



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

# Ειδικά Θέματα Ακουστικού Σχεδιασμού και Πολυμέσων

ΤΟΜΟΣ Α

Δρ. Φώτης Κοντομίχος

Στέλιος Ποτηράκης  
*Επίκουρος Καθηγητής*  
ΤΕΙ Πειραιά

Δρ. Παναγιώτης  
Χατζηπαντωνίου

## Λογισμικό και Μέθοδοι για Ακουστικό Σχεδιασμό







Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του υποέργου 2 με τίτλο «Ανάπτυξη έντυπου εκπαιδευτικού υλικού για τα νέα Προγράμματα Σπουδών» της Πράξης «Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο», η οποία έχει ενταχθεί στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση» (ΕΠΕΔΒΜ) του ΕΣΠΑ (2007-2013), Άξονας Προτεραιότητας 7: «Ενίσχυση της Διά Βίου Εκπαίδευσης Ενηλίκων στις 8 Περιφέρειες Σύγκλισης» με κωδικό MIS 296121 και η οποία συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο – ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους, μέσω του Προγράμματος Δημοσίων Επενδύσεων (ΠΔΕ) του Υ.ΠΑΙ.Θ.

## Λογισμικό και Μέθοδοι για Ακουστικό Σχεδιασμό

### Σημείωση

Το ΕΑΠ είναι υπεύθυνο για την επιμέλεια έκδοσης και την ανάπτυξη των κειμένων σύμφωνα με τη Μεθοδολογία της εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης. Για την επιστημονική αριότητα και πληρότητα των συγγραμμάτων την αποκλειστική ευθύνη φέρουν οι συγγραφείς, κριτικοί αναγνώστες και ακαδημαϊκοί υπεύθυνοι που ανέλαβαν το έργο αυτό.

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών

---

Πρόγραμμα Σπουδών  
ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΠΟΛΥΜΕΣΑ

Θεματική Ενότητα  
ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ

Τόμος Α΄  
Λογισμικό και Μέθοδοι για Ακουστικό Σχεδιασμό

Συγγραφή  
ΦΩΤΗΣ ΚΟΝΤΟΜΙΧΟΣ  
Δρ. Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών Πανεπιστημίου Πατρών  
ΣΤΕΛΙΟΣ ΠΟΤΗΡΑΚΗΣ  
Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Ηλεκτρονικών Μηχανικών ΤΕ ΤΕΙ Πειραιά  
ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΧΑΤΖΗΑΝΤΩΝΙΟΥ  
Δρ. Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών Πανεπιστημίου Πατρών

Κριτική Ανάγνωση  
ΑΝΔΡΕΑΣ ΦΛΩΡΟΣ  
Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Τεχνών Ήχου και Εικόνας Ιονίου Πανεπιστημίου  
Ακαδημαϊκός Υπεύθυνος για την ανάπτυξη του έντυπου διδακτικού υλικού του ΠΣ  
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΖΕΥΓΩΛΗΣ  
Καθηγητής Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου

Συντονιστής για την ανάπτυξη του έντυπου διδακτικού υλικού της ΘΕ  
ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΣΚΑΡΛΑΤΟΣ  
Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Μηχανολόγων και Αεροναυπηγών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών

Ειδικός στη Μεθοδολογία της Ανοικτής και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης  
ΑΔΑΜΑΝΤΙΑ ΣΠΑΝΑΚΑ

Γλωσσική Επιμέλεια  
ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ ΤΣΕΚΟΥΡΑ

Τεχνική Επιμέλεια – Καλλιτεχνική Επιμέλεια – Σελιδοποίηση  
οrυsMAGNUM

---

ISBN: 978-960-538-927-7

Κωδικός Έκδοσης: ΑΣΠ 61/Α

---

Copyright © 2013 για την Ελλάδα και όλο τον κόσμο  
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Πάροδος Αριστοτέλους 18, 26335 Περισβόλα Πατρών – Τηλ.: 2610 367300, Φαξ: 2610 367650

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του Ελληνικού Νόμου (Ν. 2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής αδείας του εκδότη, κατά οποιονδήποτε τρόπο ή μέσο, αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική κ.λπ.) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών**

*Πρόγραμμα Σπουδών*

**ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΠΟΛΥΜΕΣΑ**

*Θεματική Ενότητα*

**ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΠΟΛΥΜΕΣΩΝ**

*Τόμος Α'*

# **Λογισμικό και Μέθοδοι για Ακουστικό Σχεδιασμό**

**ΦΩΤΗΣ ΚΟΝΤΟΜΙΧΟΣ**

*Δρ. Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών Πανεπιστημίου Πατρών*

**ΣΤΕΛΙΟΣ ΠΟΤΗΡΑΚΗΣ**

*Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Ηλεκτρονικών Μηχανικών ΤΕ ΤΕΙ Πειραιά*

**ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΧΑΤΖΗΑΝΤΩΝΙΟΥ**

*Δρ. Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών Πανεπιστημίου Πατρών*

ΠΑΤΡΑ 2013

## **Βιογραφικά**

*Ο Φώτης Κοντομίχος γεννήθηκε στην Αθήνα το 1978. Το 2003 αποφοίτησε από το Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πατρών. Στο ίδιο τμήμα εκπόνησε τη διδακτορική του διατριβή, με θέμα «Μέθοδοι και διατάξεις απευθείας ηλεκτροακουστικής μετατροπής για ψηφιακό ήχο», υπό την επίβλεψη του καθηγητή Ι. Μουρτζόπουλου, την οποία και υποστήριξε επιτυχώς τον Ιούνιο του 2011. Από το ακαδημαϊκό έτος 2011-2012 έχει εργαστεί ως μεταδιδάκτορας ερευνητής στο ίδιο τμήμα, ενώ παράλληλα παραδίδει διαλέξεις ως επιστημονικός και εργαστηριακός συνεργάτης στη βαθμίδα του Επίκουρου Καθηγητή στο Τμήμα Διοίκησης, Οικονομίας & Επικοινωνίας Πολιτιστικών και Τουριστικών Μονάδων του ΤΕΙ Δυτ. Ελλάδος (Πύργος). Στα ερευνητικά του ενδιαφέροντα περιλαμβάνονται οι νέες τεχνολογίες ακουστικών πηγών, οι ψηφιακές συστοιχίες μεγαφώνων, η εκπομπή χαμηλών συχνοτήτων και οι διατάξεις συλλογής ακουστικής ενέργειας.*

*Ο Στέλιος Ποτηράκης είναι Επίκουρος Καθηγητής του Τμήματος Ηλεκτρονικών Μηχανικών ΤΕ του ΤΕΙ Πειραιά. Συμμετείχε ως υπεύθυνος εργαστηρίου και τεχνικός συντάκτης στην ελληνική έκδοση του περιοδικού Audio (1997-1999). Την περίοδο 2000-2009 εργάστηκε στην ομάδα «Αναλογικών Ηλεκτρονικών & Ηλεκτροακουστικής» της Intracom Defense Electronics. Στα ερευνητικά του ενδιαφέροντα περιλαμβάνονται: τα αναλογικά ηλεκτρονικά, η ανάλυση αναλογικών κυκλωμάτων, η μοντελοποίηση συστημάτων, η ασαφής λογική, η ανάλυση σημάτων πολύπλοκων συστημάτων, η ψηφιακή επεξεργασία σημάτων ήχου, η ηλεκτροακουστική, η εφαρμοσμένη ακουστική, η ακουστική οικολογία, ο έλεγχος ακουστικού θορύβου, οι ηλεκτρονικές μετρήσεις, η ανάπτυξη μετρητικών συστημάτων ειδικού σκοπού, η απόκτηση και ανάλυση προσεισμικών σημάτων, ο χαρακτηρισμός και η μοντελοποίηση «έξυπνων»/πολυλειτουργικών υλικών, καθώς και οι τεχνολογίες εκπαίδευσης.*

*Ο Παναγιώτης Χατζηαντωνίου γεννήθηκε στην Πάτρα το 1970. Είναι διπλωματούχος Μηχανικός Η/Υ & Πληροφορικής και διδάκτορας του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Τεχνολογίας Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Πατρών. Στο ίδιο τμήμα εργάστηκε από το 1995, ως μέλος της Ομάδας Τεχνολογίας Ήχου και Ακουστικής του Εργαστηρίου Ενσύρματης Τηλεπικοινωνίας, σε ερευνητικά προγράμματα. Η έρευνά του επικεντρώθηκε σε τεχνικές ψηφιακής ισοστάθμισης ηχείων και χώρων ακρόασης, καθώς και μέτρησης και προσομοίωσης της ακουστικής χώρων. Από το ακαδημαϊκό έτος 2009-2010 έχει εργαστεί ως διδάσκων (στη βαθμίδα του λέκτορα) βάσει του Π.Δ. 407/80 στο Τμήμα Διαχείρισης Πολιτισμικού Περιβάλλοντος και Νέων Τεχνολογιών του Πανεπιστημίου Δυτικής Ελλάδας (Αγρίνιο). Έχει συγγράψει και παρουσιάσει περισσότερα από 20 επιστημονικά άρθρα σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και συνέδρια.*

## Περιεχόμενα

Πρόλογος .....	11
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	
<b>Χρήση λογισμικού για ακουστικό σχεδιασμό</b>	<i>Φ. Κοντομίχος</i>
<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες-Κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	13
1.1 Εισαγωγικές έννοιες .....	18
1.1.1 Υπολογιστικές μέθοδοι λογισμικού ακουστικής πρόβλεψης .....	21
1.1.2 Είδη λογισμικού ακουστικής μοντελοποίησης .....	31
1.1.3 Περιγραφή δυνατοτήτων συστημάτων λογισμικού ακουστικής προσομοίωσης .....	33
1.1.4 Διαδικασία πρόβλεψης ιδανικών τιμών ακουστικών παραμέτρων .....	39
1.2 Ακουστική μοντελοποίηση και πρόβλεψη .....	44
1.2.1 Εισαγωγή αρχιτεκτονικού μοντέλου .....	46
1.2.2 Καθορισμός υλικών πλευρικών τοίχων, οροφής και επιφανειών .....	54
1.2.3 Καθορισμός χαρακτηριστικών και θέσης ακουστικής πηγής και δεκτών .....	56
1.2.4 Χαρτογράφηση, απεικόνιση και επεξεργασία ακουστικών παραμέτρων .....	57
1.2.5 Βελτίωση ακουστικών χαρακτηριστικών χώρου .....	65
1.2.6 Ηλεκτροακουστική μοντελοποίηση και πρόβλεψη .....	69
Σύνοψη .....	74
Λίστες Ελέγχου Γνώσεων .....	76



<i>Ευρετήριο Όρων</i> .....	77
<i>Γλωσσάρι</i> .....	78
<i>Βιβλιογραφία</i> .....	79
<i>Οδηγός για Περαιτέρω Μελέτη</i> .....	82
<i>Απαντήσεις σε Ασκήσεις Αυτοαξιολόγησης</i> .....	84
<i>Απαντήσεις Δραστηριοτήτων</i> .....	88
<i>Κατάλογος εικόνων</i> .....	101
<i>Κατάλογος πινάκων</i> .....	103

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### **Χρήση λογισμικού για ηχοπροστασία**

*Στ. Ποτηράκης*

<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες-Κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	105
2.1 Εισαγωγικές έννοιες .....	111
2.1.1 Νομοθεσία σχετική με το θόρυβο .....	111
2.1.2 Προδιαγραφές, προτυποποιήσεις και μοντέλα σχετικά με το θόρυβο .....	115
2.1.3 Είδη λογισμικού ηχομόνωσης, ηχορύπανσης και ηχοπροστασίας .....	119
2.1.4 Λογισμικά ηχοαπορροφητικών/ηχομονωτικών χαρακτηριστικών υλικών/δομών .....	121
2.1.5 Λογισμικά διάδοσης του ήχου σε ανοικτούς/ κλειστούς χώρους .....	122
2.1.6 Επιλογή του κατάλληλου κατά περίπτωση λογισμικού .....	124
2.2 Λογισμικό για πρόβλεψη κυκλοφοριακού-περιβαλλοντικού θορύβου .....	128
2.2.1 Χαρτογράφηση ανοικτών χώρων για πρόβλεψη θορύβου και εισαγωγή δεδομένων πηγών θορύβου και δεκτών .....	131
2.2.2 Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελεσμάτων .....	140

2.3	Λογισμικά για πρόβλεψη κτιριακής ηχοπροστασίας .....	146
2.3.1	Εισαγωγή δεδομένων υλικών ή δομών για την εκτίμηση της ηχοπροστασίας .....	146
2.3.2	Εισαγωγή δεδομένων πηγών θορύβου, δεκτών και χαρτογράφησης χώρων για πρόβλεψη θορύβου .....	149
	<i>Σύνοψη</i> .....	152
	<i>Λίστα Ελέγχου Γνώσεων</i> .....	154
	<i>Ευρετήριο Όρων</i> .....	155
	<i>Βιβλιογραφία</i> .....	156
	<i>Οδηγός για Περαιτέρω Μελέτη</i> .....	161
	<i>Απαντήσεις σε Ασκήσεις Αυτοαξιολόγησης</i> .....	163
	<i>Απαντήσεις Δραστηριοτήτων</i> .....	167
	<i>Κατάλογος εικόνων</i> .....	174

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### **Παραδείγματα εφαρμογής κτιριακού ακουστικού σχεδιασμού**

*Π. Χατζηαντωνίου*

	<i>Σκοπός, Προσδοκώμενα Αποτελέσματα, Έννοιες-Κλειδιά, Εισαγωγικές Παρατηρήσεις</i> .....	177
3.1	Μελέτη περίπτωσης μουσικού σχολείου/ωδείου .....	180
3.1.1	Ακουστική μελέτη: γενικά χαρακτηριστικά .....	180
3.1.2	Πρώιμη φάση σχεδιασμού: απαιτήσεις, προϋποθέσεις .....	181
3.1.3	Παραδείγματα σχεδιασμού ηχομόνωσης-ηχοπροστασίας .....	186
3.1.4	Παράδειγμα ακουστικού σχεδιασμού μεγάλης αίθουσας μουσικών εκδηλώσεων.....	201
	<i>Σύνοψη</i> .....	218
	<i>Λίστα Ελέγχου Γνώσεων</i> .....	219
	<i>Ευρετήριο Όρων</i> .....	220

---

<i>Γλωσσάρι</i> .....	221
<i>Βιβλιογραφία</i> .....	222
<i>Οδηγός για Περαιτέρω Μελέτη</i> .....	223
<i>Απαντήσεις σε Ασκήσεις Αυτοαξιολόγησης</i> .....	225
<i>Απαντήσεις Δραστηριοτήτων</i> .....	227
<i>Κατάλογος εικόνων</i> .....	232
<i>Κατάλογος πινάκων</i> .....	235
<i>Παράρτημα έγχρωμων εικόνων</i> .....	237