

# Η ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΟΜΙΛΙΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Άννα Σφακιανάκη  
Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια  
Α.Π. Θεσσαλονίκης

## Abstract

Speech is the foremost medium of human expression and communication. Oral language development is highly interlinked with achievement of learning outcomes in all areas of the curriculum as well as general growth and success of the child. Students with speech impairments and foreign students learning Greek as a second language (L2) require special pronunciation training. Speech technology can make pronunciation teaching feasible in primary school, at the same time bridging two different subject areas such as language and physical sciences. The present paper provides a basic description of speech analysis and a review of its utilization in speech training. Teaching basic speech acoustics in primary school with the use of technology can significantly improve the students' oral communication, while promoting their scientific knowledge.

### *Λέξεις κλειδιά*

*Τεχνολογία ομιλίας, εξάσκηση προφοράς, διαταραχές ομιλίας, φασματογραφία, οπτική ανατροφοδότηση.*

## 0. Εισαγωγή

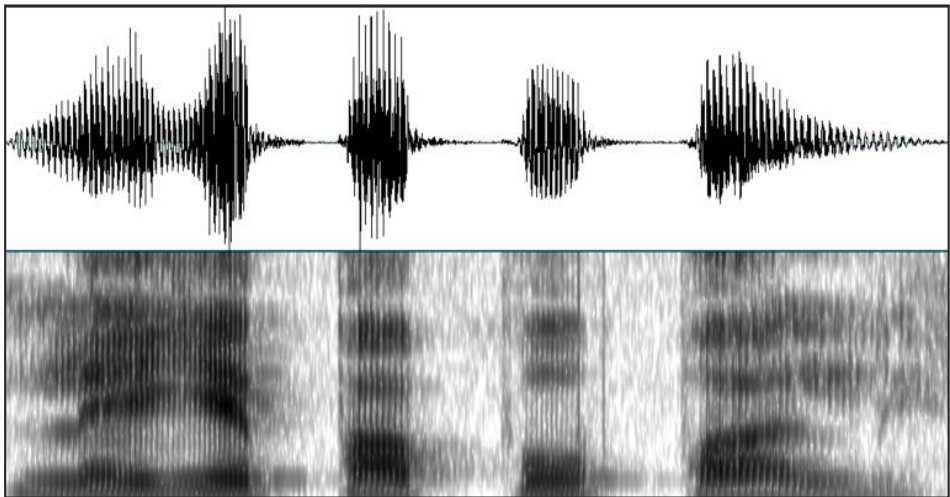
Η μελέτη του προφορικού λόγου καλύπτει ένα ευρύ φάσμα επιστημών. Από τη μία πλευρά, η ομιλία αποτελεί ένα ανθρώπινο σύστημα επικοινωνίας, έναν τρόπο γλωσσικής πραγμάτωσης, τη δομή του οποίου εξετάζει η γλωσσολογία (Sausure, 1959). Από την άλλη πλευρά η μελέτη του φαινομένου της ομιλίας ανήκει στη σφαίρα των θετικών επιστημών και ιδιαίτερα της φυσικής, αφού παράγεται από μηχανικές κινήσεις των οργάνων της ομιλίας, δηλαδή των αρθρωτών, και διαδίδεται μέσω των μορίων του αέρα (Stetson, 1928). Στο σχολείο παρουσιάζεται σχεδόν αποκλειστικά η μία μόνο από τις δύο αυτές όψεις της ομιλίας. Ο προφορικός λόγος διδάσκεται και εξασκείται παραδοσιακά στα πλαίσια του μαθήματος της γλώσσας, παλαιότερα ως συμπλήρωμα (Φραγκουδάκη, 1987) και σήμερα ισότιμα με τον γραπτό λόγο, αλλά πάντα ως γλωσσική έκφραση με τη γενικότερη έννοια. Η άλλη όψη

της ανθρώπινης ομιλίας, η όψη που συνδέεται με τη φυσική πραγμάτωση του φαινομένου δεν εμφανίζεται. Η μελέτη όμως της ομιλίας μέσα από το πρίσμα των θετικών επιστημών μπορεί να βοηθήσει στη διαθεματική προσέγγιση του αντικειμένου, αλλά και να παρέχει τεχνικές για την εξάσκηση και βελτίωση του προφορικού λόγου.

## 1. Ακουστική (φασματική) ανάλυση του ήχου

Σύμφωνα με την ακουστική θεωρία του Fant (1960), η ανθρώπινη ηχητική πηγή βρίσκεται στον λάρυγγα και αποτελείται από τις φωνητικές χορδές, οι οποίες παλλόμενες δημιουργούν μια σύνθετη κυματομορφή που φιλτράρεται από το σχήμα που παίρνει η στοματική κοιλότητα ανάλογα με την εκάστοτε θέση των αρθρωτών (άνω και κάτω χείλος, κάτω γνάθος, μαλακή υπερώα, γλώσσα). Το σύνθετο αποτέλεσμα που προκύπτει από το φιλτράρισμα του ήχου της πηγής δίδει τους ήχους της ομιλίας (φθόγγους). Τα παραπάνω συμβαίνουν κατά την παραγωγή περιοδικών φθόγγων, π.χ. φωνηέντων, ενώ στην περίπτωση των μη περιοδικών ήχων, π.χ. συμφώνων όπως το άφωνο συριστικό [s], παράγεται ένα είδος θορύβου από την τυρβώδη ροή του αέρα ανάμεσα στη γλώσσα και τα φατνία.

**Εικόνα 1:** Κυματομορφή (πάνω) και φασματογράφημα ευρείας ζώνης (κάτω) της φράσης «Λέγε παππού πάλι» όπως εκφωνήθηκε από ενήλικα Έλληνα άνδρα. Δημιουργήθηκε με το λογισμικό PRAAT



Στο πάνω μέρος της Εικόνας 1 φαίνεται η κυματομορφή του ηχητικού σήματος, δηλαδή η ένταση του ήχου (πλάτος κύματος) σε συνάρτηση με το χρόνο, ενώ στο κάτω μέρος της ίδιας εικόνας παρουσιάζεται το φασματογράφημα ευρείας ζώνης (wide-band spectrogram) που προκύπτει από την ανάλυση της κυματομορφής. Το

φασματογράφημα αποτελεί μια τρισδιάστατη εικόνα του ήχου, καθώς δίνει πληροφορίες για τη συχνότητα του κύματος σε συνάρτηση με το χρόνο αλλά και για την κατανομή της ενέργειας, η οποία είναι μεγαλύτερη στις σκούρες περιοχές του γραφήματος. Οι σκούρες αυτές περιοχές ονομάζονται συχνότητες αντήχησης ή διαμορφωτές (formants). Αυτή η απεικόνιση του ηχητικού σήματος σίγουρα δεν είναι η μοναδική, αλλά χρησιμεύει ιδιαίτερα στη μελέτη της ομιλίας, αφού οι διαμορφωτές μπορούν να δώσουν πληροφορίες για την πιθανή θέση των αρθρωτών, καθώς και για άλλα χαρακτηριστικά της φωνής.

Για παράδειγμα, ανάλογα με το ύψος της γλώσσας ή της κάτω γνάθου, την πρόσθια ή την οπίσθια θέση της γλώσσας μέσα στη στοματική κοιλότητα, το στρογγύλεμα ή όχι των χειλέων, την ύπαρξη ή όχι ρινικότητας, οι τιμές των διαμορφωτών αλλάζουν. Βέβαια οι τιμές αυτές δεν είναι προκαθορισμένες, αλλά σχετίζονται με το μήκος της φωνητικής οδού και επομένως εξαρτώνται από την ηλικία, το φύλο του ομιλητή και άλλα ανατομικά χαρακτηριστικά του φωνητικού του συστήματος. Γι' αυτό μας ενδιαφέρει περισσότερο η σχετική εικόνα του φασματογραφήματος παρά οι απόλυτες τιμές των συχνοτήτων. Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο που μας παρέχει αυτού του είδους η απεικόνιση (συχνότητα vs. χρόνος) είναι η δυνατότητα να παρακολουθήσουμε τη μετάβαση από τον ένα φθόγγο στον άλλο στη ρέουσα ομιλία. Να εντοπίσουμε δηλαδή τις συναρθρωτικές επιρροές του ενός φθόγγου στον άλλο και να δούμε πώς 'δένουν' μεταξύ τους τα στοιχεία της ομιλίας μας. Παρά τη μεγάλη ποικιλομορφία από ομιλητή σε ομιλητή αλλά και μεταξύ δειγμάτων του ίδιου ομιλητή, κάθε φθόγγος έχει κάποια ιδιαίτερα ακουστικά χαρακτηριστικά, τα οποία μπορούμε να μάθουμε να διακρίνουμε. Μπορούμε, δηλαδή, να μάθουμε να 'διαβάζουμε' τα φασματογραφήματα.

Η φασματογραφία έχει χρησιμοποιηθεί εκτενώς με σκοπό την αξιολόγηση της φυσιολογικής ή μη ανάπτυξης της ομιλίας (Nittrouer *et al.*, 1989, Lee *et al.*, 1999, Sussman *et al.*, 1999), για την περιγραφή πολλών διαταραχών της ομιλίας, όπως δυσαρθρία, δυσπραξία, δυσλαλία, δυσχέρεια στη ροή της ομιλίας (Kent & Netsell, 1975, Kent & Rosenbeck, 1983, Square-Storer & Apeldoorn, 1991, Magnuson & Blomberg, 2000, Ozawa *et al.*, 2001, Honov *et al.*, 2003, Wang *et al.*, 2009), και ιδιαίτερα για την ομιλία στην βαρηκοΐα-κώφωση στην αγγλική γλώσσα (Monsen, 1976a, 1976b, Harris *et al.*, 1985, Samar *et al.*, 1989, Ryalls & Larouche, 1992, McCaffrey & Sussman, 1994, Okalidou & Harris, 1999, Οκαλίδου, 2002, Ryalls *et al.*, 2003, McCaffrey Morisson, 2008) αλλά και στην ελληνική (Σφακιανάκη 2004, Nicolaidis & Sfakianaki, 2007, Sfakianaki, 2012a, 2012b). Η χρήση όμως της φασματογραφίας δεν περιορίζεται μόνο στην περιγραφή της φυσιολογικής ομιλίας και στην ανίχνευση αποκλινόντων χαρακτηριστικών από ερευνητές, αλλά επεκτείνεται και στην παροχή οπτικής ανατροφοδότησης (visual feedback) για την εξάσκηση και βελτίωση του προφορικού λόγου.

## 2. Ο προφορικός λόγος στο σχολείο

Σύμφωνα με στοιχεία του Εθνικού Ινστιτούτου για την Κώφωση και Άλλες Διαταραχές στην Επικοινωνία των Η.Π.Α., το 8-9% των παιδιών παρουσιάζει κάποιο είδος διαταραχής της ομιλίας το οποίο είναι ήδη αντιληπτό από την Α' Δημοτικού στο 5% των μαθητών (NIDCD, 2010). Διαχρονικές έρευνες έχουν δείξει ότι η δυσκολία στην παραγωγή ομιλίας που αντιμετωπίζει ένα παιδί μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις στη μελλοντική εκπαιδευτική, επαγγελματική και κοινωνική ζωή του (Felsenfeld *et al.*, 1992, 1994). Τα περισσότερα παιδιά με διαταραχές ομιλίας παρακολουθούν την τυπική σχολική τάξη και μπορούν να βελτιώσουν την ομιλία τους χρησιμοποιώντας οπτική ανατροφοδότηση (Ruscello *et al.*, 1995).

Παράλληλα, αλλοδαποί και παλλινοστούντες μαθητές που διδάσκονται την ελληνική γλώσσα ως δεύτερη αντιμετωπίζουν δυσκολίες όχι μόνο στο λεξιλόγιο ή τη γραμματική αλλά και στην προφορά. Οι δυσκολίες στην απόκτηση της σωστής προφοράς της δεύτερης γλώσσας είναι πιθανό να οφείλονται τόσο στα διαφορετικά φωνήματα και επιτονικά σχήματα που μπορεί να διαθέτει η μητρική τους γλώσσα σε σχέση με τη δεύτερη γλώσσα (Flege, 1995, Mennen, 2006), όσο και σε διάφορους άλλους παράγοντες, όπως η ηλικία έναρξης της εκμάθησης της δεύτερης γλώσσας, η διάρκεια διαμονής στη χώρα όπου ομιλείται η δεύτερη γλώσσα, ο βαθμός κατά τον οποίο συνεχίζεται η χρήση της μητρικής γλώσσας, καθώς και η ισχύς των προσωπικών κινήτρων αλλά και η έφεση/κλίση στην εκμάθηση της δεύτερης γλώσσας που μπορεί να διακρίνει έναν αλλοδαπό μαθητή (Flege *et al.*, 1997, 1999, Flege & McKay, 2004, Moyer, 1999).

Αναφέρεται ότι μαθητές με προβλήματα ομιλίας συχνά αντιμετωπίζουν δυσκολίες κοινωνικής ένταξης και πέφτουν θύματα βίας στο σχολείο (Hall, 1991, Silverman, 1992). Παρομοίως, αλλοδαποί μαθητές που μαθαίνουν τη γλώσσα ως δεύτερη μετά την πρώιμη παιδική ηλικία έχουν 'ξενική' προφορά (Flege *et al.*, 1995) και συχνά βιώνουν διακρίσεις (Munro *et al.*, 2006). Η προφορά του αλλοδαπού μαθητή πρέπει να γίνεται αποδεκτή από τον δάσκαλο και τους συμμαθητές ως εποικοδομητικό στοιχείο της διαφορετικότητάς του, αλλά λάθη τα οποία οδηγούν σε σημαντική μείωση της καταληπτότητας της ομιλίας του θα πρέπει να διορθώνονται ώστε να αποφεύγονται τα προβλήματα στην επικοινωνία. Αναφέρεται ότι σφάλματα στον τόνο και τον ρυθμό της ομιλίας μπορεί να οδηγήσουν σε σοβαρά προβλήματα επικοινωνίας (Hahn, 2004). Κατά συνέπεια ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να γνωρίζει ποια λάθη είναι σημαντικά και ποια όχι, στηρίζοντας έτσι τον μαθητή, από τη μία πλευρά, να διατηρήσει την ταυτότητά του αλλά, από την άλλη, να βελτιώσει τα στοιχεία εκείνα στην προφορά του ώστε να γίνεται κατανοητός και αποτελεσματικός στην επικοινωνία του με τους άλλους. Στην προσπάθειά του αυτή, η τεχνολογία οπτικής ανατροφοδότησης μπορεί να φανεί σημαντικός αρωγός. Πολλοί ερευνητές επισημαίνουν ότι η οπτικοποίηση του επιτονισμού βοηθά αποτελεσματικά κατά την εκμάθηση της γλώσσας (Anderson-Hsieh, 1994, de Bot, 1983, Hardison, 2004).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η ενσωμάτωση της ακουστικής ανάλυσης της ομιλίας στο μάθημα της γλώσσας θα είχε πολλά οφέλη για τον προφορικό λόγο των μαθητών. Παράλληλα όμως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και σαν εφαρμογή στο μάθημα της φυσικής για την καλύτερη κατανόηση της έννοιας του ήχου και των χαρακτηριστικών του (ύψος, χροιά, ένταση). Γεφυρώνοντας τα δύο μαθήματα αυτά, γλώσσα και φυσική, συνδέουμε τον ήχο, ως έννοια της φυσικής, με την ομιλία και διδάσκουμε πώς ακουστικά χαρακτηριστικά, όπως οι διαμορφωτές, ο επιτονισμός, η χροιά, η ένταση, η διάρκεια, οι παύσεις μεταφράζονται σε γλωσσικά και παραγλωσσικά μηνύματα. Τα βιβλία του δημοτικού δίδουν την ευκαιρία από την Α' τάξη στην ενότητα *Το ταξίδι του ήχου -Ηχοπαιχνίδια στην τάξη* στο μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος. Επίσης, στην ενότητα *Επικοινωνούμε & ενημερωνόμαστε* της Μελέτης Περιβάλλοντος της Γ' τάξης θα μπορούσε να γίνει εισαγωγή του θέματος της βελτίωσης της επικοινωνίας μέσω των τεχνολογιών ομιλίας, ενώ στην Ε' τάξη υπάρχει ολόκληρο κεφάλαιο στο βιβλίο της Φυσικής αφιερωμένο στον ήχο. Επομένως το θέμα του ήχου και της ομιλίας υπάρχει στα βιβλία της Φυσικής, αλλά θα πρέπει να συνδεθεί άμεσα και με το μάθημα της γλώσσας ώστε να επιτευχθεί ολιστική θεώρηση του θέματος. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί ιδιαίτερα στα πλαίσια της *Ευέλικτης Ζώνης Διαθεματικών και Δημιουργικών Δραστηριοτήτων*, η οποία προσφέρεται ακριβώς για τη "χαλάρωση των διαχωριστικών γραμμών μεταξύ των διδασκόμενων μαθημάτων που αναδεικνύει τη διεπιστημονικότητα της γνώσης" (Ματσαγγούρας, 2002:17)

### 3. Εκπαιδευτικές εφαρμογές της φασματογραφίας

Είναι όμως εφικτό να 'διαβάζει' κανείς ένα φασματογράφημα της ομιλίας του και με βάση αυτό να τροποποιεί την αρθρωτική του συμπεριφορά αν δεν έχει εξειδικευμένες γνώσεις; Αρχικά κάτι τέτοιο θεωρήθηκε πολύ δύσκολο ακόμα και για ειδικούς επιστήμονες (Lieberman *et al.*, 1968, Klatt & Stevens, 1973), αλλά μεταγενέστερα πειράματα έδειξαν ότι ενήλικες χωρίς καμία γνώση του αντικείμενου, μετά από σύντομη εκπαίδευση, μπορούν να μάθουν να διαβάζουν φασματογραφήματα με υψηλά ποσοστά επιτυχίας (Greene *et al.*, 1984). Παρόμοιες έρευνες με παιδιά έδειξαν ότι ακόμα και στην ηλικία των 6-7 ετών τα ποσοστά αναγνώρισης ήχων από φασματογραφήματα είναι αρκετά υψηλά (Ertmer, 2004). Ακόμα η φασματογραφία χρησιμοποιήθηκε με επιτυχία για την παραγωγή δισύλλαβων λέξεων από παιδί με κώφωση ηλικίας μόλις 3 ετών και 10 μηνών (Ertmer & Stark, 1995). Κατά συνέπεια η ηλικία δε φαίνεται να περιορίζει την αποτελεσματική χρήση της φασματογραφίας, αρκεί να δημιουργηθούν στο παιδί κατάλληλα κίνητρα και να δοθεί σωστή εκπαίδευση. Αρχικά, λοιπόν, αυτό το είδος οπτικοποίησης της ομιλίας αναπτύχθηκε για να βοηθήσει παιδιά με βαρηκοΐα-κώφωση σε μια προσπάθεια να αντισταθμίσει την έλλειψη επαρκούς ανατροφοδότησης μέσω της ακοής και η αποτελεσματικότητά του αναφέρεται σε πολλές έρευνες (Stewart *et al.*, 1980, Nickerson *et al.*, 1976, Maki,

1983, Ertmer *et al.*, 1996, Massaro & Cohen, 1998, Öster *et al.*, 2003). Σταδιακά άρχισε όμως να εφαρμόζεται και σε περιπτώσεις άλλων διαταραχών ομιλίας/λόγου (Becker, 1998, Neel, 2010), ενώ η χρήση του επεκτάθηκε σύντομα και στη διδασκαλία της προφοράς δεύτερης ή ξένης γλώσσας (Anderson-Hsieh, 1992, Chun, 1998, 2007).

Από έρευνες που πραγματοποιήθηκαν τόσο για περιπτώσεις διαταραχών ακοής και ομιλίας όσο και διδασκαλίας της προφοράς δεύτερης/ξένης γλώσσας φάνηκε ότι η σχετική αυτονομία στη μάθηση είναι ένα σημαντικό κίνητρο. Αφού το παιδί εκπαιδευτεί στην ανάγνωση του φασματογραφήματος, στοιχεία της άρθρωσής του που πριν δεν είχε συνειδητοποιήσει παρουσιάζονται οπτικά και αποκτούν σταθερότερη και πιο ξεκάθαρη εικόνα (Maki, 1980). Μπορεί, λοιπόν, να κατανοήσει καλύτερα τι πρέπει να πράξει ώστε να έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Με τον τρόπο αυτό του παρέχεται η δυνατότητα να εξασκείται και μαζί με τον παιδαγωγό/λογοθεραπευτή αλλά και ανεξάρτητα. Έτσι εμπλέκεται περισσότερο στη διαδικασία της μάθησης, γίνεται πιο ενεργό και ορίζει τον ρυθμό που του ταιριάζει (Houde & Braeges, 1983). Εάν προηγούμενες πρακτικές έχουν αποτύχει, η πρόοδος που έχει με τη μέθοδο αυτή το κινητοποιεί ακόμα περισσότερο και διασφαλίζει τη συνέχιση της προσπάθειας και τη διάθεση για τακτική εξάσκηση, πράγμα πολύ σημαντικό για την υιοθέτηση των σωστών αρθρωτικών κινήσεων (Ertmer & Maki, 2000). Από την πλευρά του παιδαγωγού/λογοθεραπευτή η διδασκαλία εξατομικεύεται, άρα στοχεύει στις ιδιαίτερες ανάγκες κάθε μαθητή και γίνεται πιο αποτελεσματική (Μαντζάνας, 1993). Με τον τρόπο αυτό γίνεται καλύτερη κατανομή χρόνου στους μαθητές και τα θέματα που δυσκολεύουν τον καθένα ξεχωριστά.

Βέβαια, για να επιτευχθούν τα παραπάνω θα πρέπει το παιδί να έχει διδαχθεί πώς να αποκωδικοποιεί τις πληροφορίες που παρέχει η οπτική ανατροφοδότηση. Γι' αυτό η διδασκαλία χρειάζεται να προσαρμοστεί στο γνωστικό επίπεδο του παιδιού και να είναι ανάλογη με την ηλικία του και με τα ενδιαφέροντά του. Έχουν δημιουργηθεί διάφορα οπτικο-ακουστικά συστήματα που βοηθούν τα παιδιά να εξασκούν την ομιλία τους (IBM Speech Viewer, Video Voice, Sprach-Farbbild-Transformation, κ.ά.), αλλά πολλά από αυτά δεν εξηγούν στο παιδί γιατί η παραγωγή του γίνεται αποδεκτή ή όχι από το πρόγραμμα και δεν του διδάσκουν πώς σχετίζεται ο φθόγγος, η συλλαβή ή η λέξη με τη φασματική τους απεικόνιση.

Ένα πρόγραμμα που προσπαθεί να συνδυάσει τη διδασκαλία του προφορικού λόγου με την απόκτηση γνώσεων πάνω στα ακουστικά χαρακτηριστικά της ομιλίας είναι το *Μαγικό Κουτί* (Box of Tricks, <http://www.rcs.hu/boxoftricks/demo.htm>) (Vicsi *et al.*, 2000, Σφακιανάκη *et al.*, 2001), το οποίο έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος SPECO (INCO-COPERNICUS, No. 977126). Ο τρόπος με τον οποίο δίδεται η οπτική ανατροφοδότηση στο πρόγραμμα αυτό στοχεύει στο να διδάξει το παιδί ποιες παράμετροι της ομιλίας του είναι σημαντικές. Αυτό επιτυγχάνεται δίνοντας έμφαση σε συγκεκριμένες ακουστικές περιοχές με τη

βοήθεια διασκεδαστικών σχημάτων (λογο-εικόνες). Το πρόγραμμα περιλαμβάνει ασκήσεις έντασης, ρυθμού, ηχηρότητας, επιτονισμού και ενός συνδυασμού προσωπικών χαρακτηριστικών, καθώς και εξάσκηση σε φθόγγους σε απομόνωση, μέσα σε συλλαβές, λέξεις, αντιθετικά ζεύγη και προτάσεις.

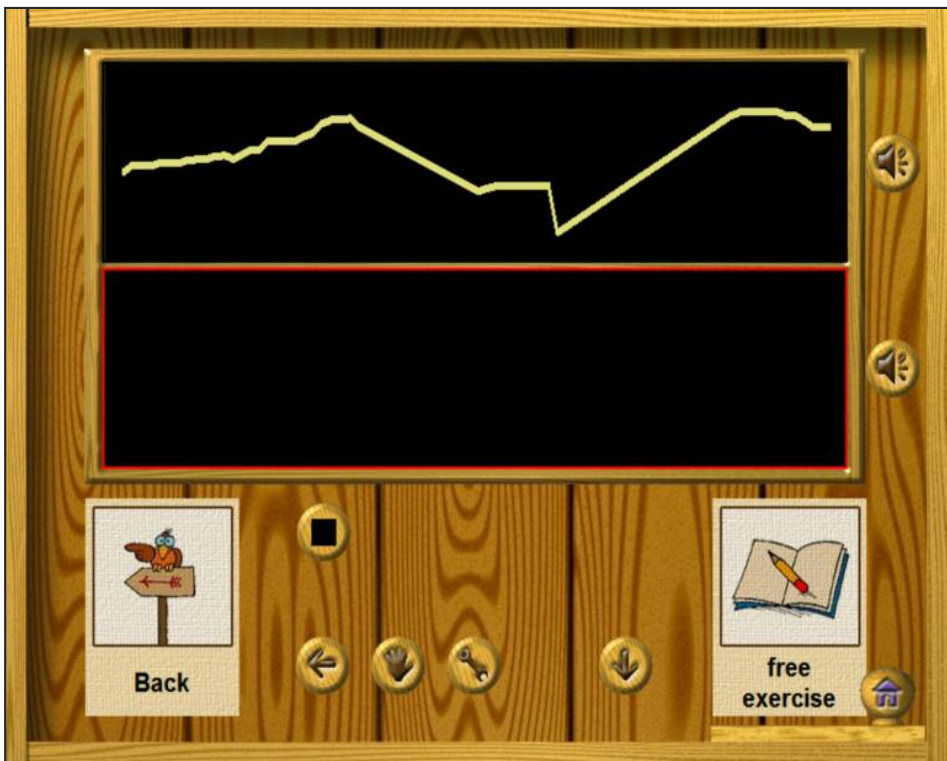
Στην Εικόνα 2 παρουσιάζεται μια άσκηση του φθόγγου [s] στο στάδιο *Εξάσκηση με συλλαβές*. Στο άνω παράθυρο παρουσιάζεται το *κοχλεόγραμμα* (είδος φασματογραφήματος) της πρότυπης ομιλίας την οποία επαναλαμβάνει το παιδί ακριβώς από κάτω. Η λογο-εικόνα του φιδιού και των αβγών του χρησιμοποιούνται για να δείξουν τις σημαντικές ακουστικές περιοχές του φθόγγου [s]. Πιο συγκεκριμένα, στο παιδί δίνεται η οδηγία να επαναλάβει τη συλλαβή [so] τρεις φορές, προσπαθώντας κατά την παραγωγή του [s] να καλύψει με κόκκινες τελείες τα αβγά του φιδιού αλλά όχι το φίδι. Με τον τρόπο αυτό το παιδί μαθαίνει ότι η ενέργεια του συριστικού άηχου φθόγγου [s] βρίσκεται σε υψηλές συχνότητες (καλύπτει τα αβγά πάνω από το φίδι) και είναι άλλης μορφής (κόκκινο χρώμα) σε σύγκριση με αυτή του φωνήεντος που βρίσκεται δίπλα του (μπλε χρώμα). Για να δημιουργηθεί όμως αυτού του είδους η ενέργεια θα πρέπει να τοποθετήσει το άκρο της γλώσσας του κοντά στα φατνία ώστε να σχηματιστεί στένωση από όπου θα διοχετευτεί αέρας, προκαλώντας τριβή απεριοδικής φύσης. Τότε η παραγωγή του [s] θα καλύψει τα αβγά του φιδιού και το παιδί θα καταλάβει ότι ήταν επιτυχής (Εικόνα 2α). Εάν όμως η γλώσσα δε λάβει την κατάλληλη θέση μέσα στη στοματική κοιλότητα και δε σχηματιστεί σωστά η στένωση, ο φθόγγος που θα παραχθεί δε θα έχει την κατάλληλη ενέργεια ώστε να καλύψει τα αβγά με τρόπο παρόμοιο του πρότυπου (Εικόνα 2β). Το παιδί μπορεί να ακούσει όσες φορές θέλει την πρότυπη παραγωγή και τη δική του, πατώντας το κουμπί με το ηχείο δεξιά από το κάθε παράθυρο. Στην Εικόνα 3 παρουσιάζεται μια άσκηση επιτονισμού. Η επιτονική καμπύλη στο πάνω παράθυρο αντιστοιχεί σε μια λέξη ή φράση που επιλέγει ο παιδαγωγός, η οποία χρησιμεύει ως πρότυπο για το παιδί που θα προσπαθήσει να τη μιμηθεί στο κάτω παράθυρο.

**Εικόνα 2:** Στιγμιότυπα από το πρόγραμμα “Μαγικό Κουτί”. Άσκηση του φθόγγου [s] με τρεις επαναλήψεις της συλλαβής [so:].

Στην **Εικόνα 2α** η παραγωγή του παιδιού, που εμφανίζεται στο κάτω παράθυρο, είναι σωστή, ενώ στην **Εικόνα 2β** είναι λάθος



**Εικόνα 3:** Στιγμιότυπο από το πρόγραμμα “Μαγικό Κουτί”. Εξάσκηση του επιτονισμού με την ερώτηση «Είναι καλά;» που επέλεξε ο εκπαιδευτικός





Ένα άλλο πρόγραμμα που παρέχει οπτικο-ακουστική ανατροφοδότηση της ομιλίας σε πραγματικό χρόνο είναι το Ortho-Logo-Paedia (OLP, <http://www.xanthi.ilsr.gr/olp/>) (Öster *et al.*, 2002, 2003). Το σύστημα αυτό απεικονίζει τη στιγμιαία ακουστική πληροφορία σε σημεία πάνω σε ένα δισδιάστατο φωνητικό χάρτη. Η ακουστική και αρθρωτική διαφορά των φθόγγων παρουσιάζεται μέσω της θέσης τους πάνω στον χάρτη. Η μετάβαση από τον ένα φθόγγο στον άλλο κατά την παραγωγή συλλαβών ή λέξεων δημιουργεί *οπτικά μονοπάτια* (visual paths) τα οποία καθοδηγούν το παιδί ώστε να αρθρώσει σωστά. Το σύστημα αποθηκεύει τις παραγωγές κάθε παιδιού και αναπροσαρμόζει τον φωνητικό χάρτη ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του, παρέχοντας έτσι εξατομικευμένη εκπαίδευση.

Υπάρχουν όμως και πολλά προγράμματα ελεύθερης πρόσβασης τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός για να διδάξει ακουστικά χαρακτηριστικά της ομιλίας. Δύο από αυτά είναι το λογισμικό PRAAT (<http://www.praat.org/>), το οποίο άρχισε να αναπτύσσεται το 1992 και αναβαθμίζεται συνεχώς μέχρι σήμερα (Boersma & Weenink, 2014), και το Wavesurfer (<http://www.speech.kth.se/wavesurfer/>). Είναι προγράμματα ανοιχτού κώδικα και παρέχουν τη δυνατότητα δημιουργίας φασματογραφήματος, καμπύλης επιτονισμού, κ.ά. Τα προγράμματα για ακουστική ανάλυση που μπορεί να χρησιμοποιήσει κανείς είναι πολυάριθμα (κατάλογος με σύντομη περιγραφή των διαθέσιμων προγραμμάτων και διαδικτυακούς συνδέσμους στη διεύθυνση [http://liceu.uab.es/~joaquim/phonetics/fon\\_anal\\_acus/herram\\_anal\\_acus.html](http://liceu.uab.es/~joaquim/phonetics/fon_anal_acus/herram_anal_acus.html)). Βέβαια τα προγράμματα αυτά δεν έχουν αναπτυχθεί ειδικά για παιδιά, αλλά ο εκπαιδευτικός μπορεί να σχεδιάσει δραστηριότητες και να δημιουργήσει ασκήσεις ώστε το παιδί να μάθει σταδιακά να 'διαβάζει' φασματογραφήματα και να κατανοεί πού πρέπει να εστιάσει την προσοχή του, ώστε να βελτιώσει την ομιλία του. Χρήσιμα παραδείγματα για τη δημιουργία ασκήσεων δίνονται στην ιστοσελίδα <http://www.spectrogramsforspeech.com/slp-resources/activities/> (Bullock *et al.*, 2011). Οι ασκήσεις αυτές μέσω των διασκεδαστικών σχημάτων βοηθούν στο να επιτευχθεί η γνωστική σύνδεση του ήχου με το φάσμα του.

Όλα τα προγράμματα που περιγράφηκαν παραπάνω έχουν δημιουργηθεί είτε για την εξάσκηση ομιλίας συγκεκριμένων ευρωπαϊκών γλωσσών (κυρίως αγγλικής, γερμανικής, κ.ά.), είτε είναι προσαρμόσιμα σε διάφορες γλώσσες, συμπεριλαμβανομένων και των ελληνικών, αλλά χρειάζεται πρώτα να δημιουργηθούν ασκήσεις από τον εκπαιδευτικό/λογοθεραπευτή ώστε να χρησιμοποιηθούν από τον Έλληνα μαθητή. Ένα πρόγραμμα όμως ειδικά για τα ελληνικά αναπτύσσει το Εργαστήριο Φωνητικής του Τμήματος Αγγλικής Γλώσσας και Φιλολογίας της Φιλοσοφικής Σχολής του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ) σε συνεργασία με το Εργαστήριο Ηλεκτροακουστικής και Τηλεοπτικών Συστημάτων της Πολυτεχνικής Σχολής του ΑΠΘ και στοχεύει στην εκμάθηση και διδασκαλία της ελληνικής προφορικής γλώσσας. Το πρόγραμμα ονομάζεται SpeakGreek, εντάσσεται στα πλαίσια της

Δράσης «Αριστεία II» και βρίσκεται σε εξέλιξη. Πρόκειται για ένα εκπαιδευτικό σύστημα βιοανατροφοδότησης με ελεύθερη δωρεάν πρόσβαση σε μαθητές, εκπαιδευτικούς, λογοθεραπευτές και γονείς για την εκμάθηση της ελληνικής ως δεύτερης/ξένης γλώσσας αλλά και τη βελτίωση της ομιλίας Ελλήνων και Ελληνίδων, παιδιών και ενηλίκων, με προβλήματα ακοής και λόγου. Το πρόγραμμα αυτό θα περιέχει προσεκτικά σχεδιασμένες ασκήσεις πάνω στην πρόσληψη και παραγωγή του λόγου σε τεμαχιακό (φθόγγος) και υπερτεμαχιακό επίπεδο (συλλαβή, λέξη, πρόταση), και θα παρέχει ανατροφοδότηση στον χρήστη μέσω συστήματος αναγνώρισης φωνής. Το συγκεκριμένο εργαλείο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από τον εκπαιδευτικό ή λογοθεραπευτή σε διάφορα περιβάλλοντα: ειδικά σχολεία, τμήματα ένταξης, ενισχυτικής διδασκαλίας και προγράμματα στήριξης σε τυπικά σχολεία, σε σχολεία εκμάθησης της Ελληνικής ως δεύτερης/ξένης γλώσσας, όσο και αυτόνομα από τον μαθητή, είτε στην τάξη είτε στο σπίτι.

#### 4. Επίλογος

Στο σημερινό σχολείο της ένταξης και της διαπολιτισμικότητας δημιουργείται πιο καισθητά η ανάγκη διδασκαλίας της προφοράς της ελληνικής γλώσσας. Παράλληλα, η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη χρησιμων λογισμικών για τον σκοπό αυτό, πολλά από τα οποία είναι προσβάσιμα μέσω του διαδικτύου. Με την παρούσα εργασία επιχειρήσαμε να δείξουμε ότι η χρήση της φασματογραφίας για την ανάλυση της ομιλίας στα πλαίσια των μαθημάτων της γλώσσας και της φυσικής θα είχε πολλά οφέλη για τον μαθητή στους δύο αυτούς γνωστικούς τομείς αλλά και στη διαθεματική τους σύνδεση. Ωστόσο, για την επίτευξη των παραπάνω θα ήταν σκόπιμο η βασική εκπαίδευση και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών να περιλαμβάνει τη διδασκαλία της μεθόδου αυτής και των εκπαιδευτικών εφαρμογών της, ώστε να αποκτήσουν τις γνώσεις που απαιτούνται για την αποτελεσματική ενσωμάτωσή της στη διδασκαλία τους.

#### Ελληνικές Βιβλιογραφικές Αναφορές

Μαντζάνας, Π. (1993) *Πεσταλότσι ο μεγάλος δάσκαλος της αγάπης*. Ζωή, έργο, παιδαγωγικές ιδέες. Αθήνα: Γρηγόρης.

Ματσαγγούρας, Η. (2002) *Ευέλικτη Ζώνη Διαθεματικών Προσεγγίσεων: Μια εκπαιδευτική καινοτομία που αλλάζει το σχολείο*. *Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 6, Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 15-30.

Οκαλίδου, Α. (2002) *Βαρηκοΐα-κώφωση. Μελέτη της παραγωγής του λόγου και θεραπευτική παρέμβαση*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

- Σφακιανάνκη, Α. (2004) Ακουστικά χαρακτηριστικά των ακραίων φωνηέντων [i, a, u] και η συναρθρωτική επιρροή των συμφώνων [t] και [s] ανάλογα με τον βαθμό βαρηκοΐας στην ομιλία 8 Ελλήνων ενηλίκων. *Παρουσίαση στην 25η Συνάντηση του Τομέα Γλωσσολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.*
- Σφακιανάνκη, Α., P. Roach, K. Vicsi, A-M. Öster, Z. Kacic, P. Barczikay, A. Tantos (2001) SPECO: Ένα οπτικο-ακουστικό σύστημα για τη διδασκαλία και την εξάσκηση του προφορικού λόγου ευρωπαϊκών γλωσσών. Στο Μ. Βάμβουκας & Α. Χατζιδάκη (επιμ.), *Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου «Μάθηση και Διδασκαλία της Ελληνικής ως μητρικής και ως δεύτερης Γλώσσας»*. Αθήνα: Ατραπός, τόμος Β, 217-227.
- Φραγκουδάκη, Α. (1987) *Γλώσσα και Ιδεολογία*. Αθήνα: Οδυσσεύς.

### **Ξένες Βιβλιογραφικές Αναφορές**

- Anderson-Hsieh, J. (1992) Using electronic feedback to teach suprasegmentals. *System*, 20 (1): 51-62.
- Anderson-Hsieh, J. (1994) Interpreting visual feedback on suprasegmentals in computer assisted pronunciation instruction. *CALICO Journal*, 11 (4): 5-22.
- Becker, R. (1998) Application of spectrographic feedback for improvement of speech production skills. In W. Ziegler & K. Deger (Eds.), *Clinical Phonetics and Linguistics*. London: Whurr Publishers.
- Boersma, P. & D. Weenink (2014) Praat: Doing phonetics by computer. [Computer Program]. Version 5.3.76. Amsterdam: Department of Language and Literature, University of Amsterdam. Available online <http://www.praat.org/>.
- Bullock, J., C. Gildersleeve-Neumann, K. Mandulak & J. Conn (2011) Spectrograms for speech: The clinical application of speech acoustic tools. *Poster presented at the annual meeting of ASHA, San Diego, CA.*
- Chun, D.M. (1998) Signal analysis software for teaching discourse intonation. *Language Learning & Technology*, 2 (1): 74-93.
- Chun, D.M. (2007) Technological advances in researching and teaching phonology. In M. C. Pennington (Ed.), *Phonology in context*. Basingstoke: Palgrave Macmillan, 135-158.
- de Bot, K. (1983) Visual feedback of intonation I: Effectiveness and induced practice behavior. *Language and Speech*, 26 (4): 331-350.
- Ertmer, D. J. (2004) How well can children recognize speech features in spectrograms? Comparisons by age and hearing status. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 47 (3): 484-495.
- Ertmer, D.J. & R.E. Stark (1995) Eliciting prespeech vocalizations in a young child with profound hearing loss: Usefulness of real-time spectrographic speech displays. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 4 (1): 33-38.

- Ertmer, D.J., R.E. Stark & G.R. Karlan (1996) Real-time spectrographic displays in vowel production training with children who have profound hearing loss. *American Journal of Speech-Language Pathology*, 5 (4): 4-16.
- Fant, G. (1960) Acoustic theory of speech production. The Hague: Mouton.
- Felsenfeld, S., P.A. Broen & M. McGue (1992) A 28-year follow-up of adults with a history of moderate phonological disorder: linguistic and personality results. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 1114-1125.
- Felsenfeld, S., P.A. Broen & M. McGue (1994) A 28-year follow-up of adults with a history of moderate phonological disorder: educational and occupational results. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37, 1341-1353.
- Flege, J. (1995) Second language speech learning: Theory, findings, and problems. In W. Strange (Ed.), *Speech Perception and Linguistic Experience: Issues in Cross-Language Research*. Baltimore: York Press, 233-277.
- Flege, J. & I. McKay (2004) Perceiving vowels in a second language. *Studies in Second Language Acquisition*, 26, 1-34.
- Flege, J., E. Frieda & T. Nozawa (1997) Amount of native-language (L1) use affects the pronunciation of an L2. *Journal of Phonetics*, 25, 169-186.
- Flege, J., M. Munro & I. MacKay (1995) Factors affecting strength of perceived foreign accent in a second language. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 3125-3134.
- Flege, J., G. Yeni-Komshian & H.-M. Liu (1999) Age constraints on second language acquisition. *Journal of Memory and Language*, 41, 78-104.
- Greene, B.G., D.B. Pisoni & T.D. Carell (1984) Recognition of speech spectrograms. *Journal of the Acoustical Society of America*, 76, 32-43.
- Hahn, L.D. (2004) Primary stress and intelligibility: Research to motivate the teaching of suprasegmentals. *TESOL Quarterly*, 38, 201-223.
- Hall, B.C. (1991) Attitudes of fourth and sixth graders toward peers with mild articulation disorders. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 22 (1): 334-340.
- Hardison, D.M. (2004) Generalization of computer-assisted prosody training: Quantitative and qualitative findings. *Language Learning & Technology*, 8 (1): 34-52.
- Harris, K.S., J. Rubin-Spitz & N.S. McGarr (1985) The role of production variability in normal and deviant developing speech. Proceedings of the Conference on the Planning and Production of Speech in Normal and Hearing-Impaired Individuals. *ASHA Reports*, 15, 50-57.
- Honov, J., P. Jindrab & J. Pe akc (2003) Analysis of articulation of fricative prealveolar sibilant 's' in control population. *Biomedical Papers*, 147 (2): 239-242.
- Kent, R. & R. Netsell (1975) A case study of an ataxic dysarthric: cineradiographic and

- spectrographic observations, *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 40 (1): 115-134.
- Kent, R.D. & J.C. Rosenbeck (1983) Acoustic patterns of apraxia of speech. *Journal of Speech and Hearing Research*, 26, 231-249.
- Klatt, D.H. & K.N. Stevens (1973) On the automatic recognition of continuous speech: Implications from a spectrogram-reading experiment. *IEEE Trans. Audio and Electroacoustics*, AU-21 (3): 210-217.
- Lee, S., A. Potamianos & S. Narayanan (1999) Acoustics of children's speech: Developmental changes in temporal and spectral parameters. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105, 1455-1468.
- Liberman, A.M., F.S. Cooper, D.P. Shankweiler & M. Studdert-Kennedy (1968) Why are speech spectrograms hard to read. *American Annals of the Deaf*, 113, 127-133.
- Magnuson, T. & M. Blomberg (2000) Acoustic analysis of dysarthric speech and some implications for automatic speech recognition. *Speech Transmission Laboratory - Quarterly Progress and Status Report*, 41 (1): 19-30. Dept. of Speech Communication, KTH, Stockholm, Sweden.
- Maki, J.E. (1980) Visual feedback as an aid to speech therapy. In J. Subtelny (Ed.), *Speech assessment and speech improvement for the hearing-impaired*, Washington D.C.: A. G. Bell Association, 167-176.
- Maki, J.E. (1983) Application of the speech spectrographic display in developing articulatory skills in hearing-impaired adults. In I. Hochberg, H. Levitt & M.J. Osberger (Eds.), *Speech of the hearing impaired: Research, training, and personnel preparation*. Baltimore: University Park Press, 297-312.
- Massaro, D.W. & M.M. Cohen (1998) Visible speech and its potential value for speech training for hearing-impaired perceivers. In *Proceedings of the STILL – ESCA Workshop on Speech Technology in Language Learning*, 169-173.
- McCaffrey Morrison, H. (2008) The locus equation as an index of coarticulation in syllables produced by speakers with profound hearing loss. *Clinical Linguistics & Phonetics*, 22 (9): 726-740.
- McCaffrey, H.A. & H.M. Sussman (1994) An investigation of vowel organization in speakers with severe and profound hearing loss. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37, 938-951.
- Mennen, I. (2006) Phonetic and phonological influences in non-native intonation: an overview for language teachers. *QMUC Speech Science Research Centre Working Papers*, WP-9. Available at <http://www.qmu.ac.uk/casl/news/WP.htm>.
- Monsen, R.B. (1976a) Normal and reduced phonological space: the production of English vowels by deaf adolescents. *Journal of Phonetics*, 4, 189-198.

- Monsen, R.B. (1976b) Second formant transitions of selected consonant-vowel combinations in the speech of deaf and normally-hearing children. *Journal of Speech and Hearing Research*, 19, 279-289.
- Moyer, A. (1999) Ultimate attainment in L2 phonology. *Studies in Second Language Acquisition*, 21, 81-108.
- Munro, M.J., T.M. Derwing & K. Sato (2006) Salient accents, covert attitudes: Consciousness-raising for pre-service second language teachers. *Prospect*, 21 (1): 67-79.
- National Institute on Deafness and Other Communication Disorders. (2010) *Statistics and Epidemiology on Voice, Speech, and Language*, <http://www.nidcd.nih.gov/health/statistics/vsl/Pages/stats.aspx>.
- Neel, A.T. (2010) Using acoustic phonetics in clinical practice. *Perspectives on Speech Science and Orofacial Disorders*, 20 (1): 14-24.
- Nickerson, R.S., D.N. Kalikow & K.N. Stevens (1976) Computer-aided speech training for the deaf. *Journal of Speech and Hearing Disorders*, 41, 120-132.
- Nicolaidis, K. & A. Sfakianaki (2007) An acoustic analysis of vowels produced by Greek speakers with hearing impairment. *Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Congress of Phonetic Sciences*, Saarbrücken, ID 1358, 1969-1972.
- Nittrouer, S., M. Studdert-Kennedy & R.S. McGowan (1989) The emergence of phonetic segments: Evidence from the spectral structure of fricative-vowel syllables spoken by children and adults. *Journal of Speech and Hearing Research*, 32, 120-132.
- Okalidou, A. & K.S. Harris (1999) A comparison of intergestural patterns in deaf and hearing adult speakers: Implications from an acoustic analysis of disyllables. *Journal of the Acoustical Society of America*, 106 (1): 394-410.
- Öster, A-M., D. House, A. Hatzis & P. Green (2003) Testing a new method for training fricatives using visual maps in the Ortho-Logo-Paedia project (OLP). In *Proceedings of Fonetik 2003, PHONUM 9*. Dept. of Philosophy and Linguistics, Ume University, 89-92.
- Öster, A-M., D. House, A. Protopapas & A. Hatzis (2002) Presentation of a new EU project for speech therapy: OLP (Ortho-Logo-Paedia). In *Proceedings from Fonetik 2002, Speech Music and Hearing Quarterly Progress and Status Report, TMH-QPSR*, 44, 45-48.
- Ozawa, Y., O. Shiromoto, F. Ishizaki & T. Watamori (2001) Symptomatic differences in decreased alternating motion rates between individuals with spastic and with ataxic dysarthria: An acoustic analysis. *Folia Phoniatrica et Logopaedica*, 53 (2): 67-72.
- Ruscello, D.M., D. Yanero & M. Ghalichebaf (1995) Cooperative service delivery between a university clinic and school system. *Language, Speech and Hearing Services in Schools*, 26, 273-277.

- Ryalls, J. & A. Larouche (1992) Acoustic integrity of speech production in children with moderate and severe hearing impairment. *Journal of Speech and Hearing Research*, 35, 88-95.
- Ryalls, J., A. Larouche & F. Giroux (2003) Acoustic comparison of CV syllables in French-speaking children with normal hearing, moderate-to-severe and profound hearing impairment. *Journal of Multilingual Communication Disorders*, 1 (2): 99-114.
- Samar, V.J., D.E. Metz, N. Schiavetti, R.W. Sitler & R.L. Whitehead (1989) Articulatory dimensions of hearing-impaired speakers' intelligibility: Evidence from a time-related aerodynamic, acoustic, and electroglottographic study. *Journal of Communication Disorders*, 22, 243-264.
- Saussure, F. de (Trans. W. Baskin) (1959) *Course in general linguistics*. New York: Philosophical Library (Original work published in 1916).
- Sfakianaki, A. (2012a) *An acoustic study of coarticulation in the speech of Greek adults with normal hearing and hearing impairment*. Unpublished Doctoral Thesis, School of English Language and Literature, Aristotle University of Thessaloniki.
- Sfakianaki, A. (2012b) F1 coarticulation phenomena in the productions of Greek speakers with hearing impairment. In Z. Gavriilidou, A. Efthymiou, E. Thomadaki & P. Kambakis-Vougiouklis (Eds.), *Selected papers of the 10th ICGL*. Komotini, Greece: Democritus University of Thrace, 520-527.
- Silverman, F.H. (1992) Attitudes of teenagers toward peers who have a single articulation error. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 23, 187-188.
- Square-Storer, P.A. & S. Apeldoorn (1991) An acoustic study of apraxia of speech in patients with different lesion loci. In C.A. Moore, K.M. Yorkston & D.R., Beukelman (Eds.), *Dysarthria and apraxia of speech: Perspectives on management*. Baltimore: Paul H. Brookes, 271-286.
- Stetson, R.H. (1928) Motor phonetics. *Archives Néerlandaises de Phonétique Expérimentale*, 3, 1-216. [Reprinted as J.A.S. Kelso & K.G. Munhall (Eds.), *R. H. Stetson's motor phonetics*. Boston, MA: Little, Brown, 1988.]
- Stewart, L.C., W.D. Larkin & R.A. Houde (1980) A real-time sound spectrograph with implications for speech training for the deaf. In H. Levitt, J.M. Pickett & R.A. Houde (Eds.), *Sensory aids for the hearing-impaired*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 392-395.
- Sussman, H.M., C. Duder, E. Dalston & A. Cacciatore (1999) An acoustic analysis of the development of CV coarticulation: A case study. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 42, 1080-1096.
- Vicsi K., P. Roach, A-M. Öster, Z. Kacic, P. Barczikay, A. Tantos, F. Csatari, Z. Bakcsi & A. Sfakianaki (2000) A Multimedia Multilingual Teaching and Training System for

Speech Handicapped Children. *International Journal of Speech Technology*, 3 (3/5): 290-300.

Wang, Y.T., R.D. Kent, J.F. Kent, J.R. Duffy & J.E. Thomas (2009) Acoustic analysis of voice in dysarthria following stroke. *Clinical Linguistics and Phonetics*, 23 (5): 335-347.