



ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
Ηλεκτρονικού Αυτοματισμού

Χάρι Ορφανού (Α. Μ. 97521)

Η Προσωδία στην ομιλία

Εργασία στο μάθημα: Επικοινωνία με ομιλία
Διδάσκων: Γεώργιος Κουρουπέτρογλου

Αθήνα 1999

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	2
Κεφάλαια.....	3
1 Προσέξτε τους ψυχοφυσικούς.....	4
1.1 Μέτρηση ήχου.....	4
1.2 Κατώφλι ακοής.....	5
2 Προσωδία στην ομιλία.....	12
2.1 Γενικά.....	12
2.1.1 Επίπεδο γλωσσολογικής πρόθεσης.....	13
2.1.2 Επίπεδο εκδήλωσης της άρθρωσης.....	14
2.1.3 Επίπεδο ακουστικής πραγματοποίησης.....	14
2.1.4 Επίπεδο αντίληψης.....	14
2.2 Τα προσωδιακά φαινόμενα λεπτομερώς.....	15
2.2.1 Δυναμικός τονισμός ή τονισμός.....	15
2.2.2 Επιτονισμός.....	17
2.2.3 Ρυθμός, ρυθμός ομιλίας και άλλα φαινόμενα διάρκειας.....	20
2.2.4 Τόνος.....	20
2.2.5 Συνδέσεις.....	21
2.2.6 Μικροπροσωδία.....	21
2.3 Οικουμενική προσωδία και διαφορές ανά γλώσσα.....	22
2.3.1 Οικουμενικά προσωδιακά φαινόμενα οφειλόμενα σε φυσιολογικά αίτια: Απόκλιση και μείωση περιοχής	22
2.3.2 Άλλες γενικευμένες παρατηρήσεις.....	23
2.3.3 Προσωδιακές διαφορές ανά γλώσσα.....	24
2.4 Η σημασία της προσωδίας για σύνθεση και αναγνώριση φωνής	24
2.5 Συμπέρασμα: Μερικές παρατηρήσεις ορολογίας και σχέσεις με άλλα γλωσσολογικά πεδία.	26
Βιβλιογραφία.....	29
Λεξιλόγιο Αγγλικών όρων.....	31
Πίνακας Συντμήσεων	32

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μέτρηση του ήχου: Τα βασικά μεγέθη για τη μέτρηση του ήχου είναι η ηχητική πίεση $p(t)$, η ειδική ακουστική αντίσταση p/v όπου v η ταχύτητα των σωματιδίων και η ένταση του ήχου I . Συνήθως ως σύστημα μέτρησης χρησιμοποιείται το CGS. Η διαφορά σε dB των επιπέδων δύο ήχων εντάσεων I_1 και I_2 είναι $\Delta L = 10 \log(I_1/I_2)$.

Κατώφλι ακοής: Έτσι ονομάζεται η στάθμη ενός ήχου που ανιχνεύεται με πιθανότητα 50%. Ως όριο πόνου ορίζεται το άνω όριο της περιοχής ακοής του ανθρώπου.

Το "όριο διαφοράς" είναι η μόλις καταγραφόμενη διαφορά από το αυτί σε ένα ήχο όταν αλλάζει ένα χαρακτηριστικό του, πχ το DL για συχνότητα είναι κάτω του 1% στη κεντρική συχνότητα.

Επικάλυψη έχουμε όταν η παρουσία ενός ήχου κάνει αδύνατο το άκουσμα ενός άλλου. Από τη μελέτη επικάλυψης με δεδομένο ότι ο επικαλυπτής είναι σταθερής στάθμης και συχνότητας προκύπτει: -Σχεδόν δεν εμφανίζεται επικάλυψη πάνω από μια ευρεία ζώνη συχνοτήτων. -Η επικάλυψη είναι μέγιστη γύρω από τη συχνότητα του επικαλυπτή. -Στη πλευρά χαμηλών συχνοτήτων της "κορυφής" η επικάλυψη πέφτει απότομα και σε μικρή περιοχή συχνοτήτων εξαφανίζεται. Το ίδιο συμβαίνει και στη πλευρά υψηλών συχνοτήτων αλλά πιο αργά.

Το ακουστικό σύστημα χρησιμοποιεί χωριστά "κανάλια" για τόνους διαφορετικών συχνοτήτων.

Κρίσιμο έθρος ζώνης καλείται το πλάτος της κορυφής στο πρότυπο επικάλυψης.

Το ακουστικό σύστημα εκτελεί ένα ειδικό τύπο ανάλυσης συχνότητας. Η κατανομή της έντασης σήματος στα "κανάλια" καθορίζεται από το ακουστικό κανάλι.

ΠΡΟΣΩΔΙΑ: Υπάρχουν 4 επίπεδα εκδήλωσης των προσωδιακών φαινομένων.

Επίπεδο γλωσσολογικής πρόθεσης: Η προσωδία χρησιμοποιείται για μετάδοση γλωσσολογικών διακρίσεων τονίζοντας στοιχεία ενός κειμένου, σημειώνοντας όρια, προσδιορίζοντας μεταβάσεις μεταξύ λέξεων φράσεων ή προτάσεων.

Επίπεδο εκδήλωσης της άρθρωσης: Τα προσωδιακά φαινόμενα εκδηλώνονται ως τροποποιήσεις της αρθρωτικής κίνησης όπως: -μεταβολές στο πλάτος των κινήσεων της άρθρωσης, -μεταβολές στη πίεση του αέρα, - ειδικά μορφές ηλεκτρικών παλμών των νεύρων κύρια του λάρυγγα.

Επίπεδο ακουστικής πραγματοποίησης: Αυτή ορίζεται ποσοτικά μέσω της ανάλυσης ακουστικών σημάτων. Βασικές ακουστικές παράμετροι στη προσωδία είναι η θεμελιώδης συχνότητα, η ένταση και η διάρκεια.

Επίπεδο αντίληψης: Ο ακούων εξάγει γλωσσολογικές και παραγλωσσολογικές πληροφορίες από τα προσωδιακά φαινόμενα μέσω του αντιληπτικού μηχανισμού. Η ταξινόμηση γίνεται σύμφωνα με την υποκειμενική εμπειρία του ακούοντα.

Δυναμικό τονισμό ή τονισμό έχουμε όταν μια λέξη μπορεί να προφερθεί με περισσότερη ή λιγότερη ηχητική ένταση. Υπάρχει δυναμικός τονισμός λέξης, φράσης και πρότασης. Μια μόνο συλλαβή φέρει το δυναμικό τονισμό. Ο κύριος δυναμικός τονισμός αναγνωρίζεται πριν απ' όλους τους άλλους. Όταν εκείνος της φράσης αλλάζει ο τονισμός της λέξης διατηρείται.

Επιτονισμός. Γίνεται αντιληπτός ως μελωδία της ομιλίας. Έτσι για παράδειγμα ο κατηγορηματικός τύπος μιας πρότασης ξεχωρίζει από τον ερωτηματικό μέσω μιας διαφοράς στον επιτονισμό. Ο επιτονισμός πρωτίστως σχετίζεται με τη θεμελιώδη συχνότητα F_0 και δεν είναι προβλέψιμος γιατί η μεταβολή της F_0 εξαρτάται από πολλούς παραγόντες. Συνήθως χρησιμοποιείται στοιχειώδης επιτονισμός.

Ρυθμός και άλλα φαινόμενα διάρκειας. Ο ρυθμός σχετίζεται με τις μεταβολές στη ταχύτητα παραγωγής ομιλίας. Μια αργά εκφωνούμενη λέξη σηματοδοτεί την ειδικότερη σπουδαιότητά της ενώ μια τοπική επιτάχυνση σημαίνει ελαττωμένη σημασιολογική σπουδαιότητα.

Τόνος. Στις τονικές γλώσσες η σημασία των λέξεων προσδιορίζεται από τον επιτονισμό.

Συνδέσεις. Κατά τις μεταβάσεις μεταξύ των λέξεων υπάρχουν ειδικοί κανόνες για τοποθέτηση και παύση του δυναμικού τονισμού. Οι παύσεις τείνουν να γίνουν μεγαλύτερες όσο η φράση εξελίσσεται. Σε άλλες περιπτώσεις οι παύσεις εξαφανίζονται (liaison).

Μικροπροσωδία: Η προσωδία επηρεάζεται από τη δομή του φωνητικού τμήματος. Τα φαινόμενα αυτά δύσκολα εξιχνιάζονται λόγω ύπαρξης προσωδίας υψηλότερου επιπέδου.

Οικουμενική προσωδία. Υπάρχουν προσωδιακά φαινόμενα ίδια σ' όλες τις γλώσσες. Η «απόκλιση» και η «μείωση περιοχής» είναι οικουμενική προσωδία με φυσιολογικά αίτια. Αλλά καθολικά προσωδιακά φαινόμενα είναι η «ομαδοποίηση λέξεων» όπως η «ομαδοποίηση τόνου», η «συλλαβοποίηση» όπου οι μεμονωμένες συλλαβές είναι ευδιάκριτες στο ακουστικό σήμα ή στη λέξη περιεχομένου σε αντίθεση με τη λέξη λειτουργίας είναι πλέον πιθανό να περιέχονται τονισμένες συλλαβές.

Προσωδιακές διαφορές ανά γλώσσα υπάρχουν.

Στη σύνθεση της φωνής η προσωδία είναι σπουδαία για τη κατανόηση και τη φυσικότητα αυτής ενώ στην **αναγνώριση φωνής** εξάγονται προσωδιακές πληροφορίες για επιτυχείς αναγνωρίσεις. Εν γένει εξετάζεται πως μια γλώσσα πραγματοποιεί την "ομαδοποίηση" και την "έμφαση". Γνώση και κανόνες μεταφράζονται σε συστήματα ελέγχου και παραμέτρους μέτρησης.

Μερικές παρατηρήσεις: Δεν υπάρχει "τυποποιημένη τεχνική ορολογία" έτσι βρίθουν οι εννοιολογικές ασάφειες. Για αντικειμενικοποίηση ορισμών πρέπει να βρεθούν εύκολα μετρήσιμα κριτήρια από την εμπειρία. Η προσωδία συνδέεται με άλλα επίπεδα δομής της γλώσσας. Η φωνολογική θεωρία οφείλει πολλά σε εμπνεύσεις από τη προσωδία.

ΚΕΦΑΛΑΙΑ ΚΥΡΙΟΥ ΜΕΡΟΥΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Γενικά περί προσωδίας

Αναφέρονται τα επίπεδα εκδήλωσης της προσωδίας. Η εργασία ασχολείται με τη γλωσσολογική προσωδία

Τα προσωδιακά φαινόμενα λεπτομερώς

Αναλύονται λεπτομερειακά τα προσωδιακά φαινόμενα και δίδονται οι απαιτούμενοι ορισμοί

Οικουμενική προσωδία και διαφορές ανά γλώσσα

Αναφέρονται τα οικουμενικά προσωδιακά φαινόμενα και επισημαίνονται οι τρόποι αναζήτησης των διαφορών ανά γλώσσα.

Η σημασία της προσωδίας για τη σύνθεση και την αναγνώριση της φωνής

Συμπεράσματα

Δίδονται μερικές παρατηρήσεις κύρια σε σχέση με την ορολογία και αναφέρονται οι σχέσεις της προσωδίας με άλλα γλωσσολογικά πεδία

1 ΠΡΟΣΕΞΤΕ ΤΟΥΣ ΨΥΧΟΦΥΣΙΚΟΥΣ

1.1 Μέτρηση του ήχου.

Τα ηχητικά κύματα είναι πιεστικά κύματα που μπορούν να χαρακτηρισθούν από την ηχητική τους πίεση $p(t)$. Στις περισσότερες φορές το πλάτος των ταλαντώσεων της $p(t)$ είναι πολύ πολύ μικρό συγκρινόμενο με την βαρομετρική πίεση P_0 . Όταν ένα επίπεδο κύμα ταξιδεύει στον αέρα και η πίεση μεταβάλλεται ημιτονοειδώς με το χρόνο, η ταχύτητα των σωματιδίων μεταβάλλεται επίσης ημιτονοειδώς και σε φάση με τη πίεση. Στις περισσότερες περιπτώσεις θα αναφερόμεθα σε γραμμικά μέσα και γραμμικά συστήματα, έτσι μπορούμε να μελετήσουμε συστήματα στα οποία όλες οι φυσικές μεταβλητές που εμπλέκονται μεταβάλλονται ημιτονοειδώς με το χρόνο. Μια συνθετότερη κατάσταση μπορεί να εμφανισθεί προσθέτοντας ταλαντώσεις διαφορετικών συχνοτήτων - σύνθεση Fourier. Θα υποθέσουμε ότι οι μεταβλητές μεταβάλλονται στο χρόνο ως $e^{j\omega t}$ - οι πραγματικές κινήσεις όντας το πραγματικό μέρος αυτής της έκφρασης - και τα σύμβολα που θα χρησιμοποιούμε συνεχώς θα είναι το μιγαδικό πλάτη που θα πολλαπλασιάζονται με αυτή την εκθετική συνάρτηση,

Ως έχει ειπωθεί, σε ένα επίπεδο κύμα η πίεση p και η ταχύτητα v του σωματιδίου είναι συμφασικές, της ταχύτητας του σωματιδίου ούσης στη κατεύθυνση της μετάδοσης. Το πηλίκο p/v θα είναι τότε μια πραγματική ποσότητα. Στην ακουστική ο λόγος της πίεσης προς τη ταχύτητα είναι γνωστή ως η *ειδική ακουστική αντίσταση*. Σε μερικά πεδία της ακουστικής διευκολύνει η χρήση του παλαιομοδίτικου συστήματος μέτρησης CGS. Καθώς οι μονάδες c.g.s. χρησιμοποιούνται επίσης στη περισσότερη βιβλιογραφία για την υδροδυναμική του κοχλίου (δηλ. του εσωτερικού αυτιού) και τη δυναμική του μεσαίου αυτιού, θα παραμείνουμε σε μονάδες c.g.s. σ' αυτή τη παρουσίαση. Περιστασιακά, θα είναι ενδεδειγμένη η μετατροπή σε μονάδες MKS. Η πίεση του ήχου (p) εκφράζεται σε dyne/cm^2 , η, ισοδυνάμως, σε mbar. Ένας ήχος μεγέθους 1 mbar rms ηχητικής πίεσης είναι ένας αρκούντως δυνατός ήχος όπως σε μία έντονη συζήτηση. Σε μονάδες c.g.s. το πηλίκο p/v σε ένα επίπεδο κύμα ισούται με 42 (αναφερόμαστε σε 42 ακουστικά ohms). Οθεν, για $p=1\text{dyne/cm}^2$ η ταχύτης είναι $1/42\text{cm/sec}$ (rms). Η ένταση δηλ. η ενέργεια ανά μονάδα χρόνου που ρέει δια μέσου της μονάδας επιφανείας, είναι τότε $p v = 1/42 \text{ erg/sec cm}^2$. Μετατρέποντας το σε σύγχρονες μονάδες, τούτο είναι κάπως λιγότερο από $2.5 \times 10^{-5} \text{ watt/m}^2$.

Το κατώτατο κατώφλι ακρόασης είναι σε μια ηχητική πίεση γύρω στις 1000 φορές χαμηλότερη. Οι δυνατότεροι ήχοι που μπορούμε να ανεχθούμε είναι 300 φορές μεγαλύτεροι σε μέγεθος. Εξ αιτίας αυτής της πελώριας περιοχής είναι σύνηθες να χρησιμοποιείται λογαριθμική κλίμακα. Η κλίμακα αυτή βασίζεται στη σύγκριση των εντάσεων του ήχου. Η διαφορά ΔL σε decibels (dB) των επιπέδων δύο ήχων με εντάσεις I_1 και I_2 ορίζεται ως:

$$\Delta L = 10 \log_{10}(I_1/I_2).$$

Επειδή η ένταση είναι ανάλογη του τετραγώνου της πίεσης του ήχου (η πίεση του ήχου και η ταχύτητα είναι ανάλογες), ο ίδιος ορισμός δίδεται σε σχέση με τις αντίστοιχες πιέσεις ήχου p_2 και p_1 :

$$\Delta L = 20 \log_{10}(p_2/p_1).$$

Είναι εύκολο να θυμηθεί κανείς ότι μια αλλαγή του πλάτους κατά τον παράγοντα ρίζα 2 - μια αλλαγή της έντασης κατά τον παράγοντα 2 - είναι ισοδύναμο με μια διαφορά στάθμης πίεσης ήχου 3 dB. Η (απόλυτη) *στάθμη πίεσης ήχου* (SPL)

ορίζεται σε σχέση με μία standard πίεση ήχου p_0 των 0.0002 dyne/cm^2 (κατά προσέγγιση ισοδύναμη με $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$)* ως

$$L=20\log_{10}(p/p_0)$$

ή, σε σχέση με την ισοδύναμη standard ένταση $I_0=9.52 \times 10^{10} \text{ erg/sec cm}^2$ (ισοδύναμη με $9.52 \times 10^{-13} \text{ W/m}^2$),

$$L=10\log(I/I_0).$$

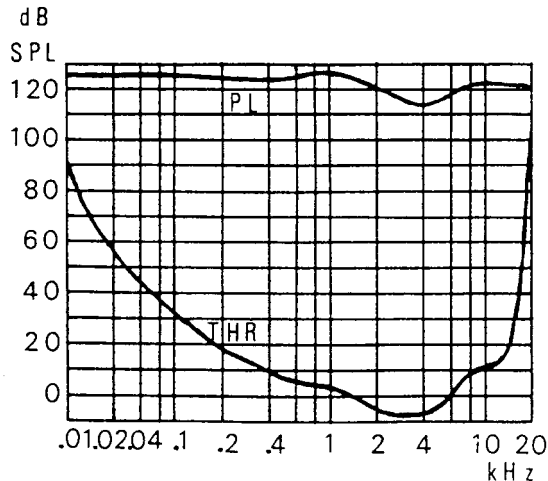
1.2 Κατώφλι ακοής

Το επίπεδο αναφοράς για τη στάθμη της πίεσης του ήχου έχει επίτηδες επιλεγεί τόσο χαμηλό, το κατώτατο κατώφλι ακρόασης κείται ακριβώς κάτω από αυτό. Έτσι δύσκολα θα συναντήσουμε αρνητικές τιμές πίεσης ήχου στην ακρόαση. Το *κατώφλι ακοής* ορίζεται με το παρακάτω τρόπο. Ηχος παρουσιάζεται σε ένα δωμάτιο απαλλαγμένο από ανακλάσεις ήχου, π.χ. μέσω μεγαφώνου, σε ένα παρατηρητή που έχει πάρει εντολές να δεικνύει οσάκις νομίζει ότι ακούει ένα ήχο. Τα σήματα παρουσιάζονται σαν ριπές τόνου διάρκειας, έστω, ενός δευτερολέπτου, με τις εντάσεις τους όντας τυχαίες μεταβλητές με τιμές γύρω από το αναμενόμενο κατώφλι. Το επίπεδο στο οποίο ο παρατηρητής ανιχνεύει το σήμα με μια πιθανότητα του 50% ορίζεται ως το κατώφλι ακοής. Ουσιαστικά, για να αφαιρεθούν επηρεασμοί όπως ο υποκειμενισμός του παρατηρητή, πιο πολύπλοκα πειράματα χρησιμοποιούν ακόμη πιο σύνθετα πειραματικά δεδομένα αλλά θα τα αφήσουμε εκτός του ενδιαφέροντός μας.

Από τη σκοπιά της σχεδόν γραμμικής συμπεριφοράς πολλών ιδιοτήτων της ακοής, ριπές ημιτονοειδούς τόνου χρησιμοποιούνται ως διεγέρσεις σ' αυτό το τύπο του τεστ. Η εικ.1 δείχνει το κατώφλι (σε dB SPL) ως μια συνάρτηση της συχνότητας των ριπών τόνου. Το κατώφλι παίρνει τη κατωτάτη του τιμή στη περιοχή των 1-3 KHz. Και στις δύο πλευρές της ακουστικής περιοχής το κατώφλι ανεβαίνει σε στάθμη δηλαδή γινόμαστε λιγότεροι ευαίσθητοι. Αυτό θα αποτελέσει ένα λόγο να ενδιαφερθούμε αργότερα για να καθορίσουμε την αιτία γι' αυτή τη μείωση της ευαισθησίας.

Το άνω όριο της δικής μας περιοχής ακοής είναι λιγότερο εύκολο να ορισθεί. Όταν ακούμε ένα ήχο που συνεχώς δυναμώνει, αυτός γίνεται όλο και περισσότερο ενοχλητικός και τελικά αρχίζουμε να αισθανόμαστε πόνο. Το *όριο πόνου* - κάτι σαν ορισμός της αρρώστιας για εμφανείς λόγους - φαίνεται επίσης στην εικ.1 Πάνω από μια ουσιώδη περιοχή συχνοτήτων η διαφορά μεταξύ του κατωφλιού ακοής και του ορίου πόνου είναι 100 - 120 dB, που αντιστοιχεί σε ένα συντελεστή 10^{12} σε ένταση και 10^6 σε πλάτος. Αληθινά μια εκπληκτική ιδιότητα. Στην ηλεκτρονική για παράδειγμα, είναι σήμερα πολύ δύσκολα να κατασκευασθεί ένας ενισχυτής με μία εξ ίσου ευρεία περιοχή.

* $1 \text{ Pa}=1 \text{ N/m}^2$



Εικ.1 Η περιοχή ακουστότητας. Συντεταγμένη: συχνότητα σε KHz; τεταγμένη: στάθμη πίεσης ήχου σε dB. THR: κατώφλι ακουσιτότητας PL: όριο πόνου. Λαμβανόμενο από: Speech and hearing in communication από τον Harvey Fletcher, (c) 1953 υπό την Litton Educational Publishing, Inc. Ανατύπωση με την άδεια της Van Nostrand Reinhold Company (εικ. 95, σελ. 134).

Τι είδος πειράματος μπορούμε να επινοήσουμε, τώρα, για να λάβουμε ποσοτικά δεδομένα σχετικά με τις εντυπώσεις που αποκομίσαμε για τους ενδιάμεσους ήχους? Εδώ παρατηρούμε μια από τις τυπικές τακτικές των ψυχοφυσικών. Στο τεστ για το κατώφλι ακουστότητας δίδουμε εντολή στο παρατηρητή να αναφέρει κάθε φορά που δεν ακούει τίποτα. Δεν ενδιαφερόμαστε για το τι ακούει, αλλά μόνο χρησιμοποιούμε την ένδειξη του για το αν ακούει κάτι ή όχι. Μειώνουμε έξυπνα το αντιληπτικό έργο σε μια ναι ή όχι κατάσταση: εάν το αίτιο ανιχνεύθηκε ή όχι.

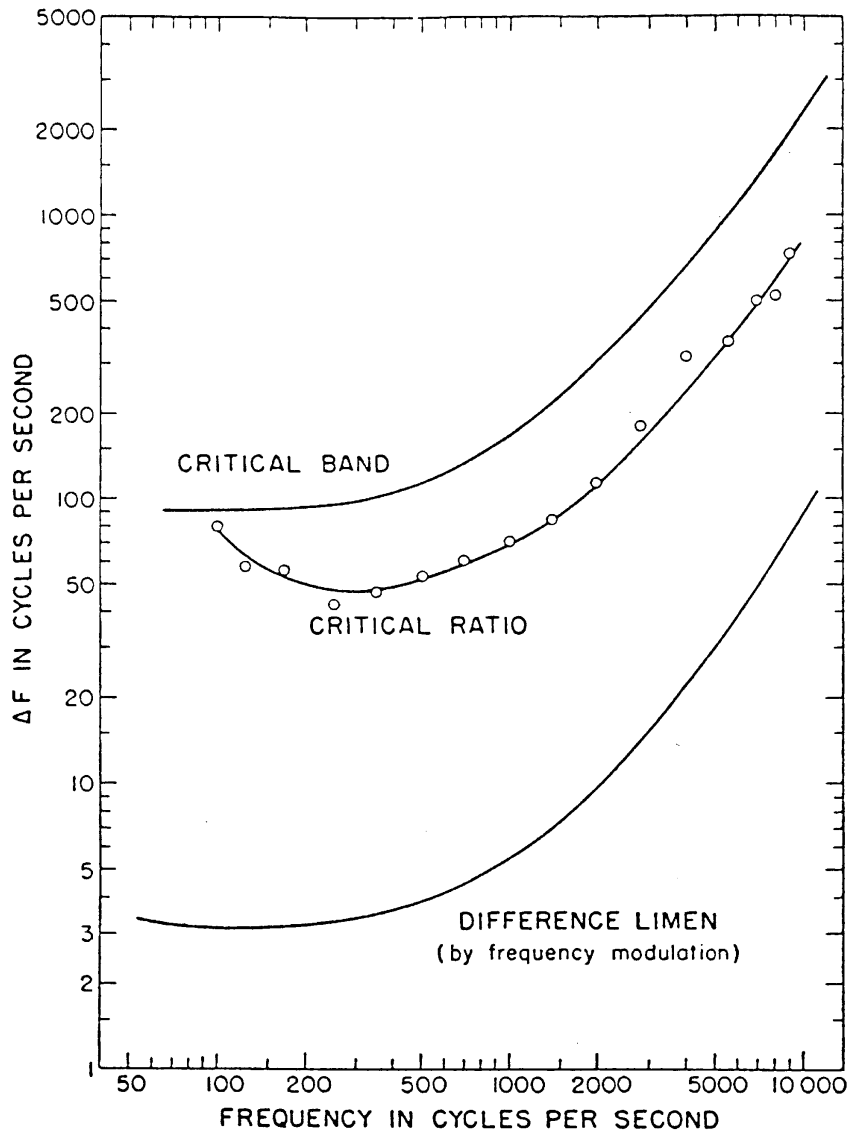
Υπάρχει ένας σχετικός δρόμος για να ερευνηθεί η περιοχή άνω του ορίου ακρόασης δηλαδή η περιοχή με ήχους πάνω από το κατώφλι ακοής. Ένας ήχος παρουσιάζεται και ένα επί μέρους χαρακτηριστικό μεταβάλλεται, ο παρατηρητής τότε ερωτάται εάν σημείωσε ή όχι τη διαφορά στον ήχο. Επί παραδείγματι, το επίπεδο της ηχητικής πίεσης μεταβάλλεται κατά 5dB. Οι περισσότεροι παρατηρητές εύκολα αυτό το παρατηρούν. Μετά μια μικρότερη διαφορά παρουσιάζεται, και πάει λέγοντας. Τότε θα υπάρξει ένα επίπεδο διαφοράς που μπορεί να ανιχνευθεί με 50 % πιθανότητα. Αυτό το επίπεδο διαφοράς είναι γνωστό ως το "όριο διαφοράς" (DL) ή η "μόλις καταγραφόμενη διαφορά" (jnd). Για όχι τόσο απαλούς ήχους το όριο διαφοράς σε ένταση είναι περίπου 1 dB. Κάτω από τα 20 - 30 SPL το όριο διαφοράς αυξάνεται, και πάνω από τα 60 dB SPL μειώνεται κατά περίπου 0.3 dB, το λιγότερο για ριπές τόνου.

Αντιληπτικά, είναι δυνατό να κατασκευασθεί μια αλληλουχία από ήχους, κάθε ένας όντας μόλις καταγραφόμενα δυνατότερος από τον προηγούμενο του. Οι ήχοι αυτοί θα διαφέρουν κατά 1 dB περίπου και ο απαραίτητος αριθμός βημάτων για μετάβαση από τον ένα ήχο με ένταση I_1 στον άλλο με ένταση I_2 θα είναι περίπου ίσος με τον αριθμό των dBs που τα επίπεδα πίεσης των ήχων διαφέρουν - ΔL σύμφωνα με την εξίσωση (2-α). Αυτή η λογική δίνει κάποια δικαιολογία για τη χρήση των dB ως μονάδας μέτρησης. Πραγματικά πειράματα σ' αυτό το σημείο έδειξαν ότι αυτή η συλλογιστική δεν είναι πολύ ακριβής, έτσι μπορεί να χρησιμοποιείται μόνο σαν μια γενική κατευθυντήρια γραμμή.

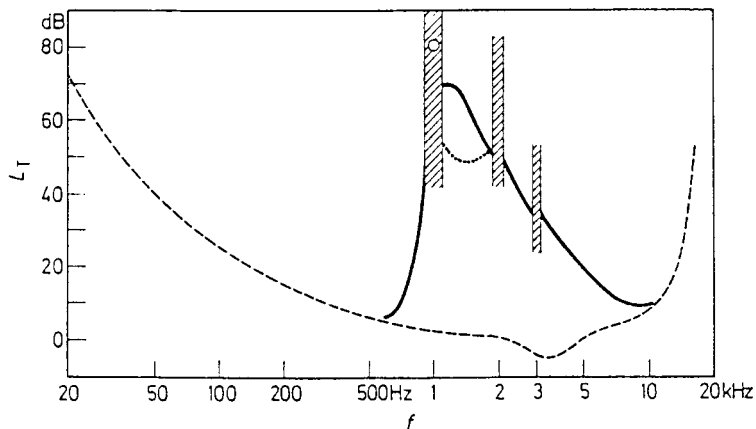
Εδώ παρουσιάζονται οι μετρήσεις του DL για ένταση καθαρών τόνων. Μπορούμε επίσης να μεταβάλλουμε τη συχνότητα και να πάρουμε τη DL για συχνότητα. Τότε συναντάμε μια άλλη από τις καταπληκτικές ιδιότητες του ακουστικού συστήματος. Στη περιοχή της κεντρικής συχνότητας η DL για συχνότητα είναι σαφώς κάτω από το 1% . Η εικ.2 (κατώτερη καμπύλη) δείχνει μερικά αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα. Οι τιμές που βρέθηκαν σε διαφορετικά πειράματα διαφέρουν κατά τι μεταξύ τους ως αποτέλεσμα των διαφορετικών πειραματικών τεχνικών. Σε οιαδήποτε γεγονός, το αυτί εμφανίζεται να είναι πολύ οξυδερκές στη διάκριση της συχνότητας. (Οι άλλες καμπύλες σ' αυτή την εικόνα θα περιγραφούν αργότερα).

Στα παρακάτω θα ασχοληθούμε με περισσότερο σύνθετα σήματα. Πολλή εργασία έχει συμπληρωθεί με τη τεχνική της *επικάλυψης*. Η παρουσία ενός ήχου μπορεί να κάνει αδύνατο το άκουσμα ενός άλλου και οσάκις αυτό συμβαίνει ο δεύτερος ήχος λέγουμε ότι επικαλύπτεται από τον πρώτο. Εάν διατηρήσουμε ίδιο τον ήχο που επικαλύπτει και μεταβάλλουμε το επίπεδο του επικαλυπτόμενου, μπορούμε να ορίσουμε το κατώφλι του επικαλυπτόμενου ήχου. (Εδώ έχουμε μια άλλη κατάσταση όπου ερευνούμε τις ιδιότητες των ήχων πάνω από το όριο ακοής με τη διαδικασία της ναί/όχι τεχνικής). Παίρνουμε για παράδειγμα ένα τόνο ως σήμα επικάλυψης και διατηρούμε τη στάθμη και τη συχνότητα του σταθερή (π.χ. στα 80 dB SPL και 1000 Hz, αντίστοιχα). Ορίζουμε το κατώφλι ενός δευτέρου τόνου ως συνάρτηση της συχνότητας του. Τυπικά αποτελέσματα παρουσιάζονται στην εικ.3. Το πρώτο πράγμα που σημειώνουμε είναι ότι πάνω από το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής συχνότητας το κατώφλι με επικάλυψη σχεδόν συμπίπτει με το κανονικό κατώφλι χωρίς επικάλυψη. Μόνο στη γειτονιά της συχνότητας (1000 Hz) του τόνου που επικαλύπτει βρίσκουμε ανεβασμένα κατώφλια.

Θα ήταν εξαιρετική ανταμοιβή εάν μπορούσαμε να ερευνήσουμε την άμεση γειτονιά της συχνότητας του τόνου επικάλυψης με αυτό το τεστ. Δυστυχώς, τούτο δεν είναι δυνατό, δεξ τη σκιαγραμμισμένη επιφάνεια στην εικ.3. Όταν οι δύο τόνοι είναι πολύ κοντά σε συχνότητα, παράγουν ακουστικά κτύποι και είναι αδύνατο για τον παρατηρητή να κρίνει εάν ο δεύτερος τόνος είναι παρών ή όχι, αυτός μπορεί μόνο να εξακριβώσει την παρουσία ή την απουσία κτύπων και αυτό δεν είναι εκείνο που θέλουμε. Το πείραμα πρέπει ως εκ τούτου να τροποποιηθεί ελαφρά. Ο τόνος επικάλυψης αντικαθίσταται από μια εξαιρετικά στενή ζώνη τυχαίου θορύβου (εύρους ζώνης μερικών Hz). Φυσικώς, ένα τέτοιο σήμα μπορεί να περιγραφεί ως ένα ημιτονοειδές σήμα του οποίου το πλάτος και η φάση μεταβάλλονται συνεχώς αλλά αργά. Αντιληπτικά, τούτο ακούγεται ως ένας τόνος με κυμαινόμενη ένταση. Με ένα τέτοιο σήμα επικάλυψης καθίσταται πολύ ευκολότερο να μετρηθεί η πορεία της επικάλυψης στη περιοχή γύρω από τη μέση συχνότητα γιατί κανονικοί κτύποι δεν παρατηρούνται πλέον.



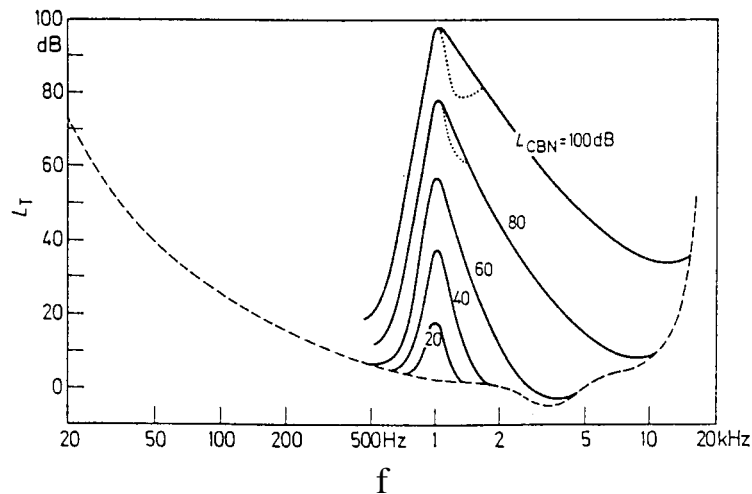
Εικ. 2. Όριο διάκρισης συχνότητας καθαρών τόνων (κάτω καμπύλη). Κρίσιμο εύρος ζώνης (άνω καμπύλη). Ο κρίσιμος λόγος (ενδιάμεση καμπύλη) ορίζεται από πειράματα επικάλυψης με θόρυβο ευρείας ζώνης ως επικαλυπτή, τούτο δεν καλύπτεται στο κείμενο. After E. Zwicker et al., J. Acoust. Soc. Am. 29 (1957) 548-557 (fig.12).



Εικ. 3. Υπόδειγμα επικάλυψης παραγόμενο από ένα επικαλυπτή καθαρού τόνου. Συνεχής γραμμή: κατώφλι χωρίς επικάλυψη. Διαγραμμισμένες περιοχές: περιοχές όπου ακούγονται κτυπήματα. Εστιγμένη γραμμή: κατασκευή οφειλόμενη σε ακουστικό συνδυασμό τόνων. Ο κύκλος δεικνύει τη συχνότητα και τη στάθμη του τόνου επικάλυψης. After E. Zwicker, στο: Handbook of sensory physiology, part V/2, eds. W.D. Keidel and W. D. Neff (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1975) (εικ.2, σελ.404).

Η εικ.4 παρουσιάζει τα αποτελέσματα των πειραμάτων επικάλυψης με τον επικαλυπτή στενής ζώνης. Η ερμηνεία της εικ.4 δίδεται απ' ευθείας. Κοντά στη συχνότητα του τόνου επικάλυψης βρίσκουμε μια περιοχή που η επικάλυψη είναι ανώτατη, αυτή η περιοχή εκτείνεται περίπου πάνω από το ένα τρίτο μιας οκτάβας (λόγος του ανώτερου προς το κατώτερο όριο συχνότητας περίπου 1.25). Στη πλευρά των χαμηλών συχνοτήτων αυτής της "κορυφής" η επικάλυψη πέφτει πολύ γρήγορα και εντός μιας μικρής περιοχής συχνότητας η επικάλυψη φαίνεται να εξαφανίζεται πλήρως. Στη πλευρά της υψηλών συχνοτήτων η επικάλυψη μειώνεται επίσης αλλά αρκετά πιο αργά. Το πρότυπο επικάλυψης εμφανίζει κυματώσεις που προδίδουν μερικά επί πλέον φαινόμενα.

Δύο χαρακτηριστικά αναδύονται από την εικ. 4 που αξίζει να θυμόμαστε. Το πρώτο είναι ότι σχεδόν δεν εμφανίζεται επικάλυψη πάνω από μια ευρεία περιοχή συχνοτήτων. Αντιθέτως, η επικάλυψη είναι μεγίστη σε μια περιορισμένη περιοχή συχνοτήτων, ευρισκόμενη γύρω από τη συχνότητα του τόνου επικάλυψης. Το δεύτερο χαρακτηριστικό είναι η εξαιρετικά απότομη κλίση του προτύπου επικάλυψης στην αριστερή πλευρά, αυτή η κλίση είναι της τάξεως των 100 dB/οκτάβα, μερικές φορές μεγαλύτερη. Είναι δυνατό να διακρίνει κανείς ένα τρίτο χαρακτηριστικό που είναι σαφώς ορατό στην εικ. 4. Όταν η στάθμη του τόνου επικάλυψης αυξάνεται το πρότυπο επικάλυψης γίνεται σταδιακά πιο ασύμμετρο.



Εικ. 4. Πρότυπο επικάλυψης παραγόμενο από σήμα θορύβου στενής ζώνης. Παράμετρος: στάθμη του σήματος επικαλυπτή. Από τον E. Zwicker, στο: Handbook of sensory physiology, μέρος V/2, eds. W.D. Keidel and W. D. Neff (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1975) (εικ.4, σελ.406).

Για λόγους απλούστευσης θα αφήσουμε το τελευταίο χαρακτηριστικό έξω από τη παρούσα συζήτηση, θα έχουμε ικανή ευκαιρία να επανέλθουμε σε αυτό αργότερα. Το ότι ένας τόνος επικάλυψης ασκεί τον επηρεασμό του μόνο πάνω από μια περιορισμένη περιοχή συχνοτήτων οδηγεί βάσιμα στην υπόθεση ότι το ακουστικό σύστημα χρησιμοποιεί χωριστά "κανάλια" για τόνους διαφορετικών συχνοτήτων [26]. Το πλάτος της κορυφής στο πρότυπο επικάλυψης δεικνύει τότε το ενεργό εύρος ζώνης αυτών των καναλιών. Αυτό το εύρος είναι γνωστό ως το *κρίσιμο*

εύρος ζώνης και μπορεί να μετρηθεί με πολλούς τρόπους αλλά η περιγραφή των μεθόδων αυτών μπορεί να μας οδηγήσει πολύ μακριά, προς το παρόν (δες Feldtkeller and Zwicker [18]). Το κρίσιμο εύρος ζώνης δεικνύεται στην εικ. 2.2 (άνω καμπύλη) ως συνάρτηση της συχνότητας. Το προηγούμενο τεστ παρήγαγε μικρότερες τιμές του κρίσιμου εύρους ζώνης, καθώς εξακριβώθηκε με την τρίτη καμπύλη σ' αυτή την εικόνα (οφειλόμενο στον Fletcher [20]).

Ιδωμένο από μια άλλη οπτική, το ακουστικό σύστημα φαίνεται σαν ένα σύστημα που αναλύει συνιστώσες διαφορετικής συχνότητας σε διαφορετικές ζώνες. Με αυτή την έννοια το ακουστικό σύστημα εκτελεί ένα ειδικό τύπο ανάλυσης συχνότητας. Το κρίσιμο εύρος ζώνης τότε αναδεικνύεται ως το όριο εκτέλεσης αυτής της ανάλυσης.

Ο αναγνώστης πρέπει να προειδοποιηθεί ότι τα κανάλια δεν πρέπει να θεωρηθούν σταθερά; σε διάφορες καταστάσεις το ακουστικό σύστημα ενεργεί ως εάν τα κανάλια είναι τοποθετημένα έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μικρότερη παρεμβολή. Σημειώνεται ότι το εύρος ζώνης των καναλιών δεν είναι μικρό, είναι της τάξεως του ενός τρίτου μιας οκτάβας. Τα σύνορα μεταξύ των καναλιών εν τούτοις είναι μάλλον οξεία, επειδή τα πρότυπα επικάλυψης μπορεί να είναι πολύ απότομα. Επί πλέον, το κρίσιμο εύρος ζώνης δεν είναι ο μικρότερος δυνατός δείκτης της ανάλυσης. Το DL για συχνότητα είναι πολύ μικρότερο, δες εικ.2. Αυτό δείχνει ότι η περιγραφή του ακουστικού συστήματος ως ενός συστήματος καναλιών είναι μια υπεραπλούστευση. Μια τέτοια περιγραφή μπορεί να εξυπηρετήσει ένα ειδικό σκοπό αλλά είναι χωρίς έννοια το να θεωρηθεί ότι εξαντλεί όλες τις περιπτώσεις.

Σ' αυτό το σημείο έχουμε μάθει να συσχετίζουμε μια μέτρηση της ανάλυσης της συχνότητας με την ακουστική ανάλυση. Είναι κατάλληλη η στιγμή να εστιάσουμε τη προσοχή μας στο ακριβώς αντίθετο, στην ολοκλήρωση (σύνθεση) συχνοτήτων. Ας επιστρέψουμε στη κατάσταση που συζητήθηκε εν ολίγοις στο πρώτο τμήμα: η αντίληψη μιας σειράς ήχων ομιλίας. Μεταξύ των ήχων της ομιλίας, τα φωνήεντα είναι τα σπουδαιότερα. Κάθε φωνήεν χαρακτηρίζεται από μία ή περισσότερα formants, π.χ. έχει στο φάσμα συχνοτήτων του μία ή περισσότερες περιοχές συχνοτήτων όπου η ένταση είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τις γύρω περιοχές [π.χ.,17, 19]. Τούτο είναι αληθές ανεξάρτητα εάν το φωνήεν ψιθυρίζεται ή ομιλείται με "φωνή". Στη δεύτερη περίπτωση το κύμα ομιλίας είναι (σχεδόν) περιοδικό και το φάσμα αποτελείται (σχεδόν) από διακριτές γραμμές. Τα formants σ' αυτή τη περίπτωση είναι εμφανή στη περιβάλλουσα του (γραμμικού) φάσματος. Η ακουστική ανάλυση, με το κρίσιμο εύρος ζώνης ως το όριο της ανάλυσης της, φαίνεται να βρίσκει εφαρμογή στη κατάσταση αυτή: πολλές από τις φασματικές γραμμές δεν αναλύονται σε χωριστά κανάλια αλλά προχωρούν κατά γκρουπ. Συνήθως τα διαφορετικά formants ξεχωρίζονται καλώς με αυτόν τον τρόπο και μπορούμε αμέσως να καταλάβουμε ότι ένα σετ από σπουδαίες παραμέτρους που καθορίζεται από το ακουστικό κανάλι είναι η κατανομή της έντασης σήματος στα κανάλια. Για ένα πιο λεπτολόγο δείκτη μπορούμε να υποθέσουμε ότι οι ενεργές συχνότητες της φόρμας και τα εύρη των ζωνών πρέπει να είναι καθορισμένα αλλά αυτό είναι μια λεπτομέρεια που είναι καλύτερα να την αφήσουμε έξω από την παρούσα περιγραφή επειδή μας οδηγεί πολύ μακριά.

Εκείνο που προσπαθήσαμε να κάνουμε σ' αυτό το μέρος είναι να δώσουμε μια γενική περιγραφή της λειτουργίας του ακουστικού συστήματος υπό μία πολύ

γενική έννοια. Μερικές έννοιες αναδύθηκαν ως σπουδαίες, σημειώνοντας αυτή του κρίσιμου εύρους ζώνης. Για τις επεξεργασίες περισσότερες λεπτομέρειες δεν είναι πράγματι απαραίτητες. Εν τούτοις θα πρέπει σαφώς να αναγνωρισθεί, ότι αυτό το μέρος δεν είναι μια πραγματική εισαγωγή στο αντικείμενο της ψυχοφυσικής. Θα έχουμε της ευκαιρία αργότερα να συζητήσουμε τις λεπτολογίες των ψυχοφυσικών μεθόδων και τις λεπτομέρειες των ψυχοφυσικών μοντέλων ακουστότητας όποτε θα υπάρξει μια ειδική ανάγκη γι' αυτό. Επί του παρόντος τα παραπάνω φαίνονται αρκετά για να πάρει κανείς μια γενική εικόνα.

¹Γλωσσολογία και φωνητική, Πανεπιστήμιο του Joensuu, FIN-80101 JOENSUU, Φιλανδία και εργαστήριο πληροφοριακής ανάλυσης της ομιλίας (LAIP) Πανεπιστήμιο της Λωζάνης, CH-1015 LAUSANNE, Ελβετία.

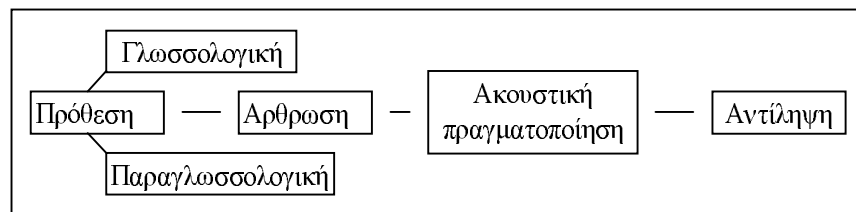
²Εργαστήριο πληροφοριακής ανάλυσης της ομιλίας (LAIP) Πανεπιστήμιο της Λωζάνης, CH-1015 LAUSANNE, Ελβετία.

2.1 Γενικά

Αυτό το κεφάλαιο περιέχει μια γενική εισαγωγή στην έννοια της προσωδίας. Αυτή περιγράφεται πρωτίστως από μια φαινομενολογική οπτική γωνία. Συζητούνται ορισμοί της προσωδίας, παραθέτονται περιγραφές της άρθρωσης της, δίδονται ακουστικές και αντιληπτικές εκδηλώσεις και εξετάζεται η θέση της προσωδίας μέσα σε ευρεία πεδία γλωσσολογίας και φωνητικής. Επίσης περιέχεται μια σύντομη επισκόπηση των τελευταίων ερευνών για το ρόλο της προσωδίας στη σύνθεση και την αναγνώριση της φωνής.

Σύμφωνα με το κλασικό ορισμό η προσωδία έχει να κάνει με τα χαρακτηριστικά της ομιλίας όπου το πεδίο δεν είναι ένα απλό φωνητικό τμήμα, αλλά ευρύτερες μονάδες περισσοτέρων του ενός τμήματος, πιθανά ολόκληρες προτάσεις, ακόμη και μακρύτερες εκφωνήσεις. Ως εκ τούτου τα φαινόμενα της προσωδίας συχνά καλούνται υπερτμηματικά (ο τίτλος μιας κλασικής μελέτης για τη προσωδία, Lehiste 1970). Φαίνονται να χρησιμοποιούνται για τη κατασκευή της ροής της ομιλίας και γίνονται αντιληπτά ως δυναμικός τονισμός ή τονισμός ή σαν άλλες μεταβολές του επιτονισμού, του ρυθμού και της ακουστότητας.

Τέσσερα βασικά επίπεδα εκδήλωσης των προσωδιακών φαινομένων μπορεί να διακρίνει κανείς. Αν και υπάρχει αξιοσημείωτη διάσταση των συγγραφέων σχετικά με τη χρήση της ορολογίας στη προσωδία (δες παρακάτω) μια πρώτη διαφοροποίηση των προσωδιακών φαινομένων σύμφωνα με αυτά τα τέσσερα επίπεδα εκδήλωσης είναι πιθανά χρήσιμη.



Εικ.5. Φάσεις προφορικής επικοινωνίας

2.1.1 Επίπεδο γλωσσολογικής πρόθεσης.

Σε κάθε γλώσσα με προφορικό λόγο, ο ομιλητής μπορεί να θεωρηθεί ότι μεταχειρίζεται προσωδιακούς κώδικες, ως άλλα στοιχεία ομιλίας, με ένα συγκεκριμένο σκοπό. Αυτός ο σκοπός μπορεί να επηρεάσει και τη γλωσσολογική και τη παραγλωσσολογική έκφραση. Με τον όρο γλωσσολογική έκφραση εννοείται κάθε προφορική έκφραση που χρησιμοποιεί στοιχεία γλώσσας. Τα παραγλωσσολογικά φαινόμενα περιλαμβάνουν μη λεκτικές φωνοποιήσεις όπως ονοματοποιία και συγκεκριμένες επιφωνηματικές εκφράσεις καθώς επίσης και τρόπους ομιλίας που κάνουν μια εκφώνηση να ακούγεται π.χ. θυμωμένη, ανήσυχη ή ειρωνική.

Η προσωδία εμφανώς παίζει ένα κυρίαρχο ρόλο και στους δύο τύπους του φαινομένου¹. Εν τούτοις, επειδή το παρόν βιβλίο αναφέρεται στις πλέον κανονικές μορφές ομιλίας που χρησιμοποιούνται στη αυτόματη επεξεργασία της ομιλίας, αυτό το κείμενο θα επικεντρωθεί αποκλειστικά στις εκδηλώσεις και τη σημειωτική δομή της *γλωσσολογικής* χρήσης της προσωδίας. Σ' αυτό το κείμενο είναι σπουδαίο να προσδιορισθεί η ακριβής φυσική σημασία των προσωδιακών φαινομένων όπως επίσης η χρήση των προσωδιακών φαινομένων για μετάδοση *γλωσσολογικών διακρίσεων*. Παραδείγματα γλωσσολογικών διακρίσεων που τείνουν να μεταδοθούν με την έννοια της προσωδίας είναι η διάκριση της ερωτηματικής πρότασης ή η σημασιολογική έμφαση ενός στοιχείου σε σχέση με τα προηγουμένως εκφραζόμενα. Η συστηματική γνώση για το πως τα φαινόμενα αυτά χρησιμοποιούνται στην ανθρώπινη ομιλία αναμένεται να παίζει ένα σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της φυσικότητας της τεχνικής ομιλίας. Αυτή η γνώση μπορεί επίσης να συνεισφέρει κάποτε στη βελτιωμένη λειτουργία των συστημάτων αναγνώρισης φωνής.

Από γλωσσολογική άποψη, η προσωδία είναι γενικά σκέψη του πως σχετίζονται διαφορετικά γλωσσολογικά στοιχεία μεταξύ τους, πρώτα απ' όλα τονίζοντας συγκεκριμένα στοιχεία ενός κειμένου, σημειώνοντας όρια και προσδιορίζοντας μεταβάσεις μεταξύ λέξεων, φράσεων ή προτάσεων. Γλωσσολογικά, διαφορετικά προσωδιακά φαινόμενα συνήθως κατηγοριοποιούνται ανάλογα του *τόνου*, *επιτονισμού* ή του *δυναμικού τονισμού*. Αυτοί οι όροι και η χρήση τους θα περιγραφούν παρακάτω με περισσότερες λεπτομέρειες.

2.1.2 Επίπεδο εκδήλωσης της άρθρωσης.

Σε επίπεδο άρθρωσης, τα προσωδιακά φαινόμενα φυσιολογικά εκδηλώνονται ως μια σειρά από τροποποιήσεις της αρθρωτικής κίνησης που μπορούν να

¹ Ενδιαφέροντως, δεδομένα από τη παθολογία της ομιλίας δείχνουν ότι η γλωσσολογική και παραγλωσσολογική προσωδία φαίνεται να επεξεργάζονται σε διαφορετικά ημισφαίρια του εγκεφάλου; δεξ πχ, Fromkin, 1987. Ταυτόχρονα, δεν είναι μόνο η διαφορά μεταξύ του δεξιού και αριστερού ημισφαιρίου που επηρεάζει τη προσωδία, επειδή προηγούμενες οργανικές βλάβες του δεξιού ημισφαιρίου αναφέρεται ότι παράγουν μια μονότονη και χωρίς έμφαση, αλλά διαφορετικά ανεπηρέαστη ομιλία -- έτσι με τον δυναμικό τονισμό και τη θεμελιώδη συχνότητα να επηρεάζουν επιλεκτικά και αφήνοντας άλλες πλευρές (πχ το χρονισμό) ανεπηρέαστες.

παρατηρηθούν με πολύπλοκες συσκευές (μαγνητογραφία, υπερήχους, ακτίνες Χ κλπ.). Από τότε που τα προσωδιακά φαινόμενα είναι βασικό να κατανοηθούν ως ένα διακριτό στρώμα των φαινομένων που προστίθενται στη κανονική σειρά άρθρωσης της ομιλίας, τα προσωδιακά φαινόμενα δεν προκαλούν από μόνα τους αναγνωρίσιμες αρθρώσεις. Μάλλον, αυτά εμφανίζονται ως συστηματικές τροποποιήσεις των "ουδετέρων" συμπεριφορών της άρθρωσης.

Ετσι για παράδειγμα, η δυναμικά τονισμένη συλλαβή /ej/ στο "atony"/'ejteni/δεν περιέχει μια αρθρωτική κίνηση διακριτή από μια πιο ουδέτερη άτονη άρθρωση της ίδιας συλλαβής στη λέξη "atonic" /ej'tonic/. Μάλλον, οι αρθρωτικές κινήσεις για τη παραγωγή του τονισμένου διφθόγγου /eg/ θα έτειναν να είναι πλατύτερες, μακρύτερες σε διάρκεια και περισσότερο διακριτές από άλλες διφθογγικές κινήσεις σε σύγκριση με αρθρώσεις της μη τονισμένης παραλλαγής. Ετσι σχετικές φυσικές παρατηρήσεις των προσωδιακών εκδηλώσεων τυπικά περιέχουν μεταβολές στο *πλάτος των κινήσεων της άρθρωσης*, μεταβολές στη *πίεση του αέρα* ή ειδικά πρότυπα *ηλεκτρικών παλμών των νεύρων* που οδηγούν το μυϊκό σύστημα της άρθρωσης, ειδικότερα εκείνων που νευρώνουν το λάρυγγα.

2.1.3 Επίπεδο ακουστικής πραγματοποίησης.

Η επενέργεια των μυών στο αναπνευστικό σύστημα και κατά μήκος της φωνητικής οδού οδηγεί στην εκπομπή φωνητικών κυμάτων. Αυτή η ακουστική πραγματοποίηση των προσωδιακών φαινομένων μπορεί να εξετασθεί και να ορισθεί ποσοτικά χρησιμοποιώντας την ανάλυση ακουστικών σημάτων. Οι βασικές ακουστικές παράμετροι που υπάρχουν στη προσωδία είναι η θεμελιώδης συχνότητα, η ένταση και η διάρκεια (δες κεφάλαιο 1, αυτού του βιβλίου). Τονισμένες συλλαβές, για παράδειγμα, τείνουν να εμφανίσουν υψηλότερη θεμελιώδη συχνότητα, μεγαλύτερο πλάτος και μακρύτερη διάρκεια σε σχέση με συγκρίσιμες άτονες συλλαβές².

2.1.4 Επίπεδο αντίληψης.

Τελικά, τα ακουστικά κύματα της ομιλίας συνήθως εισέρχονται στο αυτί του ακούοντα ο οποίος εξάγει γλωσσολογικές και παραγλωσσολογικές πληροφορίες από τα προσωδιακά φαινόμενα μέσω της αντιληπτικής διαδικασίας. Σ' αυτό το σημείο ψυχογλωσσολογικά τεστ μπορούν να καταστήσουν εμφανείς τις αντιδράσεις του ακούοντα στα προσωδιακά φαινόμενα. Αυτό το είδος των τεστ μπορεί να επιβεβαιώσει την εμφάνιση διαφορετικών προσωδιακών σημείων στην ομιλία. Επίσης μπορεί να επιβεβαιώσει τις ακουστικές διαφοροποιήσεις απαραίτητες να προκληθούν οι ελάχιστες αντιληπτικές διακρίσεις μεταξύ διαφορετικών προθέσεων του ομιλούντα. Σε επίπεδο αντίληψης, συνηθίζεται να

²Είναι καθαρά κατανοητό ότι αυτά είναι τάσεις, όχι κανόνες. Για παράδειγμα, συχνά βρίσκεται ότι οι τονισμένες συλλαβές χαρακτηρίζονται από μία ή δύο μόνο από τις τρεις κλασικές παραμέτρους (θεμελιώδης συχνότητα, πλάτος, διάρκεια), και ότι μερικές φορές, μια τονισμένη συλλαβή μπορεί πράγματι να έχει κατώτερη οιαδήποτε από αυτές τις παραμέτρους σε σχέση με την άτονη παραλλαγή της.

ταξινομούνται τα προσωδιακά φαινόμενα σύμφωνα με την υποκειμενική εμπειρία του ακούοντα, όπως παύσεις, μήκος, μουσικός τόνος/μελωδία και ακουστότητα.

2.2 Τα προσωδιακά φαινόμενα λεπτομερώς

Το ακουστικό πεδίο που μεσολαβεί μεταξύ της παραγωγής της ομιλίας από τον λέγοντα και της αντίληψης της από τον ακούοντα, αποτελεί κατά παράδοση την κυρία περιοχή για τη αυτόματη διαδικασία σύνθεσης και αναγνώρισης φωνής. Η αναπαραγωγή ακουστικών σημάτων χρησιμοποιεί εν γένει διαθέσιμη τεχνολογία, η καταγραφή των ακουστικών εκδηλώσεων της φωνής είναι φθηνή και απαραβίαστη και τα ακουστικά σήματα εύκολα υπολογίζονται μέσω αξιόπιστων τεχνικών. Αντιθέτως, οι αναλύσεις της άρθρωσης και της αντίληψης παραμένουν πολύ περισσότερο εργαστηριακές και συχνά περιέχουν τη χρήση περίπλοκων, ακριβών και μερικές φορές μη αξιόπιστων τεχνικών. Στη περιγραφή των προσωδιακών φαινομένων που ακολουθεί, προτεραιότης δίδεται στις αντίστοιχες γλωσσολογικές διακρίσεις των ακουστικών πλευρών της προσωδίας.

2.2.1 Δυναμικός τονισμός ή "Τονισμός"

Μια δοθείσα συλλαβή μπορεί να προφερθεί με περισσότερη ή λιγότερη ηχητική ένταση που γίνεται αντιληπτή όπως στο παράδειγμα «atony» σε σχέση με το «atónic» που δόθηκε παραπάνω. Αυτό το φαινόμενο αποκαλείται γενικά "stress" (δυναμικός τονισμός) στα Αγγλικά και συχνά καλείται "Τονισμός" σε άλλες γλώσσες. Σύμφωνα με τα διαφορετικά τους πεδία διακρίνουμε τρεις τύπους του δυναμικού τονισμού

δυναμικός τονισμός λέξης

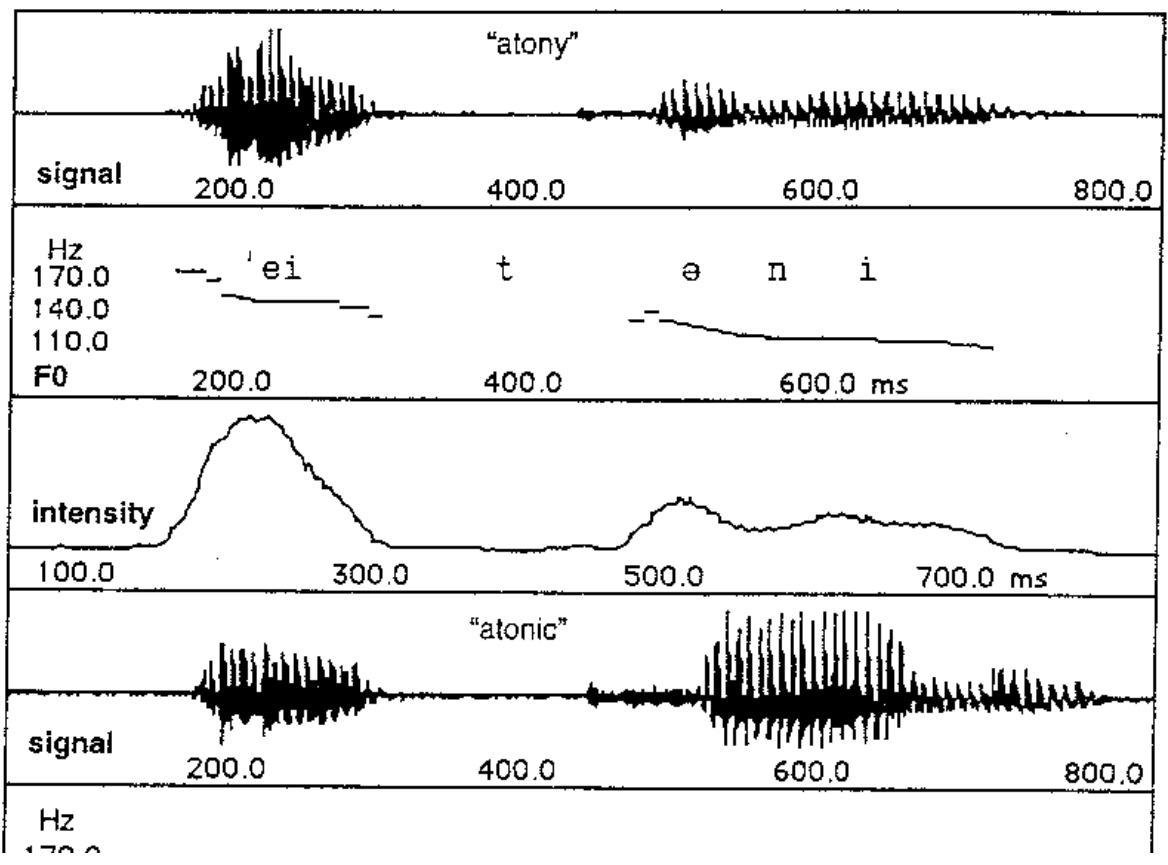
δυναμικός τονισμός φράσης

δυναμικός τονισμός πρότασης

Διάφοροι κανόνες που αφορούν τη κατανομή του stress και οι συστηματικές τους σχέσεις είναι ευρέως παραδεκτοί μεταξύ των γλωσσολόγων:

1. Αν και το πεδίο ενός δυναμικού τονισμού μπορεί να περιλαμβάνει ολόκληρες λέξεις, φράσεις ή προτάσεις, είναι πάντοτε μια μόνη συλλαβή που ουσιαστικά φέρει το δυναμικό τονισμό.
2. Στη διαδικασία αναγνώρισης της δυναμικά τονισμένης συλλαβής σε μία λέξη, φράση ή πρόταση που περιλαμβάνει διάφορες δυναμικά τονισμένες συλλαβές ο κύριος δυναμικός τονισμός αναγνωρίζεται πριν από όλους τους άλλους δυναμικούς τονισμούς.
3. Δυναμικοί τονισμοί φράσεων και προτάσεων γενικά ταυτίζονται με δυναμικούς τονισμούς λέξεων. Τα διάφορα επίπεδα των δυναμικών τονισμών αντικαθιστούν και ενισχύουν το ένα το άλλο. Για παράδειγμα, στη πρόταση

The manifestation of stress is different from its significance.



Εικ.6 «Atony» σε αντίθεση με την «atonic», θεμελιώδης συχνότητα και ανάλυση του πλάτους της περιβάλλουσας. Η δυναμικά τονισμένη συλλαβή /ej/ δείχνει μία υψηλότερη μέση F_0 και ένα πλάτος μεγαλύτερο από την άτονη παραλλαγή της.

υπάρχουν δύο κύριοι δυναμικοί τονισμοί φράσεων, ένας στη λέξη "manifestation" και ο άλλος στη λέξη "significance". Κάθε μία από αυτές τις λέξεις έχουν το δική τους σχετικώς περίπλοκο πρότυπο δυναμικού τονισμού³. Έχει βρεθεί ότι το ίδιο πρότυπο δυναμικού τονισμού της λέξης διατηρείται όταν ο δυναμικός τονισμός της φράσης αλλάζει. Για παράδειγμα, στις δύο προτάσεις:

The manifestation of its significance is not too evident.

The manifestation of its significance is not too evident.

Μόνο μία από τις δύο λέξεις φέρει βασικό δυναμικό τονισμό φράσης ενώ η άλλη φέρει ένα μειωμένο (επακριβώς το ποιά λέξη φέρει ποιο δυναμικό τονισμό εξαρτάται προφανώς από τη κύρια πρόθεση του ομιλούντα). Παρά τη μείωση του δυναμικού τονισμού φράσης, κάθε λέξη διατηρεί τη δική της "βασική" λεξική μορφή δυναμικού τονισμού.

Η ακουστική πραγματοποίηση του δυναμικού τονισμού γενικά επιτυγχάνεται με τη χρήση τουλάχιστον δύο ακουστικών παραμέτρων της προσωδίας, συχνά δε όλων και των τριών (θεμελιώδης συχνότητα, ένταση και διάρκεια). Η εικόνα 6 δεικνύει αυτές τις διαφορές σε σχέση με τη συλλαβή /ej/ στις λέξεις "atony" και "atonic". Μπορεί κανείς να δει ότι η δυναμικά τονισμένη συλλαβή /ej/ εμφανίζει μια υψηλότερη μέση F_0 και ένα μεγαλύτερο πλάτος από την αντίστοιχη άτονη.

2.2.2 Επιτονισμός

Το δεύτερο σπουδαίο προσωδιακό φαινόμενο είναι αυτό που γίνεται αντιληπτό ως μελωδία ομιλίας. Τούτο εν γένει καλείται "επιτονισμός". Οι ομιλούντες στις περισσότερες Ινδό-Ευρωπαϊκές γλώσσες μπορούν να επικοινωνούν με τρόπο πρότασης, όπως ο κατηγορηματικός σε σχέση με τον ερωτηματικό, με την έννοια των μεταβολών της μελωδίας με τις οποίες η πρόταση μεταφέρεται. Για παράδειγμα οι δύο προτάσεις:

Αυτός το έκανε.

Αυτός το έκανε?

εν γένει ξεχωρίζουν μέσω μίας διαφοράς των μορφών επιτονισμού όπου η πρώτη πρόταση φέρει μία πίπτουσα και η δεύτερη μία ανυψούμενη μορφή επιτονισμού (εικόνα 7).

³ Σε ένα σύστημα όπου τα επίπεδα του δυναμικού τονισμού δεικνύονται με αριθμούς που προηγούνται κάθε συλλαβής, το πρότυπο θα είναι κάτι σαν ²man-³i-⁴fest-¹a-³tion and ⁴sig-¹ni-³fi-²cance

Επίσης, ο επιτονισμός μπορεί να βοηθήσει στη μεταφορά παραγλωσσικών σχολίων επί των περιεχομένων μιας εκφώνησης. Για παράδειγμα στις παρακάτω εκφράσεις

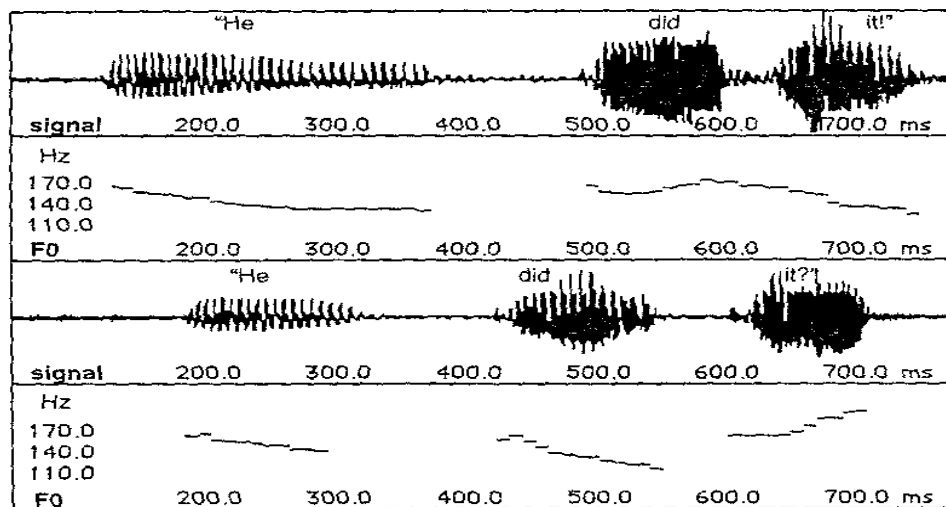
Ομιλητής 1: Είναι μια καλή λύση.

Ομιλητής 2: [αμφιβάλλων] Είναι μια καλή λύση ?

η επιτονική μορφή εκφράζει ένα συμπληρωματικό επιτονικό στρώμα αμφιβολίας που δεν γίνεται αντιληπτό μέσω μόνο μιας τμηματικής πληροφορίας.

Στην ακουστική του εκδήλωση, ο επιτονισμός πρωτίστως σχετίζεται με τη θεμελιώδη συχνότητα (F_0). Ετσι για παράδειγμα οι υψώσεις και πτώσεις της τελικής εκφώνησης του επιτονισμού που γίνεται αντιληπτός στα "αυτός το έκανε" και "αυτός το έκανε?" καλώς συλλαμβάνεται από τις κλίσεις της F_0 που φαίνονται στην εικόνα 7.

Στο κεφάλαιο σύνθεση φωνής, μια ενδιαφέρουσα ερώτηση αφορά την αλληλεπίδραση μεταξύ των μεταβολών της F_0 που επάγονται από το δυναμικό τονισμό και των επαγόμενων από τον επιτονισμό. Μια απλουστευμένη υπόθεση μπορεί να θεωρεί ότι τα δύο γεγονότα είναι συσσωρευτικά. Ετσι για παράδειγμα, στις δύο προτάσεις:



Εικ. 7. Αποτυπώματα θεμελιώδους συχνότητας για τον κατηγορηματικό και τον ερωτηματικό τύπο της πρότασης "He did it". Σε συντονισμό με την προσλαμβανόμενη εντύπωση, η F_0 πέφτει κατά τη διάρκεια της τελικής λέξης του κατηγορηματικού τύπου και ανεβαίνει για τον ερωτηματικό τύπο της πρότασης.

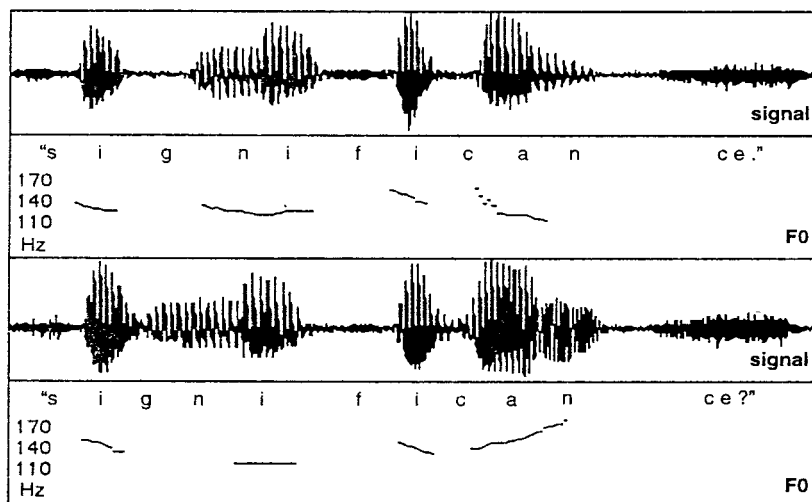
The manifestation of stress is different from its significance.
Is the manifestation of stress different from its significance?

η διαφορά συχνότητας μεταξύ του άτονου και του δυναμικό τονισμένου /i/ στη λέξη "significance" της κατηγορηματικής πρότασης πρέπει απλά να συναθροιστεί

με την ανύψωση της συχνότητας στην επιτονική καμπύλη της ερωτηματικής πρότασης.

Εν τούτοις, η μέτρηση της πραγματικής συχνότητας δείχνει ότι η ιστορία είναι λίγο πιο περίπλοκη. Στην εικόνα 8, η λέξη "significance" είναι καταγεγραμμένη στο κατηγορηματικό και τον ερωτηματικό τύπο ως παραπάνω. Ηχητική αναπαραγωγή έδειξε μια πλήρως αποδεκτή Αμερικάνικη προφορά των δύο προτάσεων.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της συχνότητας ήταν σε πλήρη διαφωνία με την υπόθεση. Πρώτον, η διαφορά συχνότητας μεταξύ του άτονου και του δυναμικά τονισμένου /i/ της κατηγορηματικής λέξης "significance" ήταν η αντίθετη του αναμενόμενου, επειδή το πρώτο άτονο /i/ είχε μια ελαφρά υψηλότερη μέση συχνότητα φωνήεντος (126 Hz) σε σχέση με το τονισμένο /i/ (120Hz). Δεύτερο, ο ερωτηματικός τύπος δείχνει την ίδια τάση, κάτι περισσότερο (140 για το άτονο, 114 για το τονισμένο /i/). Με αυτό το παράδειγμα βγαίνει το συμπέρασμα ότι ο ερωτηματικός επιτονισμός δεν χαρακτηρίζεται μόνο με ένα ανυψούμενο επιτονισμό, αλλά επίσης με ένα μεγαλύτερο "βύθισμα" στη βασική συχνότητα πριν την ανύψωση της τελικής λέξης στον επιτονισμό. Αυτό το "βύθισμα" συχνά βρίσκεται σε πολυσύλλαβες λέξεις χωρίς αρχικό δυναμικό τονισμό.



Εικ. 8. Η λέξη "significance" στο τέλος της κατηγορηματικής (άνω) και ερωτηματικής (κάτω) πρότασης. Το δυναμικά τονισμένο /i/ δείχνει μία χαμηλότερη F_0 στον ερωτηματικό από τον κατηγορηματικό τύπο. Το παράδειγμα δείχνει ότι κάτω από συγκεκριμένες περιστάσεις ένας τέτοιος δυναμικός τονισμός του προ-τελικής-προτάσεως " F_0 -βύθισματος", μπορεί να χαρακτηριστεί από ειδικά χαμηλό F_0

Οι συνέπειες τέτοιων πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων της F_0 είναι πολλαπλές.

Πρώτα απ' όλα, ο επιτονισμός δεν είναι καθόλου απλό να προβλεφθεί. Η έρευνα των τελευταίων τριάντα χρόνων έχει δείξει ότι η δομή της F_0 είναι υψηλής συνθετότητας και εμφανίζει μεγάλη μεταβλητότητα και μεταξύ διαφόρων ομιλούντων και σε ένα ομιλούντα. Υπόκειται σε μεταβολές οφειλόμενες στον αριθμό των συλλαβών, τη θέση του κύριου και του δευτερεύοντος δυναμικού

τονισμού, τη τοποθέτηση εντός της πρότασης και τις αλληλεπιδράσεις των επιτονισμένων μεταβλητών. Για την εύρεση της οι αναλυτές πρέπει να αποδεκτούν μερικές διαδικαστικές βεβαιότητες: Είναι συχνά μη ευκρινές ποια τμήματα ομιλίας πρέπει να μετρηθούν (πρέπει να περιληφθούν ή να εξαιρεθούν έρρινα και δασέα τμήματα?), και ποιές κατηγορίες είναι "αποδεκτές" ή και ακόμη "μπορούν να γίνουν αποδεκτές" από τις στοιχειώδεις επιτονικές.

Δεύτερον, ο επιτονισμός έτσι όπως χρησιμοποιείται στις περισσότερες συνθέσεις φωνής είναι ακόμη στοιχειώδης. Λίγα συστήματα επιτυγχάνουν επιτονικές διαμορφώσεις που πηγαίνουν πολύ πέραν των υποχρεωτικών τελικών ανυψώσεων της F_0 στην ερωτηματική πρόταση. Λιγότερα ακόμη παράγουν πιστευτές, σε επίπεδο λέξης, διαμορφώσεις. Υπάρχουν ακόμη πολλά να γίνουν για να μορφοποιηθούν ανθεκτικοί αλγόριθμοι που θα προβλέπουν επιτονικές διαμορφώσεις με οιονδήποτε βαθμό πιστευτότητας.

2.2.3 Ρυθμός, ρυθμός ομιλίας και άλλα φαινόμενα διαρκείας.

Ενα τρίτο προσωδιακό φαινόμενο σχετίζεται με τις μεταβολές στη ταχύτητα παραγωγής της ομιλίας. Αυτό αναδεικνύει διαφορετικές αντιληπτικές εντυπώσεις, εξαρτώμενες από το μήκος της διάρκειας της ομιλίας που τροποποιείται.

Εάν μία ολόκληρη εκφώνηση ή λόγος ομιλείται με γρήγορη, κανονική ή αργή ταχύτητα, τούτο αντιστοιχεί σε μία τροποποίηση του *ρυθμού* ή του *ρυθμός ομιλίας*.

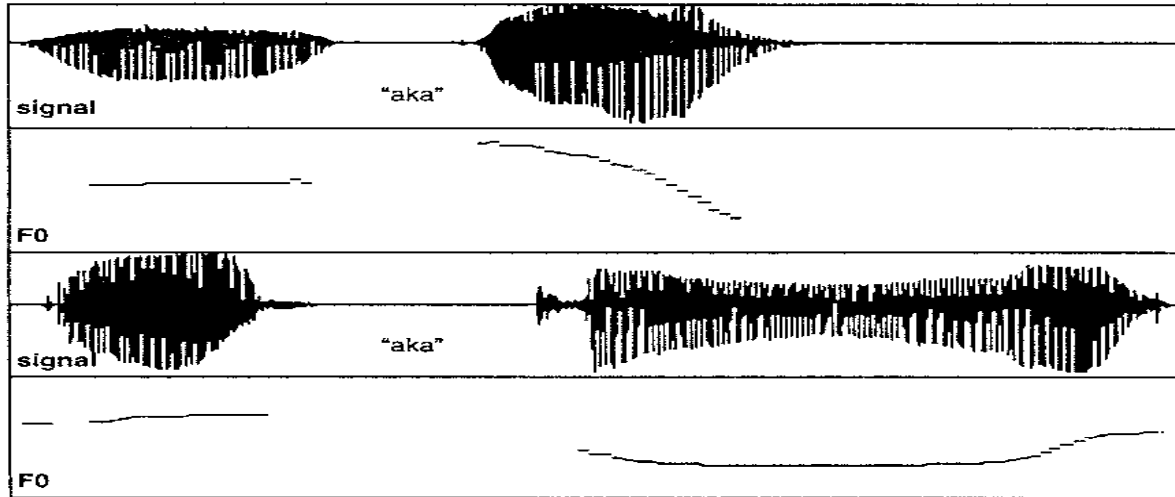
Εάν οι χρονικές μεταβολές είναι τοπικά φυσιολογικές, τα φαινόμενα διαρκείας πιθανά σχετίζονται με το *δυναμικό τονισμό* (*τονισμό*). Τοπικές βραδύτητες, έχοντες ως αποτέλεσμα μία αύξηση της διάρκειας μιας ολόκληρης λέξης ή τουλάχιστον μερικών εκ των συλλαβών της, είναι αντιπροσωπευτικές του δυναμικού τονισμού. Όπως όταν ομιλούμε χωρίς ιδιαίτερη ένταση, μία αργά εκφωνούμενη λέξη τείνει να σηματοδοτήσει την ειδικότερη σπουδαιότητα του περιεχομένου που μεταφέρεται με τη λέξη. Από το άλλο μέρος, τοπική επιτάχυνση σημαίνει ελαττωμένη σημασιολογική σπουδαιότητα.

Στο κεφάλαιο της αυτόματης επεξεργασίας φωνής, είναι σπουδαίο να σημειωθεί ότι ούτε οι τοπικές ούτε οι γενικές τροποποιήσεις του ρυθμού είναι γραμμικές. Τούτο σημαίνει ότι δεν είναι δυνατόν να παράγεις εξ ολοκλήρου ομιλία που να ακούγεται φυσική με το να επιταχύνεις ή να επιβραδύνεις τη κανονική ομιλία κατά μία σταθερά τιμή. Οι τροποποιήσεις του ρυθμού ομιλίας επηρεάζουν τα τμήματα της ομιλίας με φωνήεντα πολύ περισσότερο από τα συμφωνητικά, και εντός των συμφωνητικών τμημάτων, τα VOTs των τελικών συμφώνων και η διάρκεια των μεταβατικών μερών των ορίων μεταξύ φωνήεντος-συμφώνου ή συμφώνου-φωνήεντος μεταβάλλεται λιγότερο από τη διάρκεια των δασέων και έρρινων μερών.

2.2.4 Τόνος

Στις τονικές γλώσσες (γνωστό παράδειγμα είναι η Μανδαρινική Κινέζικη), συγκεκριμένες λέξεις διακρίνονται από άλλες μόνο με τη κατεύθυνση και τη καμπύλη μεταβολής της F_0 . Σ' αυτές τις περιπτώσεις, μελωδικές αντιθέσεις έχουν

φθογγικές τιμές: η σημασία των λέξεων προσδιορίζεται από τον επιτονισμό. Αυτή η διακριτή χρήση ενός προσωδιακού σημαδιού αποτελεί εξαίρεση, γιατί γενικά τα προσωδιακά φαινόμενα τείνουν να τροποποιήσουν λέξεις, φράσεις ή προτάσεις που έχουν μία σημασία ανεξάρτητη από τη δική τους διακριτή προσωδιακή πραγματοποίηση (εικόν 9).



Εικ.9. Δύο λέξεις με διαφορετική σημασία από τη τονική γλώσσα (Κινέζικη Μανδαρινών). Οι δύο λέξεις διαφέρουν μόνο κατά τη μορφή επιτονισμού τους.

2.2.5 Συνδέσεις.

Κατά τις μεταβάσεις μεταξύ των λέξεων, υπάρχουν συχνά ειδικοί κανόνες για τη τοποθέτηση και παύση του δυναμικού τονισμού, ως επίσης για τη τοπική τροποποίηση της δομής του τμήματος.

Ενα κοινότυπο εύρημα είναι ότι οι παύσεις μεταξύ των λέξεων (εάν υπάρχουν) τείνουν να γίνουν μεγαλύτερες καθώς η φράση εξελίσσεται. Οι μεγαλύτερες παύσεις βρίσκονται γενικά μεταξύ φράσεων (δες κεφάλαιο 3). Εν τούτοις δεν γίνεται πάντοτε χειρισμός των συνδέσεων με τον ίδιο τρόπο. Παραδείγματος χάριν, πολλές γλώσσες εξαφανίζουν τη παύση μεταξύ μιας λέξης που καταλήγει σε σύμφωνο και μιας άλλης που αρχίζει με φωνήεν: Το γαλλικό "il a" -> /ila/, όχι /il#a/, είναι σε συμφωνία με αυτό που καλείται "κανόνας Liaison". Τέτοιες *liaisons* είναι υποχρεωτικές σε ορισμένες περιπτώσεις (πχ μεταξύ μιας αντωνυμίας και του ακολουθούντος ρήματος), ενώ είναι απαγορευτικές σε άλλες. Παραδείγματος χάριν μεταξύ δύο φωνηέντων που προσδιορίζουν το όριο δύο λέξεων η liaison απαγορεύεται και μία παύση υπεισέρχεται: «des haricots» -> /de?aRiko/.

2.2.6 Μικροπροσωδία

Σε χαμηλότερο επίπεδο, η προσωδία επηρεάζεται επίσης από τη δομή του τμήματος. Μπορεί να δειχθεί, τουλάχιστον για εργαστηριακή ομιλία, ότι η F_0 (και μερικές φορές και άλλες προσωδιακές παράμετροι επίσης) επηρεάζονται από τους περιβάλλοντες ήχους (πχ σύμφωνο με φωνή σε αντίθεση με το άφωνο, τελικά σύμφωνο σε αντίθεση με τα δασέα) και από το τύπο του ήχου (πχ χαμηλό σε αντίθεση με υψηλό φωνήεν). Για παράδειγμα, η αρχική F_0 ενός φωνήεντος τείνει να είναι χαμηλότερη όταν τούτο ακολουθεί ένα κλειστό μη έρρινο σύμφωνο παρά όταν ακολουθεί ένα δασύ, και η διάρκεια του φωνήεντος είναι γενικά βραχύτερη στα άφωνα από τα τμήματα με φωνή. Αυτά τα φαινόμενα, εν τούτοις, είναι πολύ δύσκολο να εξιχνιασθούν σε συνεχή ομιλία, εξ αιτίας των επικρατουσών εκδηλώσεων της προσωδίας υψηλότερου επιπέδου.

2.3 Οικουμενική προσωδία και Διαφορές ανά Γλώσσα.

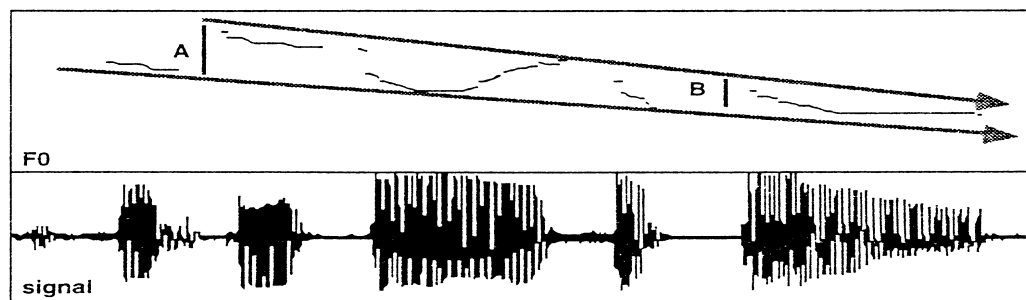
Μια συνήθης ερώτηση στην αυτόματη επεξεργασία φωνής αφορά τη οικουμενικότητα των προσωδιακών φαινομένων: Μπορεί ένα προσωδιακό στοιχείο σύνθεσης ομιλίας για την χ γλώσσα να το μεταχειριστούμε για τα προσωδιακά φαινόμενα της γλώσσας ψ ? Πράγματι, πολλά προσωδιακά φαινόμενα λειτουργούν με ένα σχεδόν μη δυνάμενο να ξεχωριστούν τρόπο στις διάφορες γλώσσες. Μερικά από αυτά πιθανά να έχουν τις ρίζες τους σε νευρολογικές και φυσιολογικές πλευρές της διαδικασίας παραγωγής ανθρώπινης ομιλίας.

Αλλά φαινόμενα, εν τούτοις, εμφανίζονται αρκετά διαφορετικά από γλώσσα σε γλώσσα (για μια θεώρηση αυτής της ερώτησης, δεξ Hirst και Di Cristo, προς εκτύπωση).

Ακολουθεί μία σύντομη ανασκόπηση των πλέον σύνηθων παρατηρήσεων.

2.3.1 Οικουμενικά προσωδιακά φαινόμενα οφειλόμενα σε φυσιολογικά αίτια: Απόκλιση και Μείωση περιοχής.

Μεταξύ των φαινομένων με εμφανή φυσιολογικά αίτια, κανείς μπορεί να συναντήσει την "απόκλιση" και τη "μείωση περιοχής". Μέσα σε ένα γκρουπ λέξεων μιας αναπνοής, η F_0 εμφανίζει μια γενική τάση για ελάττωση, και κατά την έναρξη κάθε γκρουπ μιας αναπνοής η θεμελιώδης συχνότητα ξεκινά πάλι από μια υψηλότερη συχνότητα (το "reset της βασικής γραμμής") (Εικόνα 10). Επειδή αυτή η απόκλιση τρέχει παράλληλα με τη βαθμιαία μείωση της υπογλωσσικής πίεσης, είναι αρκετά πιθανό να έχει φυσιολογικά αίτια. Πράγματι γραμμές απόκλισης έχουν καταγραφεί για ένα μεγάλο αριθμό γλωσσών.



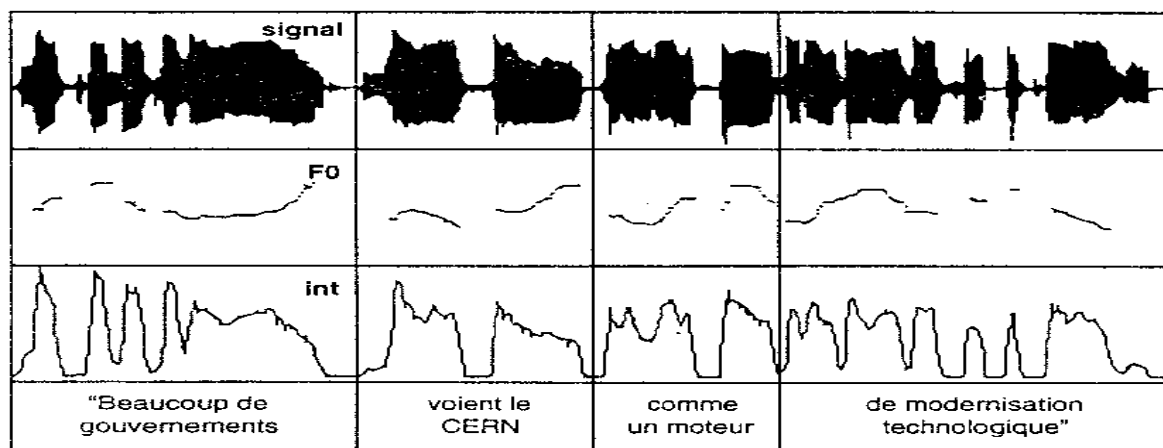
Εικ.10. Τάση απόκλισης της F_0 και μείωση στην έκταση της F_0 στη πρόταση στα γαλλικά "certains pays se plaignent". Η περιοχή στο A είναι πλατύτερη από τη περιοχή στο B, μεταγενέστερα εντός της πρότασης.

Εντός ενός γκρουπ μιας αναπνοής, η μεταβολή της θεμελιώδους συχνότητας επίσης μειώνεται. Ειδικότερα, έχει βρεθεί ότι το άνω όριο της περιοχής της F_0 μειώνεται ταχύτερα σε σχέση με το κάτω (το οποίο, πράγματι, συχνά δεν μειώνεται καθόλου). Μπορεί να υποθέσει κανείς ότι κατά τις μειωμένες υπογλωσσικές πιέσεις που βρέθηκαν στο τέλος ενός γκρουπ μιας αναπνοής, η γλωσσική τάση η απαραίτητη για να επιτευχθούν υψηλές βασικές συχνότητες μπορεί να είναι πιο δύσκολο να επιτευχθεί.

2.3.2 Άλλες γενικευμένες παρατηρήσεις.

Μερικές άλλες παρατηρήσεις των προσωδιακών φαινομένων γενικεύονται για ένα ευρύ αριθμό γλωσσών χωρίς εμφανή ή προφανή σύνδεση με φυσιολογικές προελεύσεις. Μεταξύ αυτών είναι η *ομαδοποίηση λέξεων*, η *συλλαβοποίηση* και η *λέξη περιεχομένου σε αντίθεση με τη λέξη λειτουργίας*.

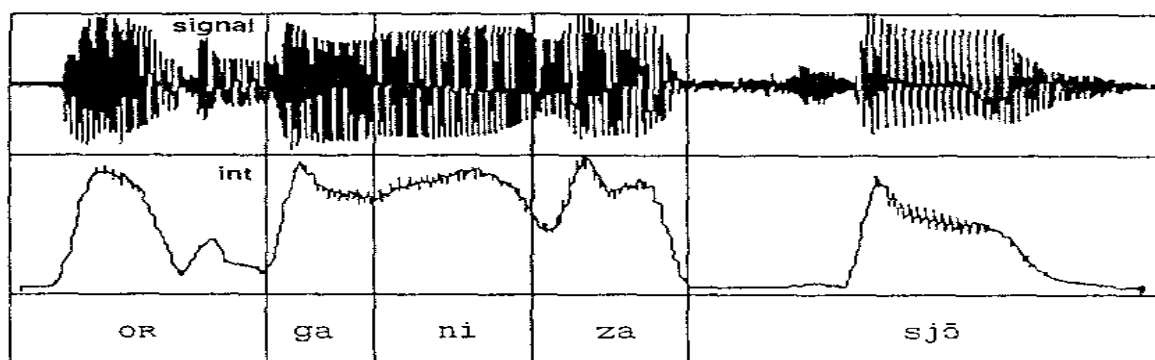
Ομαδοποίηση λέξεων: Στην αυθόρμητη ομιλία, οι λέξεις μπορεί γενικά να παρατηρηθεί να ομαδοποιηθούν σύμφωνα με τις προσωδιακές αρχές. (εικόνα 7). Για παράδειγμα, λέξεις συνδεδεμένες (συντακτικά ή διαφορετικά) με μία λέξη δεδομένου δυναμικού τονισμού τείνουν να εμφανίσουν ισχυρή προσωδιακή συνάφεια. Στα γαλλικά κατά την ομιλία διαβάσματος, για παράδειγμα, ειδικώς μακρές παύσεις, ισχυρές ανυψώσεις της F_0 και πτώσεις του πλάτους τυπικά συμπίπτουν στο τέλος των ομαδοποιήσεων φράσεων (Keller et al. 1993). Τέτοιες ομάδες καλούνται ποικιλοτρόπως "ομάδες τόνου", "ομάδες δυναμικού τονισμού", "προσωδιακές φράσεις" ή "προσωδιακές λέξεις". Παραμένει το γεγονός ότι αυτές οι τάσεις μπορεί να σπάσουν, επειδή ο ομιλητής μπορεί να επιλέξει να αλλάξει την ομαδοποίηση σκοπίμως.



Εικ. 11. Ομαδοποίηση λέξεων στα Γαλλικά.. Ομαδοποίηση αγγλικών λέξεων είναι σχεδόν δυσδιάκριτη.

Συλλαβοποίηση: Μεμονωμένες συλλαβές είναι συχνά ευδιάκριτες από το ακουστικό σήμα (εικόνα 12). Περισσότερο εύκολα αναγνωρίζονται σε ένα διάγραμμα της έντασης συναρτήσεως του χρόνου όπου κάθε μεγαλύτερη κορυφή αντιστοιχεί σε μία συλλαβή. Αυτό το φαινόμενο έχει παρατηρηθεί σε κάθε γλώσσα που έχει αναλυθεί.

Λέξη περιεχομένου σε αντίθεση με τη λέξη λειτουργίας: Λέξεις περιεχομένου μεταφέροντας μία ανεξάρτητη σημαντική σημασία (όπως ονόματα, ρήματα, επίθετα) είναι περισσότερο πιθανό να περιέχουν τονισμένες συλλαβές σε σχέση με τις λέξεις λειτουργίας, η, περισσότερο γενικά μιλώντας, γραμματικά μορφήματα (όπως άρθρα, σύνδεσμοι, προσφύματα, κλινόμενα μορφήματα κλπ). Εν τούτοις αυτή η διχοτόμηση δεν είναι κατηγορηματική - εξαιρέσεις συμβαίνουν και διάφορες κλάσεις μορφημάτων μπορούν να διαταχθούν σύμφωνα με τη βαθμωτή πιθανότητα των λαμβανομένων δυναμικών τονισμών παρά σύμφωνα με μία άκαμπτη ταξινόμηση μέσα σε μία από τις δύο ομάδες (Grosjean and Gee 1987).



Εικ. 12. Ορια συλλαβών στη γαλλική λέξη "organization", όπως απεικονίζονται από τα χαρακτηριστικά του περιγράμματος των πλατών (RMS).

2.3.3 Προσωδιακές διαφορές ανά γλώσσα.

Την ίδια στιγμή που υπάρχουν πολλά ευρέως διαδεδομένα προσωδιακά φαινόμενα, η δομή της προσωδίας δεν είναι ακριβώς η ίδια για κάθε γλώσσα. Διαφορές που ένας θα πρέπει να προσέχει στο θέμα της διαδικασίας αυτοματοποίησης της ομιλίας, αφορούν την ακριβή εκδήλωση του δυναμικού τονισμού, τη θέση του δυναμικού τονισμού και των παύσεων, των επικοινωνιακών λειτουργιών των επιτονικών μορφών και την αλληλεπίδραση μεταξύ των παραμέτρων F_0 , έντασης και διάρκειας.

2.4 Η σημασία της προσωδίας για σύνθεση και αναγνώριση φωνής.

Η προσωδία παίζει σπουδαίο ρόλο στη σύνθεση της φωνής, και για τους δύο όρους της κατανόησης και της φυσικότητας που στηρίζονται ισχυρά στη απόδοση σωστών προσωδιακών δομών. (Οι δύο έννοιες πράγματι φαίνονται να είναι θετικώς συσχετισμένες, Carlson et al., 1979). Οι F_0 , ένταση και διάρκεια πρέπει να μοντελοποιηθούν σύμφωνα με πληροφορίες από τη δομή του τμήματος, το λεξικό, τη σύνταξη και τη σημασία. Αντίθετα, η αναγνώριση φωνής χρειάζεται να εξάγει προσωδιακές πληροφορίες για να παράγει σωστές σημασιολογικές και συντακτικές ερμηνείες και να αναγνωρίσει επιτυχώς τις λέξεις. Πως μπορεί έτσι κάποιος να προσφέρει και να ξαναποκτήσει προσωδιακή γνώση για σύνθεση και αναγνώριση? Ποιοί είναι οι κανόνες ή οι περιορισμοί και από που μπορούν να εξαχθούν?

Αυτές οι ερωτήσεις μπορούν μόνο να απαντηθούν εξετάζοντας το τρόπο με τον οποίο μια συγκεκριμένη γλώσσα πραγματοποιεί τα βασικά χαρακτηριστικά της προσωδίας, που είναι η *ομαδοποίηση* και η *έμφαση*. Πρέπει να επαληθευθεί εάν τα όρια μεταξύ ομάδων λέξεων σημειώνονται με προσωρινές μεταβολές, με τοπικές τροποποιήσεις του δυναμικού τονισμού (πχ ο ονομαζόμενος αποτονισμός), με οικουμενικά πρότυπα επιτονισμού ή με συνδυασμό όλων αυτών -- για να ονομασθεί ένα μόνο τυπικό παράδειγμα. Η γνώση αυτή, συνδυασμένη με κανόνες που καλύπτουν παγκόσμια προσωδιακά χαρακτηριστικά, πρέπει μετά να μεταφραστεί σε συστήματα ελέγχου ή παραμέτρους μέτρησης.

Ενα παράδειγμα ενός συγκριτικά απλού σετ παραμέτρων ελέγχου για διαγράμματα επιτονισμού στη σύνθεση φωνής είναι η παρακάτω λίστα, που ελήφθη από τη περιγραφή ενός πολύγλωσσου συστήματος κειμένου -- ομιλίας (Olaszy, 1991) με δειγματοληπτικές τιμές για ανδρική φωνή.

Πίνακας1. Δείγμα παραμέτρων ελέγχου για έλεγχο της F_0 στη σύνθεση φωνής (Ollaszy 1991⁴).

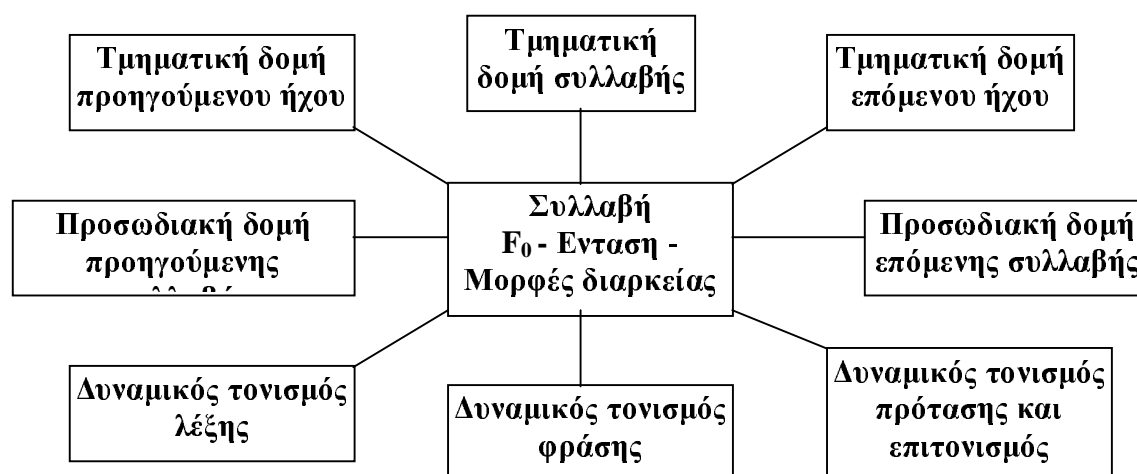
Παράμετρος	min	max	μονάδα
F_0 σημείο εκκίνησης	95	125	Hz
F_0 τελικό σημείο	95	125	Hz
βαθμός ανύψωσης της F_0	5	25	%
βαθμός πτώσης της F_0	5	25	%
κλίση	0.25	2	Hz/ms

⁴ Πολλά περισσότερο ενδιαφέροντα παραδείγματα μοντέλων και παραμέτρων μπορούν να βρεθούν σ' αυτό και στους τέσσερις άλλους τόμους των ICPHS XII πρακτικών.

πήδημα προς τα άνω	0	+30	Hz
πήδημα προς τα κάτω	0	-30	Hz
επιμήκυνση φωνήεντος	1.5	3	times

Προσωδιακές παράμετροι όπως αυτές, επηρεάζονται από μια πολύπλοκη ποικιλία παραγόντων. Για να δείξει αυτή τη πολυπλοκότητα, η εικόνα 13 παρέχει μια επισκόπηση των γλωσσολογικών και φωνητικών παραγόντων που εμπλέκονται στο προσδιορισμό της προσωδίας σε επίπεδο συλλαβής.

Ποιοί από αυτούς τους παράγοντες είναι περισσότερο σχετικοί από άλλους και πως αυτοί μεταφράζονται σε συνδυασμένες μετρήσεις των F_0 , έντασης και διάρκειας, παραμένει ευρέως προς διερεύνηση. Για να περιπλεχθούν τα πράγματα ακόμη περισσότερο, πολλές επιδράσεις πρέπει να κατανοηθούν ως δύο διευθύνσεων σχέσεις; δεν επηρεάζεται μόνο η προσωδία από τη δομή τμήματος, αλλά τμηματικά χαρακτηριστικά -- όπως η μείωση και η συνάρθρωση -- συχνά συνπροσδιορίζονται από τα προσωδιακά χαρακτηριστικά. Πράγματι, αυτό είναι πιθανά πιο συχνό απ' ό τι παραδοσιακά αναγνωρίζεται (Fant, 1991).



Εικ.13. Γλωσσολογικοί και φωνητικοί παράγοντες που επηρεάζουν την προσωδία συλλαβής.

2.5 Συμπέρασμα: Μερικές παρατηρήσεις ορολογίας και σχέσεις με άλλα γλωσσολογικά πεδία.

Τα προσωδιακά φαινόμενα είναι και τα δύο και ευρείας έκτασης και διαχέονται μέσα στην ομιλία. Συνεπώς, τεχνητή φωνή χωρίς καλά προσωδιακά στοιχεία χάνει σε "ανθρώπινη ποιότητα" και είναι λίγο κουραστικό να την παρακολουθείς. Επίσης η ομιλία τροποποιείται καθοριστικά από τα προσωδιακά σημάδια και έτσι τίθενται δυσκολίες στις συσκευές αναγνώρισης ομιλίας που δεν είναι προγραμματισμένες να ψάχνουν για φαινόμενα που εκτείνονται σε μεγάλο μέρος της ομιλίας. Είναι ως εκ τούτου επιτακτικό οι ασχολούμενοι με το αντικείμενο της τεχνικής ομιλίας να εξοικειωθούν με το πεδίο αυτό.

Τούτο είναι ευκολότερο να το λες από το να το πράττεις. Τα γραφόμενα σ' αυτό το πεδίο βρίθουν από εννοιολογικές ασάφειες, και εργασίες που γράφονται από πρόσωπα με γλωσσολογική εκπαίδευση είναι συχνά τελείως δυσνόητες για τους άλλους. Γι' αυτό τελειώνουμε αυτό το κεφάλαιο με μερικές παρατηρήσεις που αφορούν την ορολογία και συνδέονται με διάφορες συνήθειες φόρμες της γλωσσολογικής θεωρίας.

Σε σχέση με την ορολογία που χρησιμοποιείται στη προσωδία, πρέπει να παραδεχθούμε ότι δεν υπάρχει ακόμη κάτι σαν "τυποποιημένη τεχνική ορολογία" για τη προσωδία. Για να βοηθήσουμε στην αποσαφήνιση μερικών εκ των συγχύσεων, παραθέτουμε μία μη ολοκληρωμένη λίστα από όρους που χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία με λεπτή διαφορά στην έννοια, όροι που είναι ιδιαίτερα επιρρεπής σε παρερμηνεία.

Εκτός των *συλλαβών* (των οποίων ο ορισμός δεν είναι παγκοσμίως αποδεκτός), υπάρχει ένας αριθμός από άλλες γλωσσολογικές οντότητες θεωρούμενες ως βασικές μονάδες της προσωδίας. Ακρον, δυναμικά τονισμένο άκρον, *moza*, ομάδα τόνου, επιτονική ομάδα, δυναμικά τονισμένη ομάδα, *syntagm*, ρυθμική μονάδα, προσωδιακή λέξη, προσωδιακή φράση. Γενικά, οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι όροι, όπως ακρον ή ομάδα τόνου, είναι επίσης αυτοί με τους πιο προβληματικούς ή πιθανόν αντιφατικούς ορισμούς. Ένας τρόπος για να εισάγουμε ένα μεγαλύτερο βαθμό αντικειμενικότητας σε αυτούς τους ορισμούς είναι να τους βασίσουμε σε ευκόλως μετρήσιμα κριτήρια που βρίσκονται σε ένα μεγάλο αριθμό γλωσσών. Για παράδειγμα, η "προσωδιακή φράση" μπορεί χρήσιμα να ορισθεί από τη παρουσία εξαιρετικά μακρών παύσεων, επειδή σε μερικές γλώσσες, παύσεις με διάρκεια διπλάσια έως τετραπλάσια της κανονικής έχουν παρατηρηθεί να απαντώνται σε θέσεις που επίσης αντιστοιχούν στο τέλος μιας μεγαλύτερης συντακτικής κατασκευής. Μιλώντας γενικά, μια περισσότερο εμπειρικά προσανατολισμένη προσέγγιση σ' αυτά τα προβλήματα ορισμών θα ήταν ότι καλύτερο.

Και τα δύο, ο *τονισμός* και ο *δυναμικός τονισμός* αναφέρονται βασικά στο ίδιο φαινόμενο, δηλαδή στην έμφαση ή περισσότερο γενικά, στη σπουδαιότητα. Αλλά στη βιβλιογραφία σπάνια χρησιμοποιούνται ως συνώνυμα. Πολύ συχνά η σπουδαιότητα σε επίπεδο λέξης αναφέρεται ως δυναμικός τονισμός λέξης, ενώ ο τονισμός σε επίπεδο πρότασης καλείται "τονισμός πρότασης" σ' αυτή τη διάρθρωση⁵. Μια άλλη διάκριση έχει να κάνει με την πραγματική φυσική αντίληψη πχ. τονισμός μελωδίας σε αντίθεση με το δυναμικό τονισμό (παραγόμενο με την έννοια της διάρκειας και της έντασης)

Επίσης η πιο λεπτομερειακή ταξινόμηση του τονισμού πρότασης και φράσης (ή δυναμικού τονισμού) δεν είναι σαφής. Δεν υπάρχουν γενικά αποδεκτές διακρίσεις μεταξύ κεντρικών, εμφατικών, συγκρουσιακών, σηματοδοτουμένων, κλπ, τονισμών.

Τόνος: Είναι σπουδαίο να μη υπάρξει σύγχυση μεταξύ των τόνων μιας τονικής γλώσσας με τα επιτονικά φαινόμενα στις μη τονικές γλώσσες τα οποία μερικές φορές καλούνται επίσης "τόνοι" (ή επίπεδα ή πρότυπα τόνου).

⁵ Πάλι, υπάρχουν σπουδαίες εξαιρέσεις, δες για παράδειγμα Garding (1983)

Γραμμές: Επί πλέον της βασικής γραμμής και της γραμμής απόκλισης που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι ερευνητές επίσης αναζητούν διάφορες άλλες θεωρητικές γραμμές: γραμμή κορυφής, γραμμή επιπέδου, γραμμή αναφοράς, γραμμή κάναβου, γραμμή εστίασης κτλ. Οι ορισμοί μπορούν να μεταβληθούν ανάλογα με το θεωρητικό υπόβαθρο και/ή τη μεταχείριση του πειράματος

Σε σχέση με τις άλλες γλωσσολογικές περιοχές, η προσωδία είναι πολύπλοκα συνδεδεμένη με όλα τα άλλα δομικά επίπεδα της γλώσσας. Τα παρακάτω είναι μερικά παραδείγματα περιοχών όπου φωνητικές έρευνες στη προσωδία και τη γλωσσολογική θεωρία αλληλεπιδρούν.

-- Η σωστή αναγνώριση του δυναμικού τονισμού πρότασης είναι κρίσιμος για σημασιολογική και πρακτική ανάλυση. Από την άλλη μεριά, πληροφορίες από τη σημασιολογική και τη πρακτική ανάλυση είναι απαραίτητες για επιτυχή ερμηνεία του δυναμικού τονισμού πρότασης (πχ έμφαση έναντι κοντράστ).

-- Αναγνώριση της προσωδίας διαφορετικών τύπων φράσεων και προτάσεων ως επίσης το μαρκάρισμα των ορίων μιας φράσης και της ομαδοποίησης λέξεων αλληλεπιδρά με τη συντακτική οργάνωση της έκφρασης. Εχουν καταβληθεί μεγάλες προσπάθειες για τη πρόβλεψη των προσωδιακών φαινομένων είτε μόνο στη βάση της συντακτικής δομής είτε λαμβάνοντας υπ' όψιν όλες τις επιπλέον πληροφορίες από τη λεξικολογία και τη μορφολογία. Πρόσφατα όμως σημάδια με εμφανή αντιλογία των συντακτικών δομών έχει ληφθεί υπ' όψιν στις νέες θεωρίες κατασκευής της ομιλίας (πχ Gee and Grosjean, 1983; Beckman and Edwards, 1990).

-- Νέες προσεγγίσεις στην φωνολογική θεωρία, η αυτο-τμηματική (το πρώτον συλληφθείσα από τον Goldsmith, 1976) και η μετρητική (και οι δύο εκδόσεις πλέγματος και δένδρου, το πρώτον προταθείσα από τους Liberman and Prince, 1977) φωνολογία, οφείλουν πολλά σε εμπνεύσεις από τη προσωδία. Η κλασική τμηματική φωνολογική ανάλυση δεν θα μπορούσε εύκολα να ληφθεί υπ' όψιν για τέτοια φαινόμενα όπως οι κατανομές του τόνου και του δυναμικού τονισμού. Το φωνολογικό πλαίσιο και τα συστήματα κανόνων από την άλλη παρακινούν για διερεύνηση ειδικών προσωδιακών γεγονότων των οποίων η σχέση διαφορετικά θα μπορούσε να μην είχε παρατηρηθεί και/ή διευκολύνουν τη συστηματική συλλογή και αποθήκευση των προσωδιακών δεδομένων (όπως το σύστημα Δέλτα, Hertz, 1990).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- E. de Boer (1980). Auditory physics physical principles in hearing theory . In Physics reports Vol. 62 #2 (pp91-96) .Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- Beckman, M.E., & Edwards, J. (1990). Lengthenings and shortenings and the nature of prosody. In J. Kingston. & M.E. Beckman (Eds.), *Between the Grammar and Physics of Speech (Papers in Laboratory Phonology I)* (pp. 152-178). Cambridge: Cambridge University Press.
- Carlson, R., Granstrom, B., Klatt, D.H. (1979). Some notes on the perception of temporal patterns in speech. In B. Lindblom, & S. Ohman (Eds.), *Frontiers of speech communication research* (pp. 233-244). London: Academic Press.
- Fant, G. (1991). What can basic research contribute to speech synthesis? *Journal of Phonetics*, 19, 75-90.
- Fromkin, V. A. (1987). A note on the suprasegmental representation of prosody. In R. Shannon & L. Shockey (Eds.), *In Honor of Ilse Lehiste* (pp. 99-107). Foris: Dordrecht.
- Garding, E. (1983). A generative model of intonation. in A. Cutler, & D. R. Ladd (Eds.), *Prosody: Models and measurements* (pp. 11-25). Berlin: Springer.
- Gee, J. P., & Grosjean, F. (1983). Performance structures: A psycholinguistic and linguistic appraisal. *Cognitive Psychology*, 15, 411-458.
- Grosjean, F., & Gee, J.P. (1987). Prosodic structure and spoken word recognition. In U.H. Frauenfelder, & L.K. Tyler (Eds.), *Spoken and recognition* (pp. 135-155). Cambridge, MA: MIT Press.
- Goldsmith. J. (1976). An overview of autosegmental phonology. *Linguistic Analysis*, 2, 23-68.
- Hertz, S. (1990). The Delta programming language: An integrated approach to nonlinear phonology, phonetics, and speech synthesis. In J. Kingston, & M. E. Beckman (Eds.). *Between the grammar and physics of speech (Papers in Laboratory Phonology I)* (pp.215-257).

- Hirst, D., & di Cristo, A. (in press). Intonation systems: A survey of twenty languages.
- Keller, E., Zellner, B., Werner, S., and Blanchoud, N. (1993). The prediction of prosodic timing: Rules for final syllable lengthening in French. In D. House, & P. Touati (Eds.). Proceedings of an ESCA workshop on Prosody (Working Papers 41). (pp. 212-215) Lund: Dept. of Linguistics and Phonetics, Lund University.
- Lehiste, I. (1970). Suprasegmentals. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lieberman, M. & Prince, A. (1977). On stress and linguistic rhythm. *Linguistic Inquiry*, 8, 49-336.
- Olaszy, G. (1991). A crosslinguistic description of intonation contours of a multilanguage text-to-speech system. In Actes du XIIeme Congres International des Sciences Phonetiques. Vol. 4 (pp. 210-213). Aix-en-Provence: Universite de Provence.

Επί πλέον διάβασμα.

- Docherty, G., & Ladd, D.R., (Eds.). (1992). Gesture, segment, prosody (Papers in Laboratory Phonology II). Cambridge: Cambridge University Press.
- Cutler, A., & Ladd, D. R., (1983). Prosody: Models and measurements. (Springer Series in Language and Communication 14). Berlin: Springer.
- Halle, M., & Vergnaud, J. -R. (1987). An essay on stress. Cambridge, MA: MIT Press.
- House, D., & Touati, P. (Eds.). (1993). Proceedings of an ESCA workshop on prosody (Working Papers 41). Lund: Dept. of Linguistics and Phonetics, Lund University.
- t' Hart, J., Collier, R., & Cohen, A. (1990). A perceptual study of intonation: An experimental-phonetic approach to speech melody (Cambridge studies in speech science and communication). Cambridge: Cambridge University Press.

ΛΕΞΙΛΟΓΙΟ ΑΓΓΛΙΚΩΝ ΟΡΩΝ

accentuation	τονισμός
audible beats	ακουστικοί κτύποι
audibility	ακουστικότητα
auditory	ακουστικός
channel	κανάλι
cochlea	κοχλίας (αυτιού)
content word	λέξη περιεχομένου
contour	καμπύλη κλειστή, περίγραμμα
declarative	κατηγορηματικός
declination	απόκλιση
difference limen	όριο διαφοράς
distinction	διάκριση
duration	διάρκεια
durational effects	φαινόμενα διάρκειάς
emphasis	έμφαση
emphatic	εμφατικός
focal	κεντρικός, εστιακός
foot	άκρον, πόδι
fricative	δασύ
function word	λέξη λειτουργίας
group	ομάδα
grouping	ομαδοποίηση
hatched	διαγραμμισμένη
impression	εντύπωση

intensity	ένταση, ηχηροτης
intention	πρόθεση, σκοπός
interaction	αλληλεπίδραση
intonational	επιτονισμένος
junctions	συνδέσεις
lexical	λεξικός
linguistic	γλωσσολογικός
manifestation	εκδήλωση
masker	επικαλυπτής
masking	επικάλυψη
microprosody	μικροπροσωδία
morpheme	μόρφημα
morphology	μορφολογία
nasal	έρρινο
onomatopoeia	ονοματοποιία
pain limit	όριο πόνου
paralinguistic	παραγλωσσολογικός
pause	παύση
perception	αντίληψη
phonemic	φθογγικός
psychophysicist	ψυχοφυσικός
range reduction	μείωση περιοχής
respiration system	αναπνευστικό σύστημα
rhythm	ρυθμός
segment	τμήμα
semiotic	σημειωτικός
speech rate	ρυθμός ομιλίας
sound pressure	ηχητική πίεση
stop consonant	τελικό σύμφωνο
subglottal pressure	υπογλωσσική πίεση
supra-segmental	υπερτμηματικό
syllabification	συλλαβοποίηση
threshold of hearing	κατώφλι ακοής
tone bursts	ριπές τόνου
tone languages	τονικές γλώσσες
undulation	Κυματώσεις

utterance	εκφώνηση
variable	μεταβλητή
vocalic segment	τμήμα με φωνήεν
vocalization	φωνοποίηση
word-level	επιπέδου λέξης

ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΥΝΤΜΗΣΕΩΝ

ΔL	Sound level difference	Διαφορά στάθμης ήχων
DL	Difference limen	Όριο διαφοράς (μόλις καταγεγραμμένης)
jnd	Just noticeable difference	Μόλις καταγεγραμμένης διαφοράς ήχου (ίδια ως άνω)
PL	Pain limit	Όριο πόνου
SPL	Sound pressure level	
VOT	Voice onset time	