



# Συστήματα Πολυμέσων

Ενότητα 12: Συμπύεση Ψηφιακού Ήχου

Θρασύβουλος Γ. Τσιάτσος  
Τμήμα Πληροφορικής



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

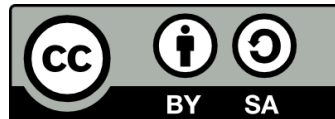


ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



# Περιεχόμενα ενότητας

---

1. Χαρακτηριστικά της ακοής
2. Απολεστική συμπίεση ήχου
3. Συμπίεση κατά MP3

# Σκοποί ενότητας

---

- Παρουσίαση των μεθόδων συμπίεσης του ψηφιακού ήχου

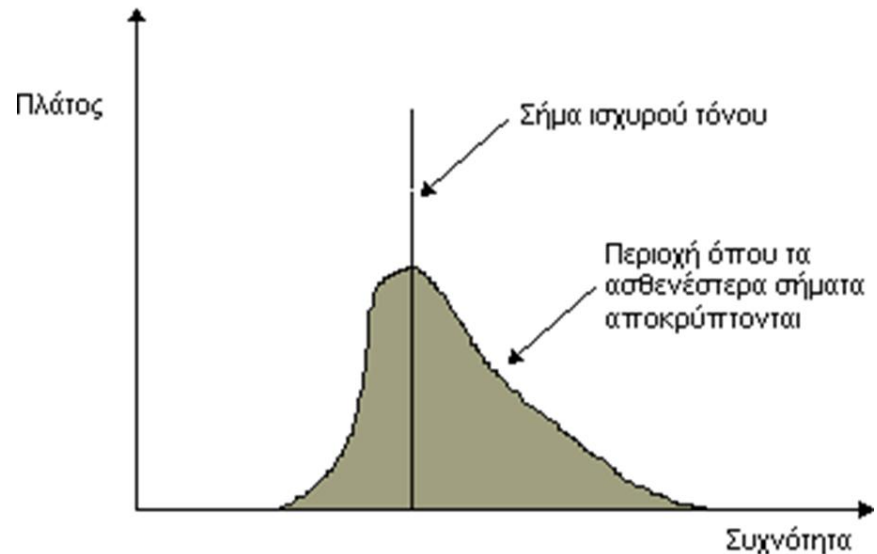
# Χαρακτηριστικά της ακοής (1/3)

---

- Ο άνθρωπος μέσω της ακοής αντιλαμβάνεται
  - συχνότητες 20-20000 Hz
  - διαφορετικά γεγονότα στα οποία αναλύεται το ακουστικό σήμα στο πεδίο του χρόνου τα οποία απέχουν περισσότερο από 30ms
- Η δυναμική περιοχή της ακοής είναι 120 dB

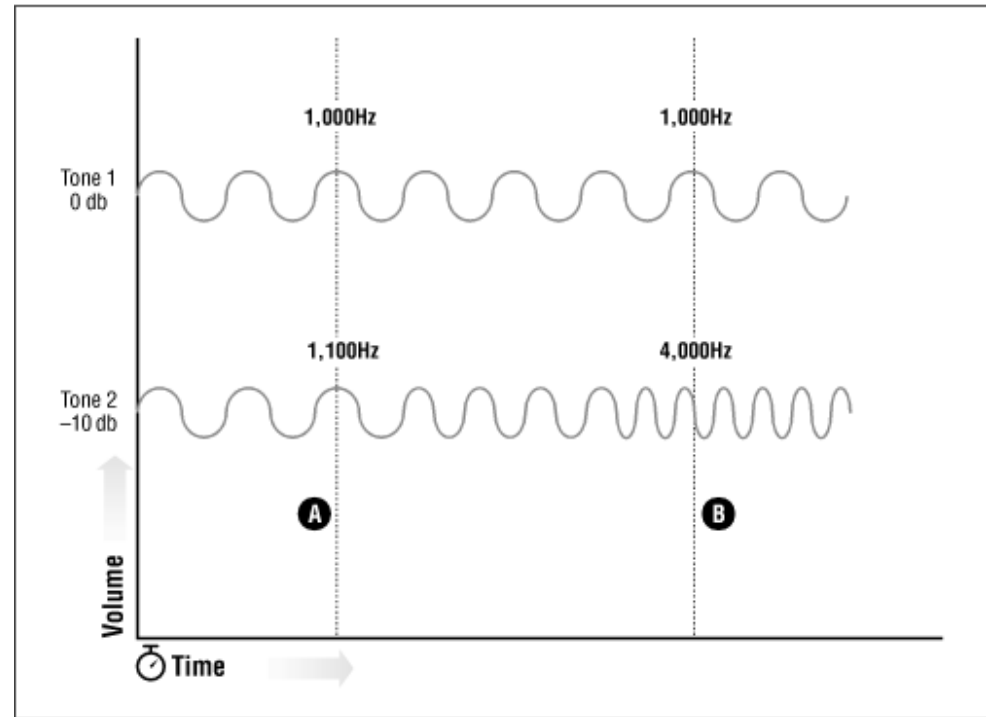
# Χαρακτηριστικά της ακοής (2/3)

- **Ηχητική Σκίαση** (auditory masking):
  - Συχνότητες χαμηλής έντασης **κοντά** σε μία συχνότητα υψηλής έντασης (κυρίαρχη) δεν ακούγονται
  - Το κατώφλι ακουστότητας μιας συχνότητας **ποικίλει** ανάλογα με τη συχνότητα και τον ακροατή



# Χαρακτηριστικά της ακοής (3/3)

- Παράδειγμα ηχητικής σκίασης
  - Ισχυρή συχνότητα 1000 Hz
  - Ασθενής συχνότητα (-10 db) 1100 Hz
  - Δεν γίνεται αντιληπτή παρά μόνον αν η συχνότητα αυξηθεί σημαντικά πχ. 4000 Hz
- Ηχητική σκίαση στο χρόνο (temporal masking)
  - Ταυτόχρονη αναπαραγωγή ισχυρής και ασθενούς συχνότητας → η ασθενής **δεν** γίνεται αντιληπτή
  - Η ασθενής μπορεί να γίνει αντιληπτή αν «**καθυστερήσει**» σε σχέση με την ισχυρή
  - Για καθαρούς τόνους (συχνότητες) η χρονική διάρκεια της διαφοράς αναπαραγωγής είναι ~ 5 msec





# Συμπίεση πληροφορίας ψηφιακού ήχου

- Κατά τη συμπίεση του ήχου χρησιμοποιούνται **πολύπλοκοι** αλγόριθμοι συμπίεσης που συνδυάζουν τόσο **απωλεστικές** όσο και **μη απωλεστικές** τεχνικές συμπίεσης
- Στις σύγχρονες μεθόδους συμπίεσης εφαρμόζονται διάφορα **ψυχο-ακουστικά** μοντέλα βάσει των οποίων **απορρίπτονται** οι συχνότητες που έτσι και αλλιώς δεν μπορούσαν να γίνουν αντιληπτές από το ανθρώπινο αυτί.



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

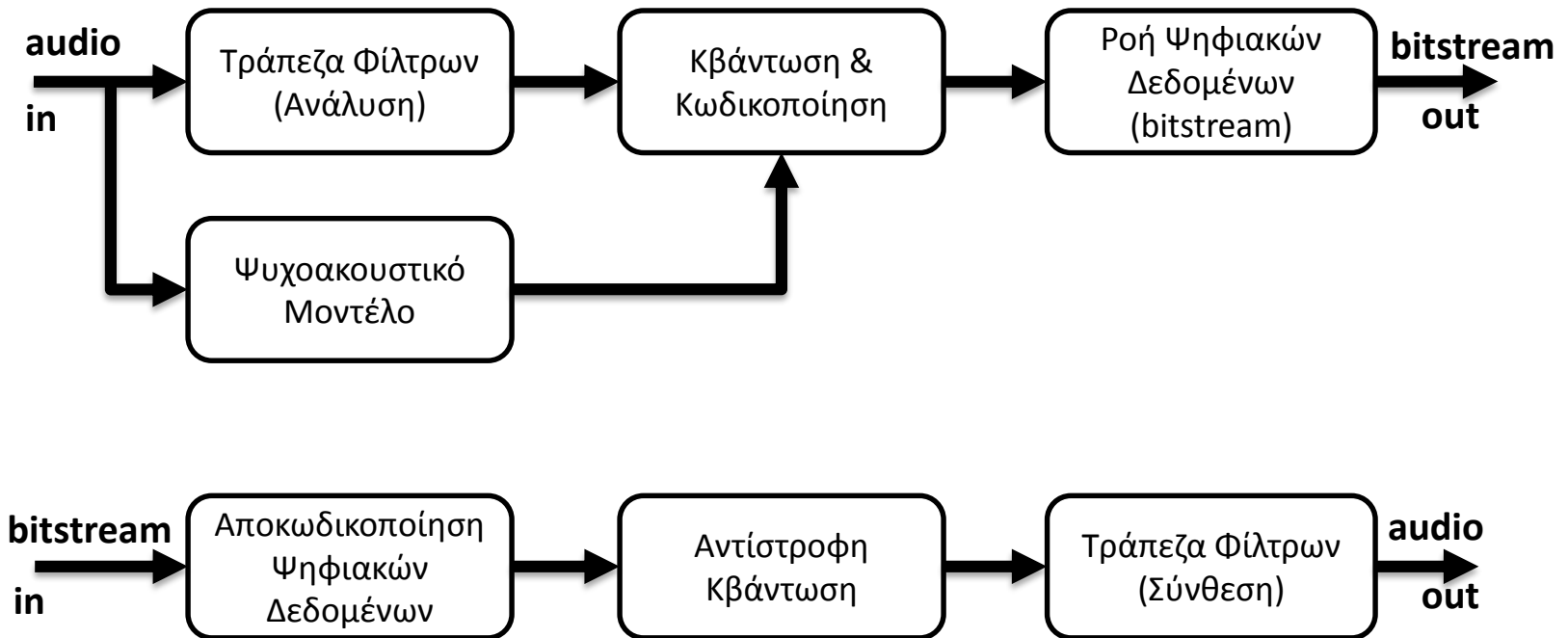
---

# Απωλεστική Συμπύεση Ήχου & Συμπύεση κατά $mp3$

# MPEG

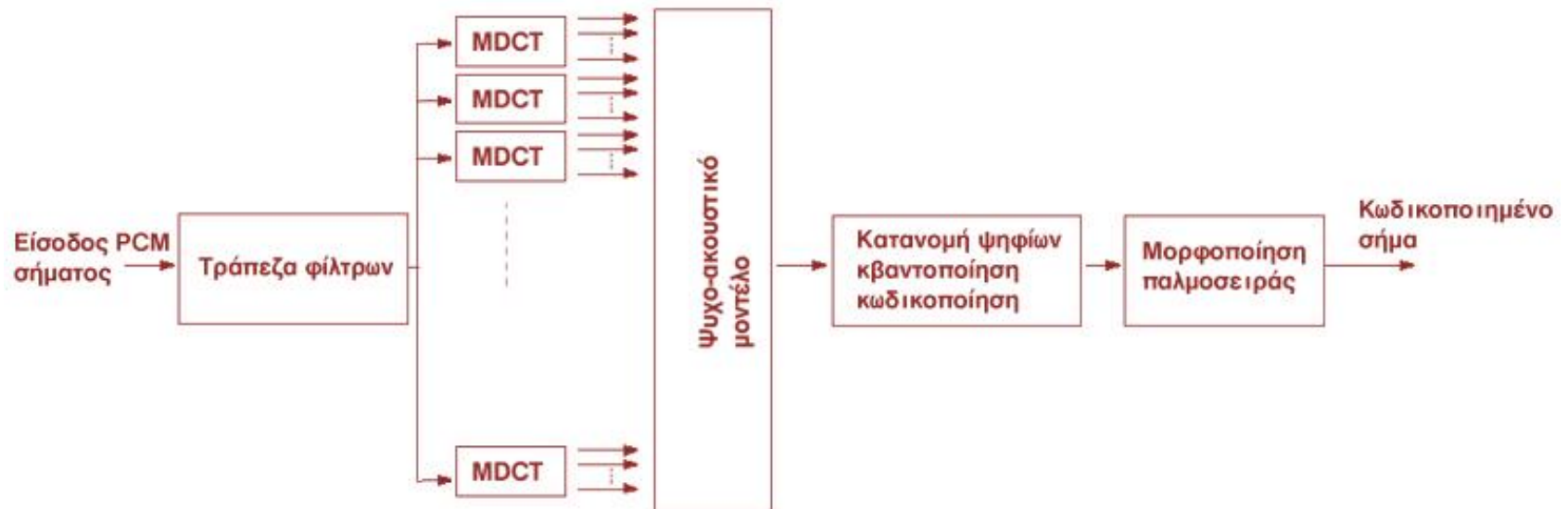
- MPEG (Motion Picture Expert Group) / 1987
- **Οικογένεια** συμπιεστών (Codecs)
- Ανάπτυξη: Συνεργασία πανεπιστημίων, ερευνητικών ινστιτούτων και εταιρειών
- Υπό την αιγίδα του Διεθνούς Οργανισμού Προτύπων (International Standards Organization (ISO))
- Αναπτύσσει διεθνή πρότυπα για τη συμπίεση εικόνας, ήχου και βίντεο.

# Βασική δομή ενός ηχητικού κωδικοποιητή



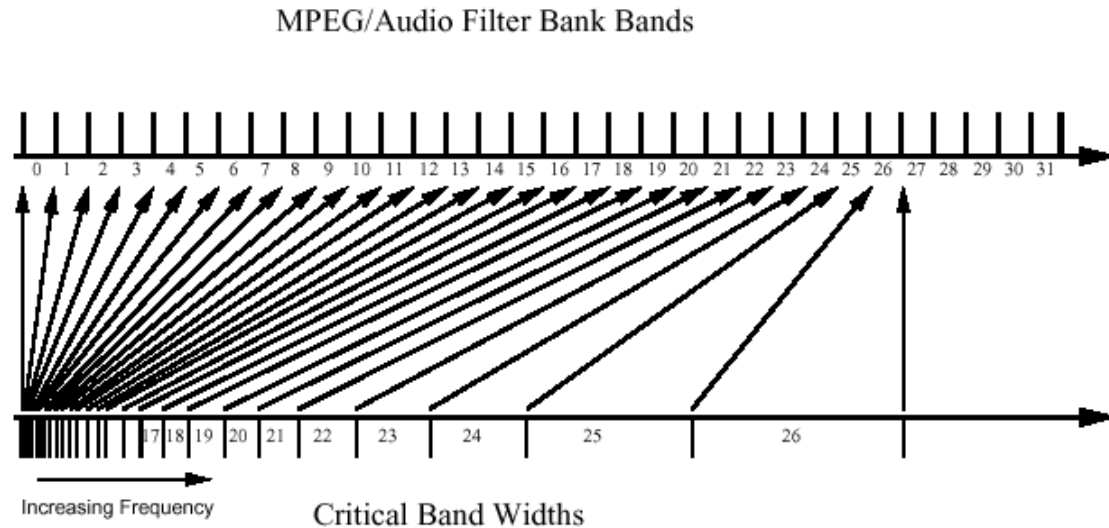
# Μρ3 – Τα βήματα

- 1) Τράπεζα Φίλτρων
- 2) Εφαρμογή MDCT (Modified DCT)
- 3) Εφαρμογή Ψυχοακουστικού Μοντέλου
- 4) Επιμερισμός διαθέσιμων bits (ανάλογα με το bit rate)
- 5) Εφαρμογή κωδικοποίησης εντροπίας



# (1) Τράπεζα φίλτρων

- Το ακουστικό σήμα διαιρείται σε 32 ζώνες συχνοτήτων ίσου μεγέθους
- Το ανθρώπινο αυτί έχει περιορισμένη διακριτική ικανότητα
- Μέσα σε μια περιορισμένη κριτική περιοχή εύρους ζώνης **συγχέει** τις συχνότητες που ακούει
- Οι κριτικές περιοχές αντιστοιχούνται σε 32 ζώνες

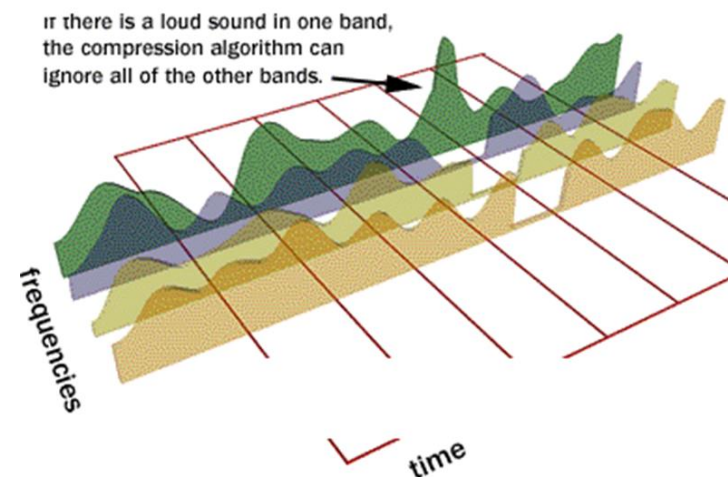
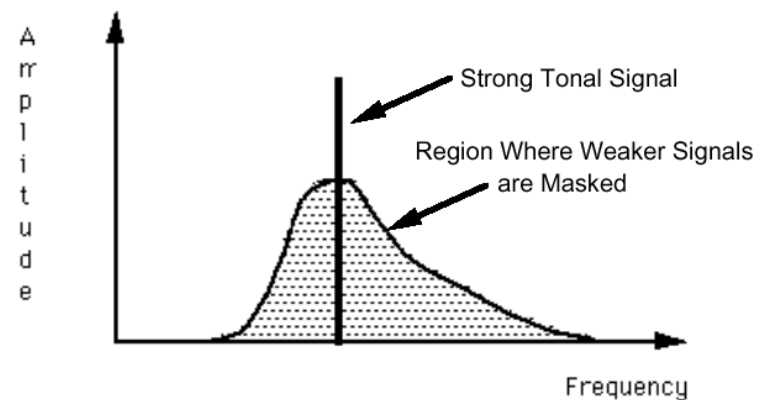


## (2) Εφαρμογή MDCT

- MDCT = Modified Discrete Cosine Transform
- Υποδιαιρείται επιπλέον το φάσμα συχνοτήτων με στόχο την καλύτερη διακριτικότητα
- Χρησιμοποιούνται 18 συντελεστές MDCT
- Τελικά δημιουργούνται συνολικά  $32 \times 18 = 576$  ζώνες στο φάσμα συχνοτήτων

# (3) Εφαρμογή Ψυχοακουστικού Μοντέλου

- Εφαρμόζεται το ψυχοακουστικό μοντέλο ηχητικής σκίασης σε καθεμιά από τις ζώνες
- Δηλ. υπολογίζεται το κατώφλι ακουστότητας σε κάθε **ζώνη** για κάθε δεδομένη **στιγμή** (frame)
- Υπολογίζεται έτσι ποιες συχνότητες μπορούν να γίνουν **αντιληπτές**





# (4) Επιμερισμός διαθέσιμων bit & (5) Κβάντωση & Κωδικοποίηση

---

- **Επιμερισμός διαθέσιμων bit:** Καθορίζεται το πλήθος των bits που θα διατεθεί σε κάθε ζώνη, με βάση το ψυχοακουστικό μοντέλο
  
- **Κβάντωση & Κωδικοποίηση:**
  - Προσθήκη συνοδευτικών δεδομένων
  - Κωδικοποίηση κατά Huffman

# MPEG-1 Layer 3 – Ρυθμός Μετάδοσης

---

- Το μέγεθος και η ποιότητα των αρχείων ήχου καθορίζονται από τον ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων (bit rate).
- Το πρότυπο MP3 υποστηρίζει αρκετούς προκαθορισμένους ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων.
- Τα αρχεία με μεγαλύτερο bit rate θα ακούγονται καλύτερα από αυτά με μικρότερο bit rate.

# Συμπίεση

- MPEG-1 Layer 3 – Ρυθμός Μετάδοσης

bandwidth	mode	Bit rate	Λόγος Συμπίεσης	Ποιότητα
2.5 kHz	Mono	<b>8 kbps</b>	96:1	Ήχος τηλεφώνου
4.5 kHz	Mono	<b>16 kbps</b>	48:1	Βραχεία
11 kHz	Stereo	<b>56..64 kbps</b>	26 .. 24:1	FM
15 kHz	Stereo	<b>96 kbps</b>	16:1	Σχεδόν σαν CD
>15 kHz	Stereo	<b>112..128 kbps</b>	14..12:1	CD

# MPEG-1 Layer 3 – Ρυθμός Μετάδοσης

---

- Συμπίεση αρχείων ήχου μπορεί να φτάσει και το **85%**
- Με ρυθμό μετάδοσης (bit rate) άνω των **128 Kbps** η διαφορά από το πρωτότυπο CD δεν γίνεται αντιληπτή.
- Το αποτέλεσμα είναι να έχουμε μουσικά αρχεία 4-6 λεπτών που κανονικά θα καταλάμβαναν χώρο 40-70 MB, να πιάνουν τώρα χώρο μόλις 3-7MB.

# Αναφορές

---

- [1] Havaladar, P., & Medioni, G. G. (2009). Multimedia Systems: Algorithms, Standards, and Industry Practices. CengageBrain. com.
- [2] Δημητριάδης, Σ., Τριανταφύλλου, Ε., & Πομπόρτσης, Α. (2003). Τεχνολογία Πολυμέσων: Θεωρία και Πράξη. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.



# Τέλος Ενότητας

## Ψηφιακός ήχος - Συμπίεση



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

