديدة مثل كم الإشارة الصوتية التى يمكن تحليلها وسرعة التحليل وأنواع التحليل الممكنة[١] . ظل المحلل الطيفى لفترة طويلة جهازًا قائمًا بذاته حتى بداية السبعينيات حيث ظهر الحاسب الآلى الصغير القوى فتحولت المعالجة الرقمية للصوت إلى برامج[٢] وعتاد[٣] يضاف إلى الحاسب الآلى .

لم يقتصر دور المحلل الطيفى على فتحه الطريق أمام الكم الهائل من الدراسات الأكوستية التحليلية وظهور نظرية أكوستية متكاملة عن إنتاج الكلام (نظرية المصدر - الترشيح[٤] (Fant, 1960) بل ساهم أيضًا فى حدوث طفرة فى علم تصنيع

---

(١) يمكن الرجوع إلى موقع شركة KAY - وهى أشهر شركة أنتجت المحلل الطيفى - التالى على الشبكة لمعرفة أحدث نموذج من المحلل الطيفى .

http://www.kayelemetrics.com

(2) Software .

(3) Hardware .

(4) Source-Filter Theory .

الكلام ، لم يمض وقت طويل منذ ظهور المحلل الطيفى حتى أثمرت الأبحاث فى معامل (Haskins) عن جهاز يعمل عكس عمل المحلل الطيفى وهو جهاز إعادة النمط (Pattern Playback) فبينما المدخل [1] للمحلل الطيفى هو الصوت، والمخرج [2] هو مكونات هذا الصوت أو التحليل الطيفى كان المدخل لجهاز إعادة النمط هو مكونات الصوت مرسومة باليد على ورق خاص والمخرج هو الصوت الصناعى . نشرت أولى نتائج أبحاث معامل (Haskins) عـام ١٩٥١ (Cooper et al., 1951) ثم توالت الأبحاث السمعية بعد هذا فى نفس المعامل لمعرفة أهمية أجزاء التركيب الطيفى [3] من المكونات الذبذبية [4] المختلفة فى الإدراك البشرى للصوت اللغوى (يمكن الرجوع إلى أهم هذه الأبحاث فى (Fry, Lehiste, 1969, 1976) . انتهت هذه الأبحاث إلى ما يعرف بنظرية مواضع الصامت [5] التى تعطى أهمية إدراكية مختلفة إلى الأجزاء المختلفة من التركيب الطيفى للأصوات فتقسمها إلى أجزاء ثابتة تميز الصوائت وأجزاء متغيرة تميز الصوامت وأن هناك موضعًا ثابتًا لكل موضع نطق [6] للصوامت بغض النظر عن الصائت المجاور . ظهرت بعد هذا العديد من التعديلات على هذه النظرية (Clark and Yallop, 1995:257) .

المهم فى هذا الأمر أن علم الأصوات السمعى أو الإدراكى شهد أيضًا نهضة كبيرة بدأت بظهور التحليل الطيفى واستمرت فى تصاعد مستمر حتى الآن .

لخص تقرير شامل صادر من معمل البحث فى الكلام (Speech Research Laboratory) وقسم علم النفس من جامعة إنديانا (Wright et, al., 1997) منجزات علم الأصوات السمعى ونظرياته من بداية تجارب معامل (Haskins) وحتى تاريخ صدوره ويظهر فيه بوضوح التأثير الكبير للتحليل الطيفى للصوت على مسار هذا العلم.

---

(1) Onput .
(2) Output .
(3) Spectral Structure .
(4) Formant Frequencies .
(5) Consonant Loci .
(6) Place of Articulation .

يمثل الشكل الثانى نموذجًا للشكل الموجى لجملة «هذه عينة من اللغة العربية» والتحليل الطيفى عريض المدى[1] فى الأسفل يسارًا والتحليل الطيفى ضيق المدى[2] فى الأسفل يمينًا . يعطينا التحليل ضيق المدى معلومات كاملة عن جميع الترددات التى تُكون الموجة الصوتية المركبة بينما يؤكد التحليل عريض المدى على الحزم الترددية الهامة التى تمثلها الأجزاء الداكنة والتى تسمى بالمكونات أو المعالم الذبذبية . يعطينا هذا التحليل الطيفى فى الحقيقة معلومات مفصلة عن عنصر واحد من عناصر إنتاج الكلام وهو النطق (Aeticulation) بمعناه الخاص الذى يشير إلى تشكيل القناة الصوتية من الحنجرة إلى الشفاه إلى فراغات نتيجة لمكان النطق[3] وهيئته[4] بينما يعطينا معلومات أقل تفصيلاً عن حال التصويت (عمل الثنايا الصوتية أثناء الكلام) ، ودفع الهواء[5] . فلا يمكن مثلا معرفة أنواع التصويت المختلفة بسهولة من التحليل الطيفى أو الفروق بين أنواع دفع الهواء . كذلك فإن استخراج منحنى التنغيم[6] من التحليل الطيفى يتم بطريقة يدوية مرهقة وبطيئة بعض الشىء واستخراج منحنى الشدة[7] يتم بطريقة كيفية وليست كمية . ولهذا تقدمت الدراسات الأكوستية والسمعية فى اتجاه واحد - هو النطق - أكثر من العنصرين الآخرين سوى دراسات مبكرة عن وقت بداية الصوت أو المقابلة بين الأصوات المجهورة[8] والمهموسة[9] (Voice onset time "VOT") . وعلى الرغم من ظهور تكنولوجيا أخرى خاصة بدراسة ظواهر التصويت ودفع الهواء من الناحية الأكوستية (انظر Hardcastle and laver, 1997, Lass, 1976, Morton, 1984, Painter, 1979) إلا أن الدفعة الكبرى جاءت بحلول عصر الحاسب الآلى الذى سنفصله لاحقًا .

---

(1) Broadband .
(2) Narrowband .
(3) Place of articulation .
(4) Manner of articulation .
(5) Initiation or Air stream mechanism .
(6) Intonation .
(7) Intensity .
(8) Voiced .
(9) Voiceless .

تطور علم الأصوات التجريبى هو فى الحقيقة تطور فى معالجة الإشارة الصوتية الخام - كما ذكرنا سابقًا - ونقصد بالمعالجة هنا التغيير بواسطة الأجهزة أو النماذج والتحليلات الرياضية للوصول إلى النموذج الإدراكى والمعرفى لهذه الإشارة . فبعد خمول فى المرحلة الأولى من علم الأصوات التجريبى ظهرت فى المرحلة الثانية فكرة معالجة الإشارة الصوتية بواسطة الآلة (المحلل الطيفى للصوت) بواسطة تغيير المرشحات[1] تبعًا لحدة الصوت لاستخراج المكونات أو المعالم الذبذبية . فى هذه الفترة وفى ظل التكنولوجيا التناظرية[2] لم يكن فى المستطاع تطبيق نماذج أو معادلات رياضية معقدة تحويلية للإشارة الخام سوى فى آخر هذه المرحلة حيث ظهرت نماذج من المحلل الطيفى تحول المقياس الذبذبى الخطى[3] إلى مقياس لوغاريتمى[4] .

والتحويل اللوغاريتمى هو أهم أنواع المعالجة للإشارة الصوتية الخام على الإطلاق فقد أدت التجارب الأكوستية - السيكولوجية[5] منذ وقت طويل إلى اكتشاف أن العلاقة بين الوحدات الأكوستية التى تمثل التردد[6] والشدة[7] (الهيرتز[8] والوات[9]) والوحدات السمعية أو الإدراكية التى تقابلها هى علاقة لوغاريتمية مركبة فظهرت الوحدات السمعية مثل المل[10] التى تقابل الهرتز والديسيبل[11] التى تقابل الوات (Clark and Yallop, 1995, Ladefoged, 1996). تعددت المعادلات الرياضية

---

(1) Eilters .
(2) Analog .
(3) Linear .
(4) Logarithmic .
(5) Psychoacousfic .
(6) Frequency .
(7) Intensity .
(8) Hertz .
(9) Watt .
(10) Mel .
(11) Decibel .

التى تعالج تحول الهيرتز إلى مل فى محاولات للوصول إلى أدق علاقة إدراكية ممكنة (Clark and Yallop, 1995:210) احتوت كلها على تحويل لوغاريتمى من نوع أو آخر . ظهر بعد هذا وحدات أخرى مثل البارك [1] والإيرب [2] وظهر عديد من المعادلات الرياضية التى تعالج الإشارة الأكوستية إلى مثيلها الإدراكى (انظر الملحق الخامس لبعض من هذه المعادلات كما يمكن الرجوع إلى تلخيص لهذه الاتجاهات فى Fant, 1983 ومجموع الطرق الرياضية لمعالجة فى الفصل الحادى عشر من (Varrile and Zampoli, 1998) .

**٢ – ٣ – ٣ المرحلة الثالثة (أوائل السبعينيات وحتى الآن) :**

لم تكن هذه المعالجات الرياضية لتظهر – أو على أقل تقدير أن تطبق – لولا ظهور الحاسب الصغير القوى فى أوائل السبعينيات والذى حوى جميع التطبيقات التكنولوجية فى البحث الصوتى بجميع اتجاهاته فنجد الآن جميع الأجهزة التحليلية والتصنيعية فى علم الأصوات تتصل بالحاسب الآلى عن طريق الطرفيات [3] المتعددة الداخلية أو الخارجية .

مرکز تحقیقات کامپیوتری علوم اسلامی

بظهور الحاسب الآلى الصغير تبدأ المرحلة الثالثة والتى تتسم بالمعالجة القوية للإشارة الصوتية سعيًا – كما ذكرنا سابقًا – إلى النموذج الإدراكى أو المعرفى للكلام . فبجانب التحويلات الرياضية التى ذكرناها فى الفقرة السابقة بدأ البحث يأخذ اتجاهات أخرى حديثة فجرى قياس استجابة الغشاء الأساسى [4] فى قوقعة الأذن الداخلية للترددات الأكوستية، وأصبح من الممكن تمثيل هذه الاستجابة فى شكل

---

(1) Bark .
(2) ERB .
(3) Peripherals .
(4) Basilar Membrane .
(5) Spectrogram .
(6) Cochleogram .

مماثل للصورة الطيفية[٥] التقليدية يسمى بالصورة القوقعية[٦] للصوت (انظر الشكل الثالث للصورة القوقعية لجملة «هذه عينة من اللغة العربية» مقارنة بالشكل الثانى). كذلك جرى قياس استجابة العصب السمعى ومناظرته بالصورة الطيفية فيما يعرف بالصورة العصبية[١] (Delgutte, 1997) .

وفى مشروع حديث بدأ عام ١٩٩٥ مازال مستمرًا فى معهد ماساشوستس للتكنولوجيا (MIT) ، قسم اللغويات[٢] اضطلع فريق من العلماء ببحث النشاط الكهربى لقشرة المخ السمعية[٣] المصاحب لعملية التعرف على الفرق بين الأصوات المجهورة والمهموسة فيما يعرف بقدرة المخ التصنيفية[٤] للأصوات رغم كونها تمثل فى الواقع - من الناحية الأكوستية - كمًّا متصلاً[٥] من التغير . فمن المعروف أن الفرق بين الأصوات المجهورة والمهموسة هو فرق فى بداية الجهر (Voice Onset Time "VOT") وليس فرقًا فى وجود الجهر من عدمه . يدرك الإنسان الأصوات مجهورة إذا كانت بداية الجهر تقل عن ٣٠ مللى ثانية[٦] ويدركها مهموسة إذا زادت القيمة عن هذا وتقل القدرة على التمييز بين الهمس والجهر بين الأصوات التى تكون قيم بداية الصوت فيها داخل - بالزيادة أو النقصان - هذا الحد الفاصل . سعى هذا المشروع إلى دراسة كيفية عمل أو مسئولية قشرة المخ السمعية عن هذه القدرة التصنيفية . وقد استخدمت تكنولوجيا متقدمة جدًّا وهى قياس المجال الكهرومغناطيسى الذى يخلقه النشاط الكهربى للخلايا بطريقة غير تداخلية عن طريق أجهزة (Magnetoencephalography Functional Magnetic Resonance Imaging "MEG" "FMRI")[٧].

---

(1) Neurogram .

(٢) يمكن الرجوع إلى موقع هذا المشروع على الشبكة : http://broca.mit.edu/mind.html.

(3) Auditory Cortex .

(4) Categorization .

(5) Continuum .

(6) Millisecond .

(٧) يمكن الرجوع إلى أمثلة للصورة الوظيفية للمخ أثناء أداء بعض الوظائف الحركية على الموقع التالى : http://www.cmrr.drad.umn. edu/ fmri. html.

نشرت النتائج الأولية لهذا المشروع فى (Phillips et al., 1995)[1] . وقد خلص هذا البحث إلى وجود نشاط نمطى لقشرة المخ السمعية فى عملية الإدراك التصنيفى للجهر والهمس إلا أنه أكد على أن هذه النتائج لن تصبح ذات قيمة إلا إذا صاحبها تطور فى وضع فروض معرفية الطابع للنشاط الكلامى واللغوى من قبل علماء اللغة والأصوات تمكن العلماء المعرفيين[2] وعلماء علم الأعصاب[3] من التعاون اللازم للوصول لنموذج معرفى للغة والكلام .

ظهر كذلك اتجاه جديد محاولاً وضع نظام قياسى لوصف نوعية التصويت بمعرفة عدد من المتغيرات الأكوستية وركز هذا الاتجاه على تصنيف الأصوات المرضية[4] التى تحيد عن النمط الطبيعى . فعلى الرغم من ظهور أول محاولة لوضع متغير صوتى أكوستى لتحليل اضطراب الصوت فى وقت مبكر (Lieberman, 1961) إلا أن البحث فى هذا الاتجاه كان بطيئًا بالنسبة إلى البحث فى النواحى النطقية الأخرى حتى أنه لا يوجد حتى الآن نظام قياسى لوصف التصويت .

يمكن تقسيم معايير أو متغيرات وصف الأصوات المرضية أكوستيا إلى قسمين : القسم الأول يضم الملامح غير الدورية[5] التى ترصد الاضطرابات التى تطرأ على الشكل الدورى للإشارة الأكوستية والقسم الثانى يضم ملامح الضوضاء[6] التى ترصد كمية الضوضاء المضافة على الإشارة الأكوستية (Michaelis et al., 1998) .

المعيار التقليدى فى تحليل الأصوات المرضية فى القسم الأول هو معيار الاضطراب[7] وهو تحليل قصير الأمد[8] من دورة إلى دورة[9] لثبات شكل

---

(١) يمكن الحصول على هذه الورقة من الموقع التالى : http:// broca. mit. edu/Publictions. html

(2) Cognitive Scientists .
(3) Neuroscience .
(4) Pathological voices .
(5) Aperiodicity features .
(6) Noise features .
(7) Perturrbation .
(8) Short-term .
(9) Cycle-to-cycle .

الموجة[1] . وينقسم إلى جزأين : الأول اضطرابات التذبذت[2] أو الحدة والثانى اضطرابات الإزاحة القصوى[3] أو الشدة (Titze, 1994) .

المعيار التالى فى الانتشار - وينتمى إلى القسم الثانى - هو قياس نسبة الذبذبات الهارمونية أو الهارمونيات إلى الضوضاء[4] (Boersma, 1993) . فمن المعروف أن أبرز أجزاء الكلام من الناحية السمعية وهى الصوائت[5] تتكون من نسبة من الإشارة الدورية[6] الهارمونية ونسبة من الإشارة الضوضائية . الذبذبات الهارمونية هى التى تجعل من الصوت واضحًا جهوريًا ومحببًا إلى الأذن أما الضوضاء فتقلل من وضوحه وجماله . وقد أظهرت نتائج الدراسات المختلفة أن الصوت المبحوح يحتوى على نسبة أكبر من الضوضاء من الصوت الطبيعى (Colton and Casper, 1996) .

ظهرت حديثًا بعض المتغيرات الأكوستية الأخرى لوصف الأصوات المرضية والتى تستخدم خوارزميات أخرى غير الطريقة السابقة لحساب نسبة الإشارة الضوضائية إلى الإشارة الهارمونية (Michaelis at al., 1998) .

كان حصاد هذه الدراسات - بجانب زيادة البناء النظرى للموضوع بالطبع - بعض الوسائل التشخيصية الإكلينيكية من أشهرها ما يعرف بالتحليل الطيفى للصوت[7] . وهو رسم بيانى - يتم بواسطة الحاسب الآلى - يمثل فيه المحور الرأسى الشدة[8] والمحور الأفقى التذبذب أو الحدة .يطلب من المريض أن ينطق صائتًا بأقل شدة ممكنة إلى أقصى شدة يستطيعها . ترسم البيانات الخاصة بالمريض تلقائيًا بالصفات القياسية الطبيعية أو رصد تطور حالة المريض فى أطوار العلاج المتتابعة (Arlinger and Titze et al., 1993 , Kilngholz, 1993) .

---

(1) Waveform .

(٢) Frequency perturbation والمصطلح عليه فى الإنجليزية : Jitter

(٣) Amplitude والمصطلح عليه فى الإنجليزية : Shimmer .

(4) Harmonic-to-Noise ration .

(5) Vowels .

(6) Periodic .

(7) phonetogram of Voice Range Prrofile .

(8) Intensity .

قدم ما يعرف بالرسم التخطيطى للبحة[1] وهو نوع من أنواع التقييم للصوت القائم على متغيرات أكثر تعقيدًا من التحليل الطيفى للصوت . يمثل المحور الرأسى فى هذا الرسم عنصر الضوضاء والمحور الأفقى عنصر الاضطرابات غير المنتظمة[2] والعنصران محسوبان بمعادلات رياضية غير بسيطة . يهدف هذا الرسم التخطيطى إلى وضع تقييم سريع للصوت ومدى بعده عن النمط الطبيعى .

على الرغم من هذا مازالت نتائج المحاولات الساعية لتعريف المتغيرات الأكوستية اللازمة لوصف الأصوات المرضية غير واضحة بل فى بعض الأحيان متضاربة ويظل إيجاد الإجراءات الأكوستية المناسبة وتفسيرها مشكلة تنتظر الحل (Michaelis et al., 1998) .

بجانب ما أضاف الحاسب الآلى من إمكانية معالجة كم كبير من البيانات فى دقة وسرعة مما مكن من وجود الأبحاث السابق ذكرها، وكان لظهوره بالطبع أثر على البناء النظرى لعلم تحليل الأصوات . فظهر فرع من المعرفة يسمى بالمعالجة الرقمية للإشارة (الصوتية بالطبع) (Digital Signal Processing) وظهر أول كتاب جامع لهذا الفرع فى أواخر السبعينيات (Rabiner and Schjager, 1978) (يمكن الرجوع إلى بعض الكتب الحديثة التى تقدم المعالم الرئيسية لهذا العلم مثل : (Deller et al, 1993, Emmanuel and Jervis, 1993)[3] . ولا يكاد يوجد كتاب من كتب علم الأصوات الحديثة إلا ونجد فيه قسمًا عن هذا الفرع (Clark and Yallop, 1995, Ladefoged, 1996, Liljencrants, 1997) يحتوى هذا الفرع من المعرفة على نقاط اختلفت بطبيعة الحال اختلافًا كبيرًا عما نجده فى علم الأصوات التقليدى بشأن تحليل الأصوات ، فنجد مثلاً فى موضوعاته :

---

(1) Hoarseness diagram .

(2) Irregularity component .

(٣) هناك تلخيص رائع لهذا الفرع من المعرفة يمكن الحصول عليه من الموقع التالى :
http://svr-www.eng.cam.ac.uk/~ajr/Speech Analsysis

١ - نظرية التمثيل (Sampling Theory) وتتعلق بكيفية تحويل الإشارة التناظرية إلى مثيلها الرقمى وأنواع المرشحات .

٢ - أنواع التحليل الرقمى مثل تحليل بواسطة مجموعة من المرشحات (Filter Bank Analysis) ويتضمن التحليل الطيفى الرقمى ومقاييس التردد غير الخطية (Non-linear Frequency Scales) .

٣ - تحويل فورييه الرقمى (Digital Fourier Transform) أو تحويل فورييه السريع (Fast fourrier Transform) وهو نموذج رياضى معدل من تحليل فورييه التقليدى ويتضمن نقاطًا متعددة مثل أنواع النوافذ (Windows) التى تقسم الإشارة الصوتية لتحليلها وتحليل المقلوب اللوغاريتمى للصورة الطيفية (Capstral Analysis) وتحليل التعلق الذاتى من تحليل فورييه السريع (The Autocorrelation from the FFT) .

٤ - تحويل (Wavelet) وهو بديل من بدائل تحويل فورييه .

٥ - تحويل Z (Z Transform) وهو كذلك بديل من بدائل تحويل فورييه السريع .

٦ - التحليل الخطى التوقعى (Linear Prediction Analysis "LPC") وهى طريقة لاستخراج المعالم الذبذبية للإشارة الدورية مباشرة من الشكل الموجى تبعًا لعدة معايير .

٧ - التحليل الخطى التوقعى الإدراكى (Perceptual Linear Prediction) وهى من أحدث التعديلات على التحليل الخطى التوقعى لاستخراج المعالم الذبذبية وهى مزيج من تحويل فورييه الرقمى والتحليل الخطى فيما يعتقد بأنه يمثل الانطباع الإدراكى عن المعالم الذبذبية أكثر من التحليلات السابقة .

٨ - تحليل المكونات الذبذبية وطرق تتبع والتقاط القمم (Peak Picking) .

٩ - تحليل الجهر (Voicing Analsys) أو استخراج قسم التردد الأساسى [١] باستخدام الطرق المختلفة مثل التعلق الذاتى (Autocorrelation) والتوقع الخطى والمقلوب اللوغاريتمى (Cepstrum) ودرجة تعدى الصفر (Zero-Crrossin rate) .

١٠ - قضايا فنية هندسية متعلقة بكيفية تشفير الكلام (Speech Coding) لمقابلات رقمية بدرجات متفاوتة من الدقة حسب الأغراض التحليلية المطلوبة .

لا نستطيع أن نقول إن علم المعالجة الرقمية للإشارة الصوتية قد غير من المفاهيم الأساسية فى تحليل الأصوات وخصائصها فكما نلحظ ما زالت نفس المتغيرات التى نبحث عنها قائمة مثل قيم التردد الأساسى والمعالم الذبذبية والتكوين الهارمونى الذبذبى [٢] للموجة ولكن حدثت التغيرات فى السرعة والدقة والقدرة الأكبر على استخراج هذه المتغيرات وبالطبع معالجتها بنماذج رياضية قوية متنوعة للوصول للنمط الإدراكى المنشود .

تحتوى برامج تحليل الأصوات بواسطة الحاسب الآلى الآن على إمكانيات ضخمة لإصدار تحليلات متنوعة للإشارة الصوتية . يمثل الأشكال الرابع والخامس والسادس أنواع التحليلات التى يستطيع إنتاجها واحد من أبسط البرامج المتخصصة (Speech Analyzer 1.06a) [٣] لجملة «هذه عينة من اللغة العربية» (الشكل الرابع) والصائت [e:] (الشكلان الخامس والسادس) فنجد فى الشكل الرابع الشكل الموجى فى النافذة العليا إلى اليسار ثم بالترتيب نزولاً من اليسار إلى اليمين تحليل الإزاحة القصوى [٤] (Magnitude) وهى القيمة الأكوستية المناظرة لارتفاع الصوت [٥] ثم تحليل عبور الصفر (Zero-Crossing) الذى يبين الفرق بين الأصوات فى الجهر والهمس بصورة تفصيلية ثم تحليل التردد الأساسى الخامس ثم نفس التحليل مع إزالة

---

(1) fundamenfal frequency of F0 .

(2) Harmonic Frequencies .

(٣) راجع موقع الشركة المنتجة : http://www.jaars. org/icts/software. htm

(4) Amplitude .

(5) Loudness .

التغيرات الحادة غير الضرورية بواسطة مرشح خاص (Median pitch Cepstral filter) ثم تحليل أخير لمواقع التغير فى تذبذب الثنايا الصوتية (Change) والذى يفيد مثلاً فى دراسة الصوت المرضى الذى قد يصاحبه تغير حاد فى التذبذب .

يمثل الشكل الخامس الصائت [e:] وهو الصائت الثانى فى الصوائت الرئيسية القياسية [1] تمثل النافذة العليا الشكل الموجى للصائت أما الشكل الثانى يسارًا فيمثل الصورة الطيفية بواسطة تحليل فورييه السريع وتظهر عليه فى خطوط رفيعة المكونات الذبذبية تبعًا للتحليل التوقعى التشفيرى ثم يمينًا التحليل الثنائى الأبعاد للمكونات الذبذبية (Power Spectrum) للجزء المحصور بين المؤشرين وفى هذه النافذة يمثل المنحنى الحاد المكونات الذبذبية جميعها بينما يمثل المنحنى الأملس (Smooth) المعالم الذبذبية فقط .

يمثل الشكل السادس فى النافذة العليا موقع المعلمين الذبذبيين الأول والثانى فى الفراغ الأكوستى القياسى بعد استخلاصهما ورسمهما آليًّا لمعرفة موقع هذا الصائت ثم صورة ثلاثية الأبعاد لموقع هذا الصائت فى الفراغ الأكوستى من خلال المعالم الذبذبية الثلاثة الأولى .

أما برنامج مثل (Praat 3.8) [2] فيتيح عددًا هائلاً من التحليلات المتقدمة للغاية والتى منها إمكانية تصنيع الكلام تبعًا لمعايير رقمية يحددها المستخدم . تتيح برامج أخرى مثل (Computerized Speech Lab) من إنتاج شركة (KAY elemetrics) [3] إمكانية تصنيع الكلام بطرق بسيطة جدًّا وغاية فى الكفاءة مثل إدخال أرقام المعالم الذبذبية والتردد الأساسى أو حتى بطريقة الرسم البيانى على شاشة الحاسب الآلى

---

(1) Cardinal Vowels .

(٢) وهو برنامج طوره عالم أصوات فى معهد العلوم الصوتية فى جامعة أمستردام ويوزعه على علماء الأصوات فى العالم بعد اتصال شخصى به على أساس الاستخدام الفردى فقط . وقد أعطى كاتب هذا البحث النسخة الأخيرة منه .

(٣) يمكن الرجوع إلى موقع الشركة التالى : http://www.kayelemetrics. com

بواسطة الفأرة[1] فى طريقة تمثل تطور الجهاز إعادة النمط القديم (Pattern Playback) السابق ذكره .

يجمع كتاب (Varile and Zampolli, 1998) [2] أحدث الاتجاهات فى تكنولوجيا اللغة البشرية أو معالجة اللغة الطبيعية (Natural Language Processing) أو ما يعرف بهندسة اللغة[3] ويظهر من خلال هذا الكتاب مدى التأثير الكبير الذى أحدثه الحاسب الآلى حتى أصبحت لفظة تكنولوجيا الحديثة على فوائدها العملية بل إنها كانت الحافز فى كثير من الأحيان على البحث فى اتجاهات جديدة لم يكن البحث فيها ممكنًا من قبل كما إنها كانت المختبر لكثير من النماذج والتحليلات الرياضية التى لم يكن من الممكن سبر غورها قبل ظهور هذه التكنولوجيا . وتتلخص هذه الاتجاهات فى الآتى :

١ - إدخال اللغة المنطوقة (Spoken Language Input) التعرف الآلى على اللغة والمتكلم والكلام (Language, speaker, and speech recognition) .

٢ - إخراج اللغة المنطوقة (Spoken Language Output) أو تصنيع الكلام وهذا الفرع هو أقدم فروع تكنولوجيا الكلام . ويتضمن هذا الفرع بجانب المحاكاة النطقية للجهاز الصوتى البشرى طرقًا جديدة للتصنيع نتجت مباشرة من تقدم علوم الحاسب الآلى مثل تحويل النص إلى كلام (Text-to-Speech) من خلال التصنيع الآلى بواسطة القواعد (Speech Synthesis by rule) .

---

(1) Mouse .

(٢) يمكن الحصول على نسخة من هذا الكتاب من على الموقع التالى :
http:// cslu. cse. ogi. edu//HL Tsurrvey/HL Tsurvey. html.

(٣) يوجد هذا الفرع من التخصص إما كجزء من أقسام أو معاهد (مثلاً فى جامعة Brighton ، معهد تكنولوجيا المعلومات) أو كقسم مستقل (قسم هندسة اللغة فى جامعة العلوم والتكنولوجيا فى Manchester) أو كمجموعة بحثية (مثلاً المجموعة البحثية فى اللغويات الرياضية وهندسة اللغة بجامعة Rovira I Virgili فى أسبانيا) . يمكن الرجوع إلى ملخص لهذا التخصص على الموقع التالى :
http://www.linglink. lu/le/en/broch/harness. html

٣ - إدخال اللغة المكتوبة (Written Language Inpurt) ويتضمن نظم تحويل الحروف إلى معلومات رقمية (Scanning) ، والتعرف على الحرف (Character recognition) والنماذج اللغوية المتعلق بهذا المجال ، ونظم تحليل الصورة (Image Analysis) لمعرفة تضاريسها - إذا صح التعبير - البيانية .

٤ - التحليل والفهم اللغوى (Language Analysis and Understanding) وهى تتضمن التحليل النحوى والصرفى الآلى للغة .

٥ - إنتاج اللغة (Language Generation) وهذا الجزء معنى بكيفية جعل الحاسب الآلى قادرًا على إنتاج نص لغوى طبيعى عالى الأداء من مجموعة من المعلومات ؛ فى محاولة لمحاكاة القدرة البشرية الطبيعية على إنتاج اللغة .

٦ - التعددية اللغوية (MultiLinguality) ويتضمن الترجمة الآلية (Machine Translation) .

٧ - الوسائط المتعددة (Multimodality) وهو فرع من البحث يهتم ليس بمعالجة ومحاكاة القدرة البشرية لإنتاج وفهم اللغة فقط عن طريق الكلام والكتابة بل عن طريق محاكاة الوجه البشرى أثناء الكلام وعمل نماذج له تساعد على معرفة دور هذا المتغير (المتغير البصرى) فى إنتاج وفهم الكلام .

٨ - موارد اللغة (Language Resources) ويقصد بها تكوين مجموعات ضخمة من بيانات عن اللغة فى شكل يمكن قراءته آليا (machine readable) لتستخدم فى بناء ، وتحسين ، وتقييم نظم وخوارزميات اللغة والكلام الطبيعيين . تضم هذه البيانات المجموعات الكاملة عن اللغة المكتوبة والمنطوقة (Spoken Corpora Written and) ، وقواعد بيانات المفردات (Lexical Databases) .

## ٣ - الخاتمة :

ذهبنا فى هذه المراجعة للاتجاهات المعاصرة فى علم الأصوات التجريبى إلى تقسيم تطور هذا العلم إلى ثلاث مراحل : الأولى من أوائل القرن العشرين - تحديدًا عام ألف وتسعمائة وواحد - إلى ألف وتسعمائة وخمسة وأربعين ، الثانية من عالم ألف وتسعمائة وخمسة وأربعين إلى أوائل السبعينيات ثم من أوائل السبعينيات حتى الآن.

تم هذا التقسيم بناء على معيارين : الأول ظهور تكنولوجيا متطورة فتحت الطريق لتكوين بناء نظرى متطور فى هذا العلم ، والثانى التطور فى معالجة الإشارة الصوتية الخام .

المرحلة الأولى فى التطور (١٩٠١ - ١٩٤٥) مرحلة خاملة نسبيًا حيث كانت تكنولوجيا تحليل وتصنيع الكلام بدائية . تتسم هذه المرحلة بسيادة جهاز اسم الحركة (Kymograph) على يد مخترعه العالم الفرنسى (Rousselot) المقلب بأبى علم الأصوات التجريبى . اتصفت هذه المرحلة أيضًا بالضعف فى معالجة الإشارة الصوتية الخام حيث لم يمكن تحليل الشكل الموجى للإشارة الصوتية إلى مكونات الذبذبية إلا فى أواخر هذه المرحلة عندما ظهر جهاز راسم الذبذبية (Oscillpgraph) وتطبيق تحليل فوريه الرياضى (Fourier Analysis) بطريقة يدوية مجهدة وبطيئة جدًا . يمكن أن نطلق على هذه المرحلة مرحلة الشكل الموجى للصوت .

المرحلة الثانية (١٩٤٥ - حتى أوائل السبعينيات) أو عصر النهضة - إذا صح التعبير - فى علم الأصوات التجريبى بدأ بظهور جهاز التحليل الطيفى للصوت أو المطياف (Spectrograph) حيث انطلقت الأبحاث فى علم الأصوات الأكوستى والسمعى أو الإدراكى إلى آفاق أرحب . وضعت فى هذه المرحلة أسس النظرية الصوتية الأكوستية عن إنتاج الكلام والتى لم تتغير كثيرًا حتى الآن والتى أسست فكرة أن الإشارة الصوتية الخام ليست هى ما نسمعه أو ندركه تمامًا بل إن هناك علاقة معقدة تربط إنتاج وإدراك الكلام وبالتالى أظهرت بوضوح حاجة البحث فى علم

الأصوات إلى البحث عن معالجة للإشارة الصوتية يحولها إلى مثيلها الإدراكى . فى قول آخر ساهمت هذه المرحلة بجانب وضع أسس النظرية الأكوستية فى توجيه البحث فى علم الأصوات التجريبى فى المرحلة الثالثة . يمكن أن نطلق على المرحلة الثانية مرحلة التحليل الطيفى .

المرحلة الثالثة بدأت فى أوائل السبعينيات مواكبة لظهور الحاسب الآلى الصغير القوى والقادر بالعمليات اللازمة لمعالجة الإشارة الصوتية . وفتح الطريق أمام البحث فى النماذج الرياضية والخوارزميات التى تتيح معالجة أكثر تقدمًا وتعقيدًا مما سبق . وعلى الرغم من أن النظرية الأكوستية لإنتاج الكلام بمتغيراتها وعلاقاتها التى وضعت فى مرحلة التحليل الطيفى لم تجد بديلاً حتى الآن إلا أن هناك تفاصيل كثيرة جاءت فى المرحلة الثالثة تحمل أساس نظرية جديدة عن إنتاج الكلام يصح أن نسميها النظرية الإدراكية أو المعرفية لإنتاج الكلام . مقدمات هذه النظرية جاءت من نتائج البحث عن البدائل الإدراكية فى المقام الأول والمعرفية فى المقام الثانى للوحدات والتحليلات الأكوستية . ونتيجة لطبيعة المنطق الذى يعمل به الحاسب الآلى كانت النماذج الرياضية هى أصلح وأسهل مداخل يمكن له أن يفهمها . من هنا جاءت الإسهامات الرئيسية فى التحليل الصوتى فى هذه المرحلة من المهندسين أو المتخصصين فى الرياضيات والفيزياء وظهر نتيجة لهذا فرع من التخصص يسمى هندسة اللغة (تشكل هندسة اللغة المنطوقة جزء منها) ويمكن أن نطلق على هذه المرحلة مرحلة هندسة اللغة .

بعد قرن كامل تقريبًا من البحث التجريبى للوصول إلى النظرية الإدراكية أو المعرفية لإنتاج الكلام مازالت هذه النظرية بعيدة المنال حيث لم يستطع العلماء بعد سبر غور المخ البشرى ومعرفة العمليات التى تجرى بداخله ولا يزال إدراك الكلام عملية معقدة جدًا يصعب حصر متغيراتها ولكن على أى حال فالقرن القادم هو قرن البحث الإدراكى والمعرفى للكلام وفى ظل التسارع الكبير فى التطور التكنولوجى فمن الممكن توقع الوصول إلى هذه النظرية فى القرن القادم .