

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

**ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΤΡΟ 8.3
ΔΡΑΣΗ 8.3.6
"ΑΝΘΡΩΠΙΝΑ ΔΙΚΤΥΑ Ε&Τ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ"**

**ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΙΑ
ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**

ΘΑΛΑΤΤΑ



ΘΑΛΑΤΤΑ



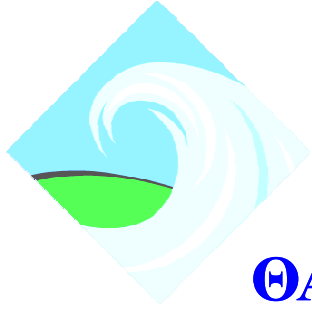
Μη γραμμικές μέθοδοι αντιστροφής

Μιχάλης Ταρουδάκης

Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης

Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας

Συντονιστής του Δικτύου



ΤΟ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΗΣ ΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑΣ

Με δεδομένες μετρήσεις του ηχητικού πεδίου σε συγκεκριμένες θέσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον, υπολογίστε το προφίλ ταχύτητας που χαρακτηρίζει την διαδρομή από την πηγή στον δέκτη $c(x,y,z)$



Πρόσθετοι άγνωστοι : Η ακριβής θέση πηγής και δεκτών. Η δομή του πυθμένα (?)

Τύποι πηγών : Ειδικές πηγές που εκπέμπουν διαμορφωμένα σήματα. Μερικές φορές εκπέμπουν αρμονικά σήματα.

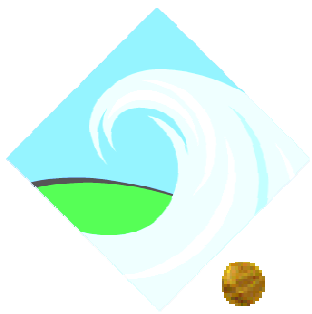
Τύποι μετρήσεων : Συνήθως χρονοσειρές του εκπεμπόμενου σήματος σε ένα υδρόφωνο ή σε μία συστοιχία. Με επεξεργασία Fourier είναι δυνατή η μεταφορά του σήματος στο πεδίο συχνοτήτων.



Ένα αντίστροφο πρόβλημα αυτής της μορφής μπορεί να επεκταθεί στην ανάκτηση παραμέτρων που αφορούν την πηγή, την γεωμετρία του περιβάλλοντος αλλά και τη σύσταση του πυθμένα

Γενικά το πρόβλημα είναι μη γραμμικό

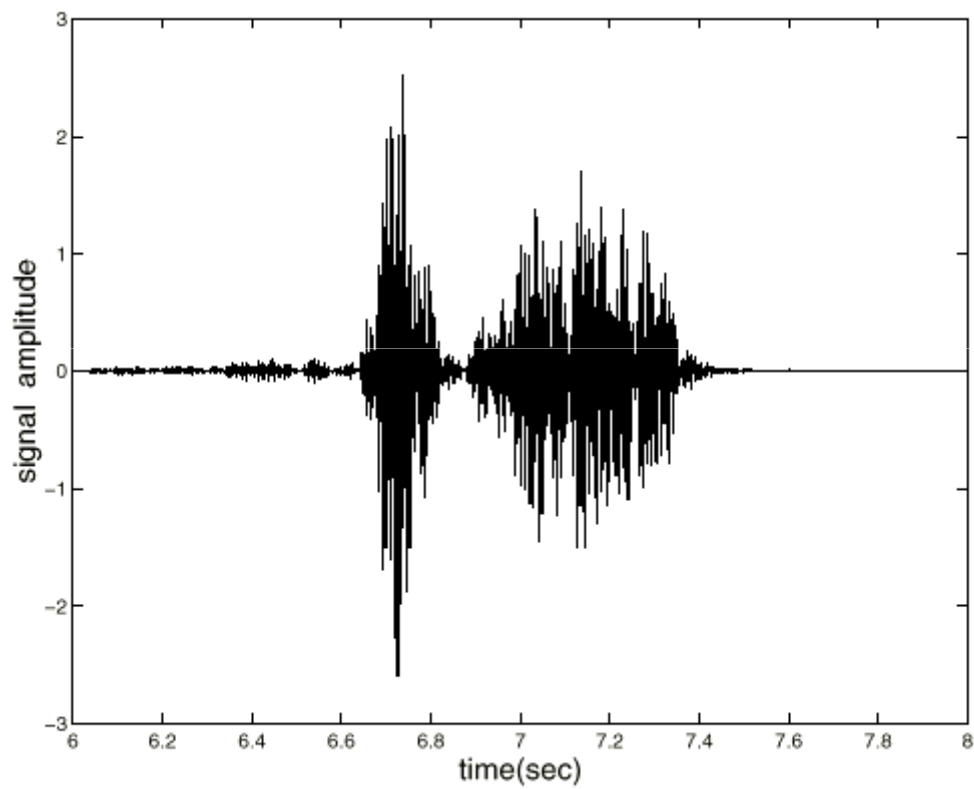
$$f(\mathbf{m}, \mathbf{d}) = 0$$



- Οι μετρήσεις μπορεί να αφορούν οποιαδήποτε μεγέθη είναι δυνατόν να συσχετισθούν με τις προς ανάκτηση παραμέτρους.
- Οι μετρήσεις πρέπει να αφορούν μεγέθη συσχετιζόμενα με την ειδική μορφή μοντελοποίησης του ευθέως προβλήματος (π.χ ακτίνες ή ιδιομορφές).
- Καθώς οι μετρήσεις γίνονται σε περιβάλλον θορύβου θα πρέπει κατά το δυνατόν να είναι «καθαρές» ή ο θόρυβος να μην επηρεάζει τα δεδομένα της αντιστροφής



Τυπική λήψη τομογραφικού σήματος





- Η διαδικασία μέτρησης και τα μετρούμενα μεγέθη πρέπει να δίδουν την δυνατότητα αξιοποίησης της μέγιστης δυνατής πληροφορίας που μεταφέρει ένα σήμα
- Επομένως πρέπει να αξιοποιηθεί η πληροφορία που δίνει τόσο η χωρική όσο και η χρονική κατανομή του σήματος



Διαδικασία αντιστροφής

Προσπαθούμε να βρούμε από μία ομάδα πιθανών λύσεων, εκείνη που «ταυτίζεται» ή βρίσκεται πιο κοντά στην μέτρηση

Επομένως προσομοιώνεται η μέτρηση για κάθε πιθανή λύση του προβλήματος

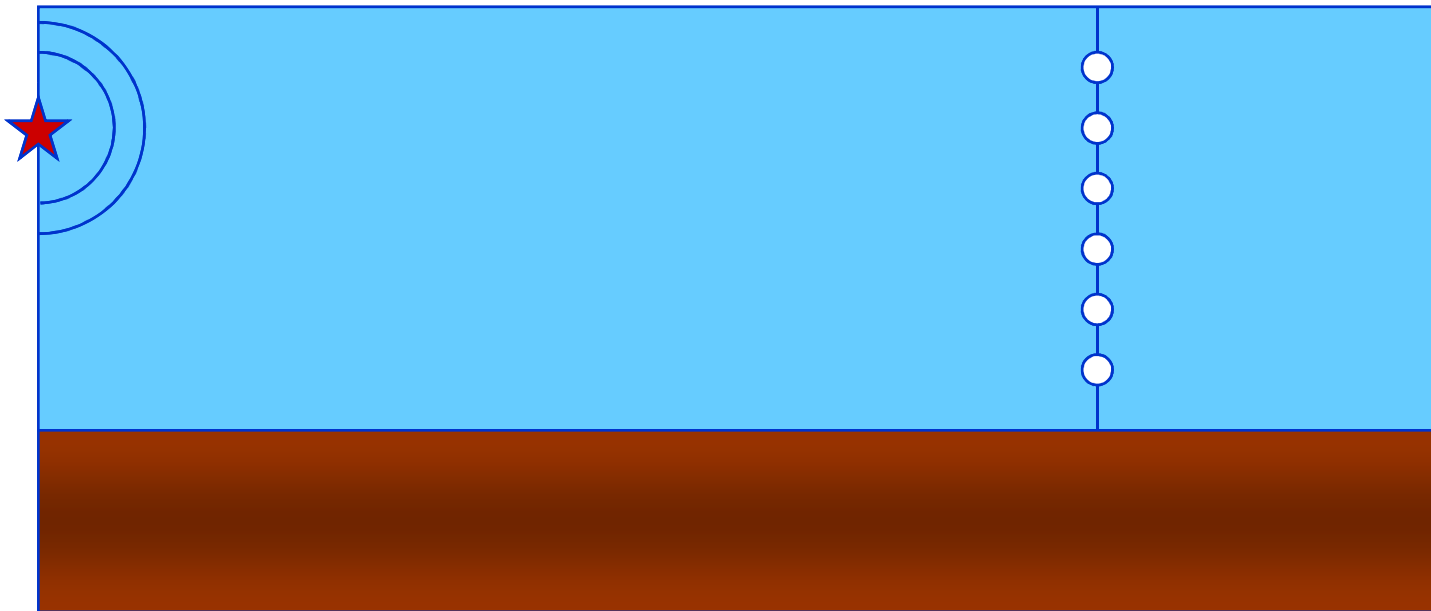
Απαιτείται μία νόρμα (ή επεξεργαστής) για να εκφράσει την διαφορά ανάμεσα στο μετρηθέν μέγεθος και στο προσομοιούμενο.

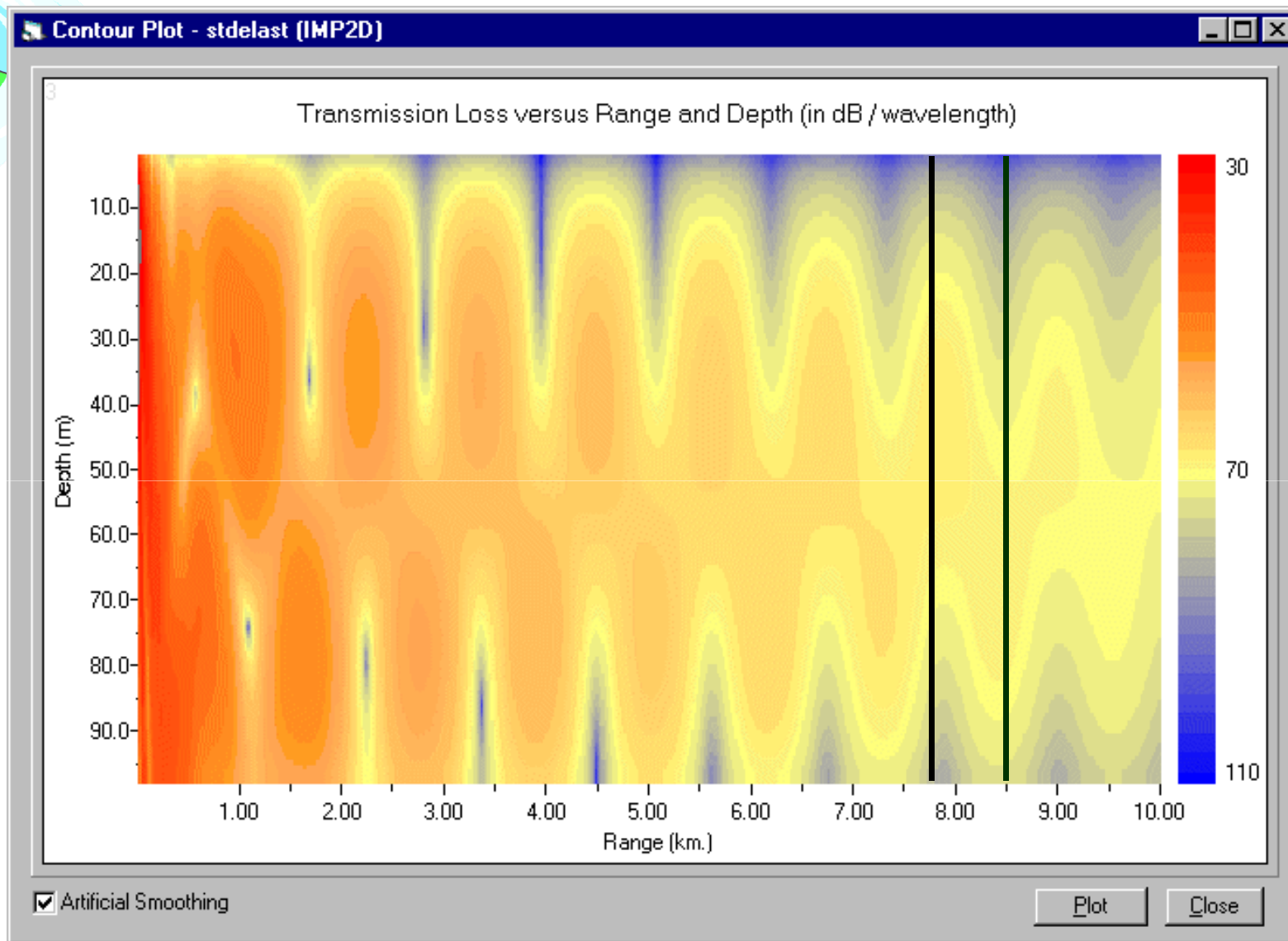
Ο επεξεργαστής θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ευαίσθητος σε μικρές μεταβολές των σημαντικών παραμέτρων του μέσου



Αντιστροφές ταύτισης πεδίου

Απαιτείται κατακόρυφη συστοιχία υδροφώνων για τον υπολογισμό του ηχητικού πεδίου σε πολλά βάθη





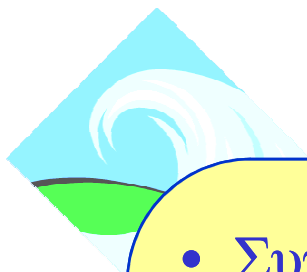


- Η συστοιχία των υδροφώνων μας δίδει τη δυνατότητα να αξιοποιήσουμε την πληροφορία για την χωρική κατανομή του ακουστικού σήματος ακόμη και σε μία συχνότητα.
- Παράλληλα μας δίνει τη δυνατότητα να αναγνωρίσουμε την φάση των ιδιομορφών για να διατυπώσουμε ένα γραμμικό αντίστροφο πρόβλημα



Ταύτιση σε μία συχνότητα :
Διακριτός Μετασχηματισμός Fourier
(Discrete Fourier Transform)
για καθένα από τα N υδρόφωνα

$$F_n(\vec{x}; \omega) = \sum_{k=0}^K p_n(\vec{x}; t_k) w(t_k) e^{-i\omega t_k}$$



- Συγκεντρωση μετρήσεων πεδίου σε $N \geq 1$ υδρόφωνα
- Επιλογή ενός μοντέλου ακουστικής διάδοσης για την εκτίμηση του ακουστικού πεδίου με βάση «υποψήφια» διανύσματα παραμέτρων
- Χρήση αντικειμενικής συνάρτησης για την εκτίμηση της διαφοράς ανάμεσα σε εκτιμήσεις και μετρήσεις και αναζήτηση της *μέγιστης* συσχέτισης

Διαδικασία βελτιστοποίησης !!



Μετρήσεις σε N
υδρόφωνα

$$\mathbf{F} = (F_1, F_2, \dots, F_N)^T$$

$$C = \langle \mathbf{F}\mathbf{F}^+ \rangle$$

Εκτιμήσεις σε N
υδρόφωνα

$$\hat{\mathbf{F}} = (\hat{F}_1, \hat{F}_2, \dots, \hat{F}_N)^T$$

$$\mathbf{w} = \hat{\mathbf{F}}$$

Σύγκριση

$$L(\mathbf{m}) = \mathbf{w}^+ C \mathbf{w}$$

Εναλλακτικές συναρτήσεις ελέγχου (ευρυζώνιες...)

$$L_2(m) = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \left(\left| \sum_{p=1}^N \sum_{q=1}^N \sum_B D_{pq}(f) M_{pq(m)}^*(f) \right| K^{-1}(m) \right)_i$$



ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- ✓ Άμεση μέθοδος – δεν απαιτεί αναγνώριση των χαρακτηριστικών του ακουστικού σήματος
- ✓ Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και στις περιπτώσεις που δεν υπάρχει επαρκής πληροφορία για ένα «περιβάλλον αναφοράς»
- ✓ Χρησιμοποιείται για την ανάκτηση οποιασδήποτε παραμέτρου του θαλάσσιου περιβάλλοντος



ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- ✘** Χρονοβόρα μέθοδος. Απαιτεί πολλαπλές επιλύσεις του ευθέως προβλήματος
- ✘** Σε πολλές περιπτώσεις δίδει περισσότερες από μία πιθανές λύσεις
- ✘** Ορισμένες παραμέτρου του θαλάσσιου περιβάλλοντος δεν είναι ευαίσθητες σε μεταβολές του πεδίου
- ✘** Απαιτούνται λήψεις σε πολλά υδρόφωνα



Πως πραγματοποιείται η αναζήτηση των λύσεων

- Simulated Annealing
- Γενετικοί Αλγόριθμοι
- Μέθοδοι εστιασμένες σε συγκεκριμένα προβλήματα
- Νευρωνικά δίκτυα
- Στατιστική επεξεργασία



ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΙ

- Εκκινάμε με ένα “πληθυσμό” πιθανών λύσεων
- Διασταυρώνουμε τον πληθυσμό ώστε να παράγουμε μία νέα γενιά
- Εκτιμούμε την ποιότητα της νέας γενιάς συνολικά και κατ’ άτομο και κρατάμε τα μέλη εκείνα που “υπερτερούν” των γονέων τους
- Συνεχίζουμε τις διασταυρώσεις μέχρι να ικανοποιηθούμε με την ποιότητα του πληθυσμού
- Η διαδικασία συγκλίνει στη βέλτιστη λύση !!



ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

- Κάθε συνδυασμός παραμέτρων του περιβάλλοντος αντιπροσωπεύεται από μία δυαδική σειρά

Chromosome 1	1101100100110110
Chromosome 2	1101111000011110

- Ορίζεται μία περιοχή αναζήτησης και ένας αρχικός πληθυσμός από συνδυασμούς παραμέτρων
- Ορίζεται μία συνάρτηση ποιότητας. Η συνάρτηση αυτή μπορεί να είναι ο επεξεργαστής που ορίζεται στο πρόβλημα της ταύτισης πεδίου.



ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

Τα μέλη του πληθυσμού διασταυρώνονται με αποκοπή του «κώδικα χρωματωμάτων» σε ένα ή περισσότερα σημεία (crossover)

Chromosome 1	11011 00100110110
Chromosome 2	11011 11000011110
Offspring 1	11011 11000011110
Offspring 2	11011 00100110110



ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

Για να αποφευχθεί «εσφαλμένη» οδήγηση της διαδικασίας εξέλιξης ορισμένα άτομα μεταλλάσσονται (mutation)

Original offspring 1	1101111000011110
Original offspring 2	1101100100110110
Mutated offspring 1	1100111000011110
Mutated offspring 2	1101101100110110



ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΓΕΝΕΤΙΚΩΝ ΑΛΓΟΡΙΘΜΩΝ

- Ορίζεται μία μετρική (νόρμα) ελέγχου της σχετικής ποιότητας των απογόνων σε σχέση με τους γονείς. Η νόρμα αυτή είναι η διαφορά στην τιμή του επεξεργαστή ανάμεσα σε γονείς και απογόνους.
- Ορίζεται ένα κατώφλι ασφαλείας T που δίνει τη δυνατότητα καλύτερου ελέγχου της σύγκλισης μιας γενετικής διαδικασίας. Αντικαταστάσεις επιτρέπονται μόνο εάν τα τέκνα είναι «καλύτερα» από τους γονείς με περιθώριο ασφαλείας T .



ΕΝΑΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

- I. Ορίζεται ένα κατώφλι ασφαλείας $T > 0$
- II. Ξεκίνημα του πληθυσμού n ατόμων μέσα από το πεδίο αναζήτησης. N χρωμοσώματα που αντιπροσωπεύουν πιθανές λύσεις του προβλήματος
- III. Υπολογίζεται η ποιότητα (fitness) κάθε χρωμοσώματος (πιθανής λύσης) στον πληθυσμό
- IV. Επαναλαμβάνεται η ακόλουθη διαδικασία $n/2$ φορές



ΕΝΑΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

Επιλέγονται τυχαία 2 γονείς χωρίς αντικατάσταση
(εναλλακτικά η επιλογή μπορεί να βασίζεται στην
ποιότητά τους)

Διασταυρώνονται οι γονείς με πιθανότητα p_1 (ας πούμε
1.00) και αποκτώνται δύο απόγονοι

Εφαρμόζεται μετάλλαξη στους απογόνους με
πιθανότητα p_2 (ας πούμε 0.001)

Εάν η ποιότητα των απογόνων ελεγχόμενη μέσω της
κατάλληλης νόρμας είναι καλύτερη από αυτή των
γονέων αντικαθιστούνται οι γονείς με τα παιδιά
Δημιουργείται έτσι ένας νέος πληθυσμός και
υπολογίζεται η νέα ποιότητα κάθε χρωματοσώματος



ΕΝΑΣ ΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΣ

- V. Ελέγχεται το κριτήριο τερματισμού της διαδικασίας. Εάν ικανοποιείται η διαδικασία τελειώνει και δίδεται στην έξοδο η καλύτερη λύση στον πληθυσμό, ή η στατιστική του κατανομή (a posteriori probability distribution)
- IV Διαφορετικά περιορίζεται το T περιοδικά μέχρι το 0 και επανέρχεται η διαδικασία στην φάση IV

Διαδικασία παραλληλισμού που περιορίζεται μόνο από το μέγεθος του πληθυσμού

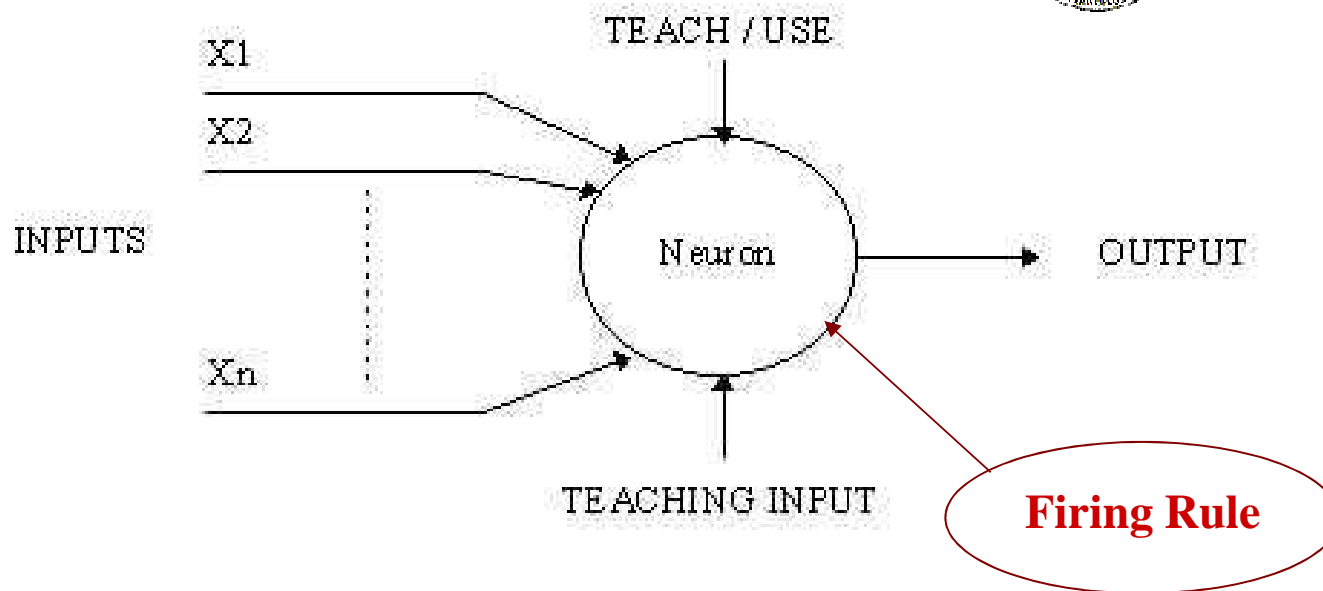


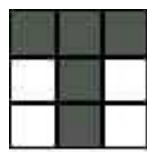
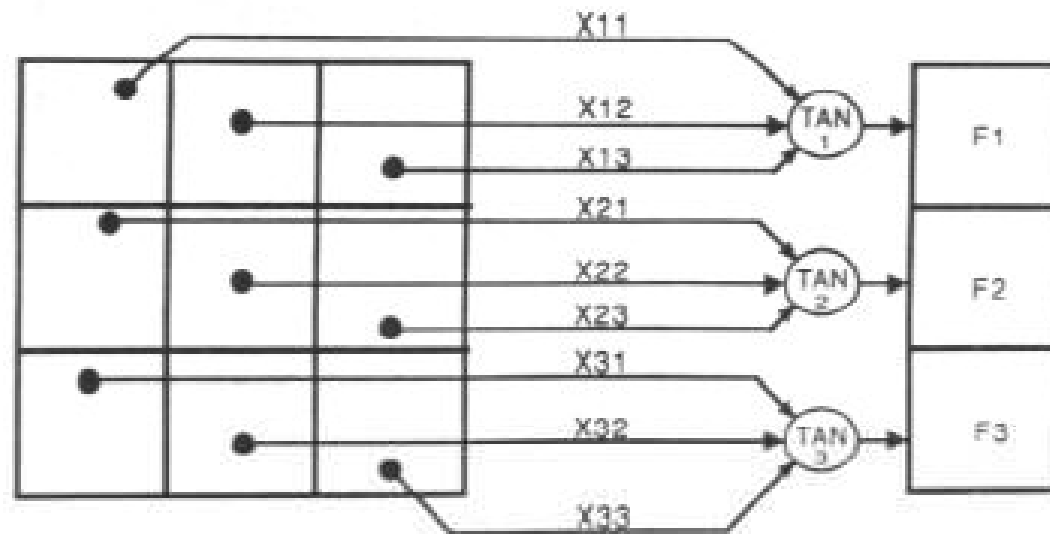
ΝΕΥΡΩΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

- # Το σύστημα έχει μνήμη που δημιουργείται από μία βάση δεδομένων
- # Λύνουμε το ευθύ πρόβλημα πολλές φορές και για διαφορετικούς συνδυασμούς παραμέτρων εισόδου
- # Οι λύσεις απομνημονεύονται από το σύστημα που συνδέει μεταξύ τους τις διάφορες φάσεις επίλυσης του προβλήματος.
- # Για κάθε νέα είσοδο-μέτρηση, το νευρωνικό δίκτυο ακολουθεί την πιο πιθανή οδό για να αναζητήσει την πιο πιθανή λύση από τη βάση δεδομένων



Επόμενα 6 slides από
NEURAL NETWORKS
by Christos Stergiou and Dimitrios Siganos

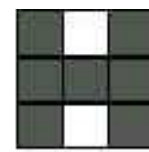




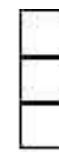
INPUT



OUTPUT



INPUT



OUTPUT



X11:		0	0	0	0	1	1	1	1
X12:		0	0	1	1	0	0	1	1
X13:		0	1	0	1	0	1	0	1
OUT:		0	0	1	1	0	0	1	1

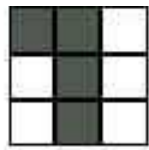
Top neuron

X21:		0	0	0	0	1	1	1	1
X22:		0	0	1	1	0	0	1	1
X23:		0	1	0	1	0	1	0	1
OUT:		1	0/1	1	0/1	0/1	0	0/1	0

Middle neuron

X21:		0	0	0	0	1	1	1	1
X22:		0	0	1	1	0	0	1	1
X23:		0	1	0	1	0	1	0	1
OUT:		1	0	1	1	0	0	1	0

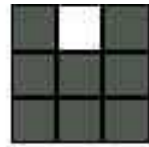
Bottom neuron



INPUT



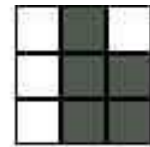
OUTPUT



INPUT



OUTPUT



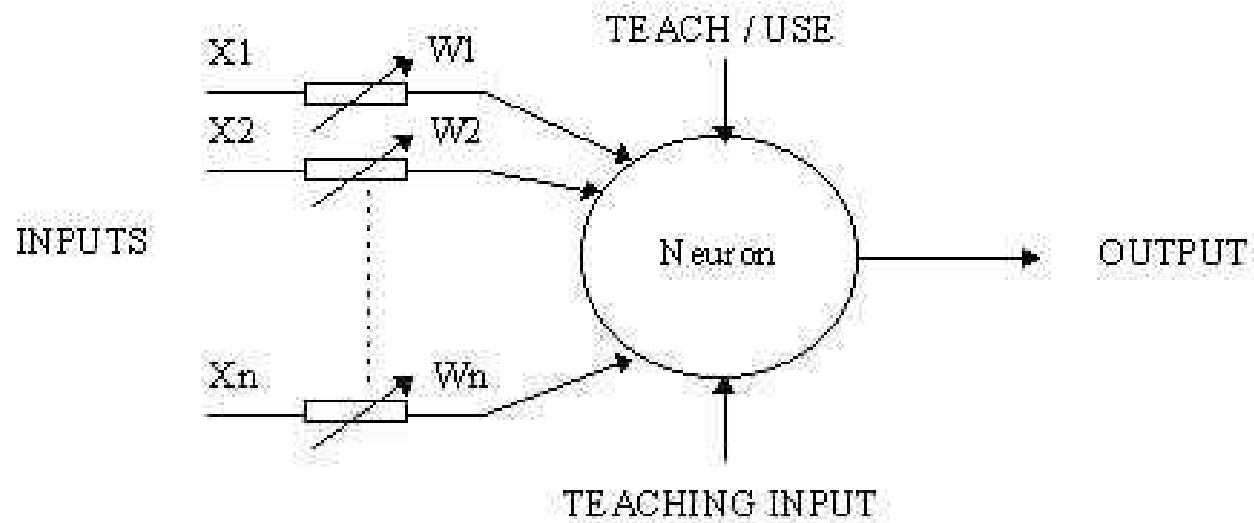
INPUT



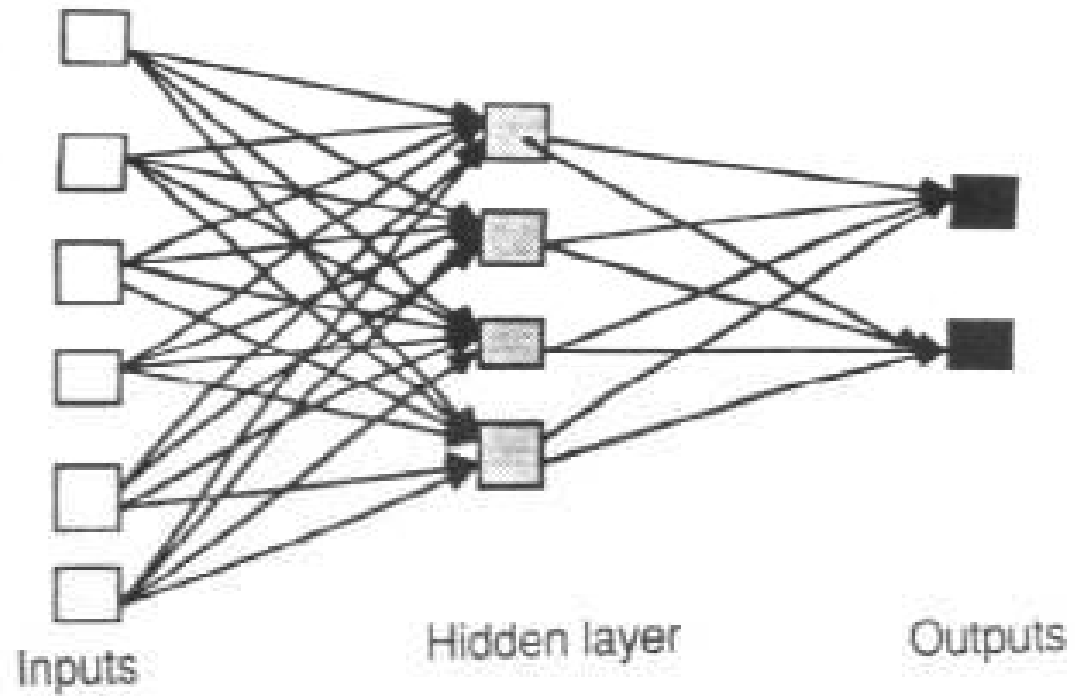
OR



OUTPUT

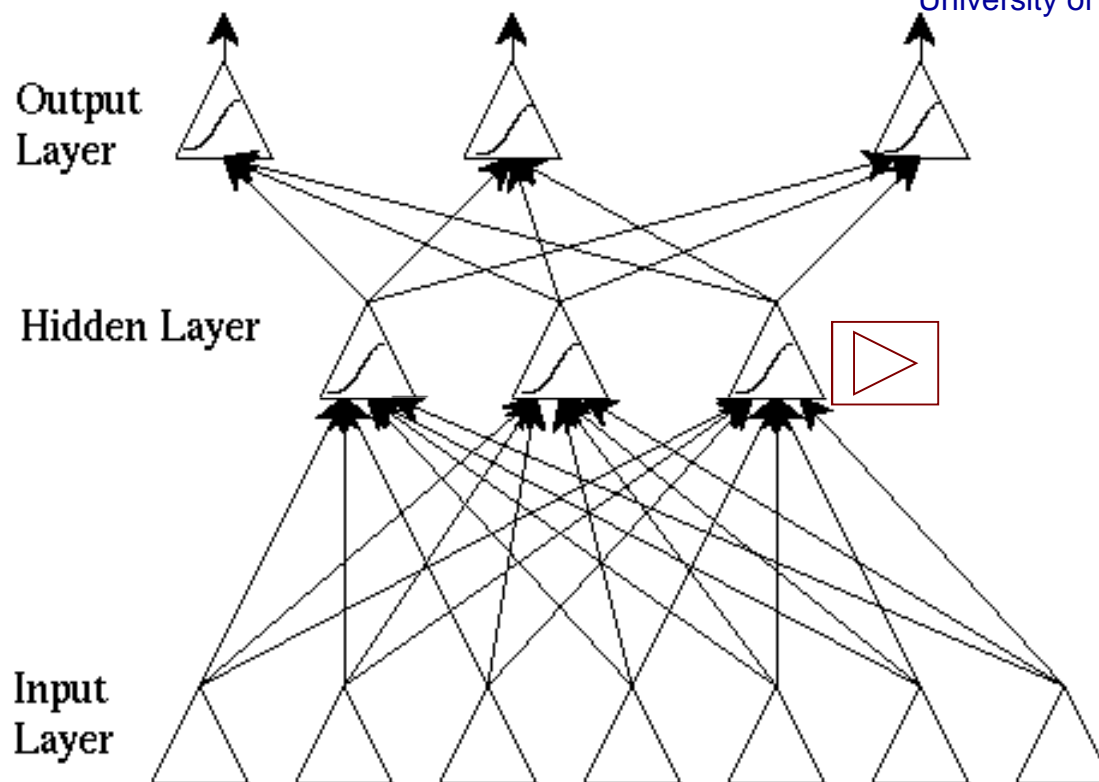


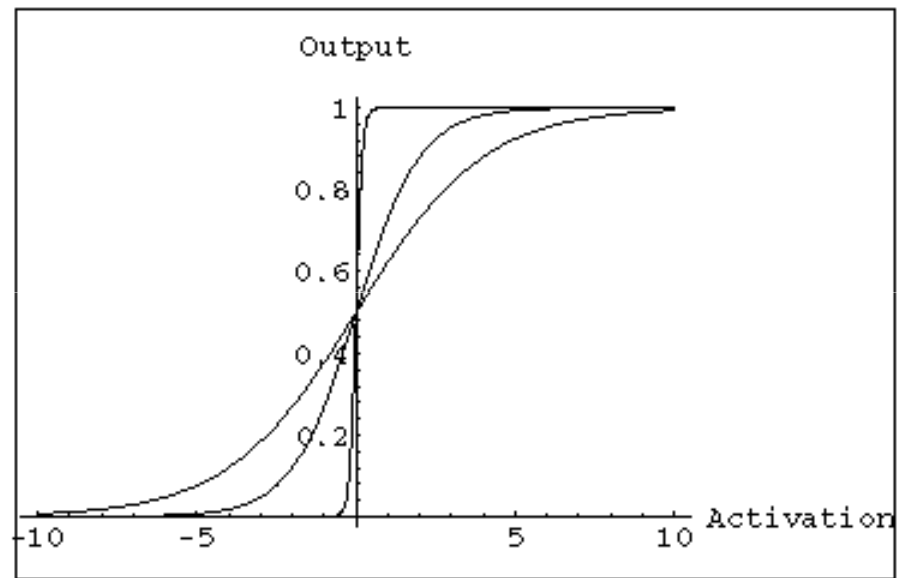
$$X1W1+X2W2+X3W3+....XnWn > T$$

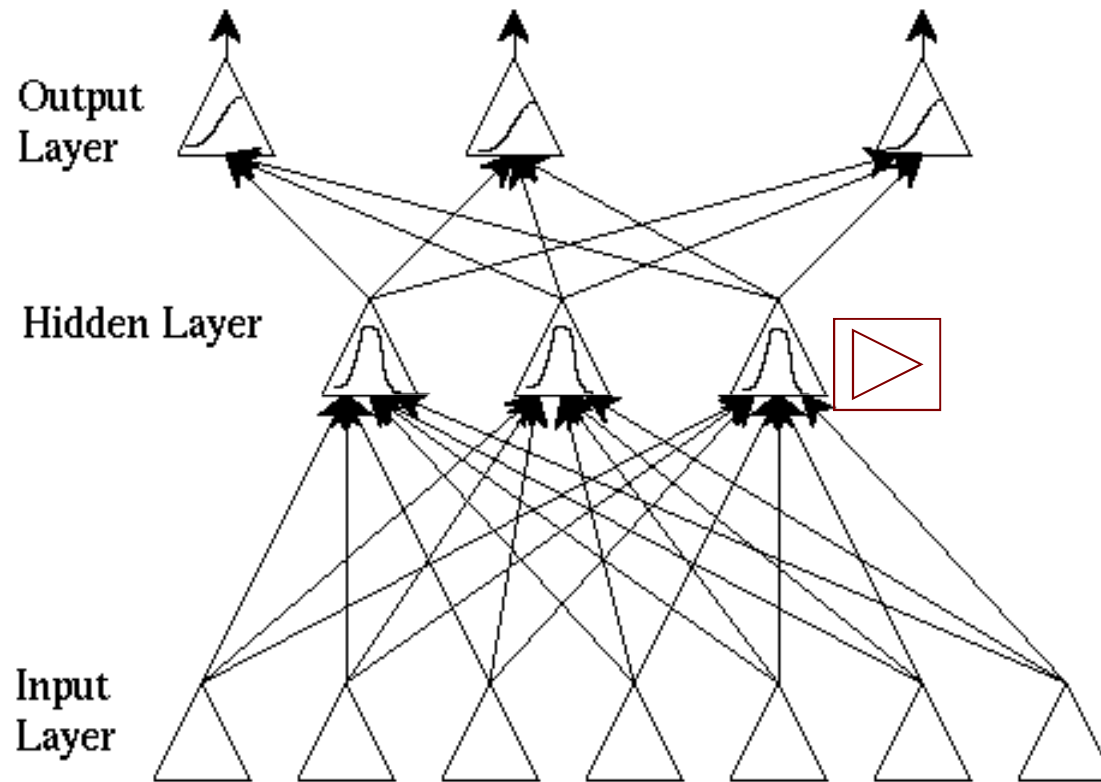


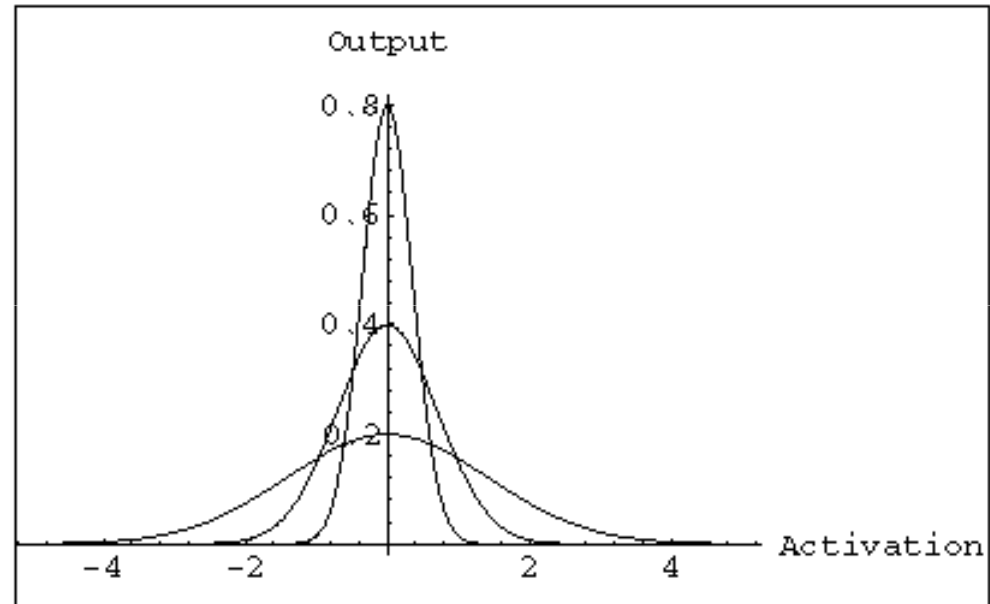


Επόμενα 4 Slides από ιστοσελίδα
Prof. Leslie Smith
Centre for Cognitive and Computational
Neuroscience
Department of Computing and Mathematics
University of Stirling.











**Οι λύσεις μπορούν να βελτιωθούν με
χρήση γραμμικών μεθόδων αντιστροφής !
(Υβριδικές μέθοδοι)**



Παράδειγμα εφαρμογής



Ανάκτηση ψυχρής δίνης σε ρηχό νερό

Επιχειρησιακά δεδομένα

Συστοιχία 28 ισαπεχόντων υδροφώνων που εκτείνονται σε βάθος 105 μέτρων

Ηχητική πηγή τονική συχνότητας 200 Hz

Λευκός θόρυβος περιβάλλοντος με SNR=10 dB

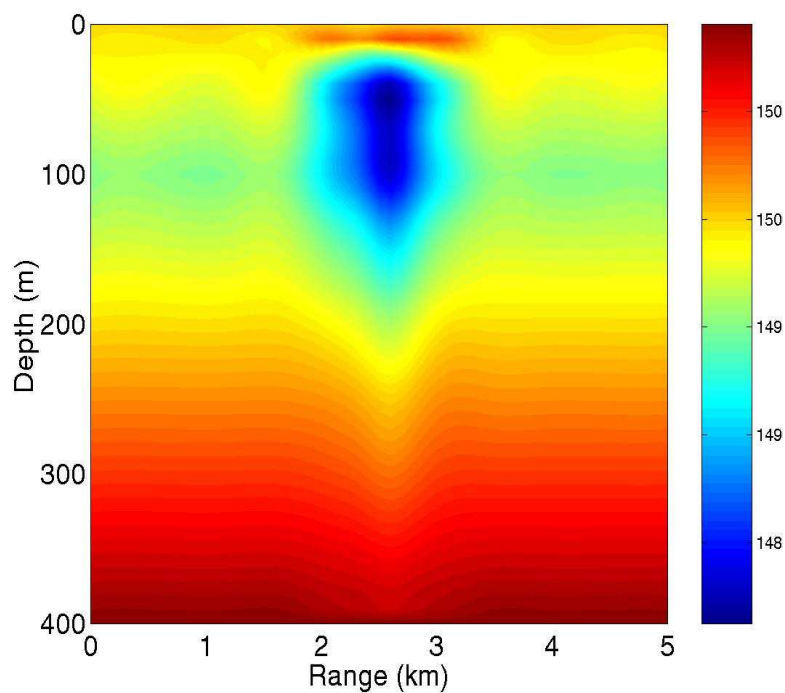
Διακριτοποίηση με πέντε Τμήματα στην απόσταση και με χρήση EOFs (3 ανά τμήμα)

Χρήση γενετικού αλγορίθμου για τη συστηματική αλλαγή των παραμέτρων EOFs

Πληθυσμός 200 ατόμων ($n=200$)

Τελικός πληθυσμός μετά από 100 εξελικτικές γενιές

Αποτελέσματα με υπολογισμό του μέσου όρου των 20 καλύτερων ατόμων στον τελικό πληθυσμό

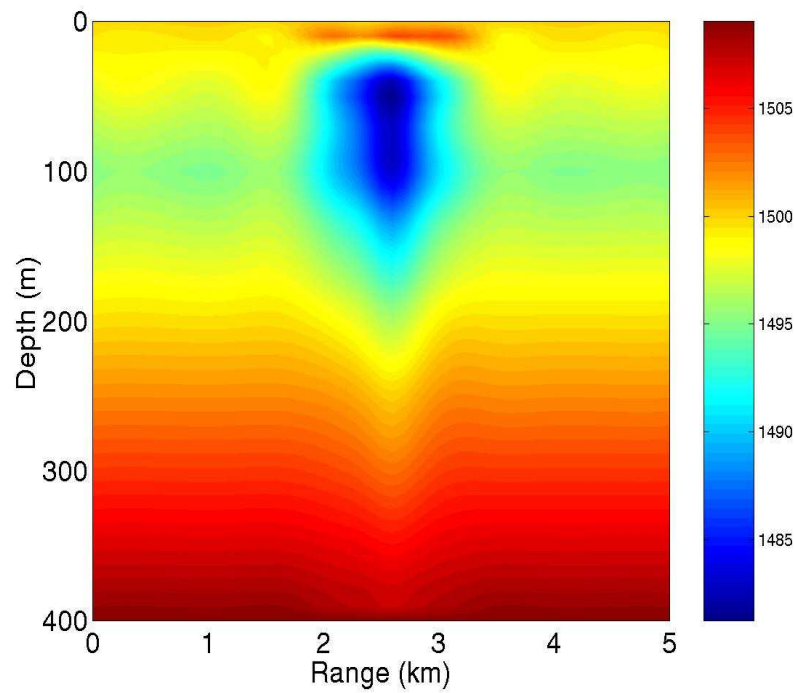


a

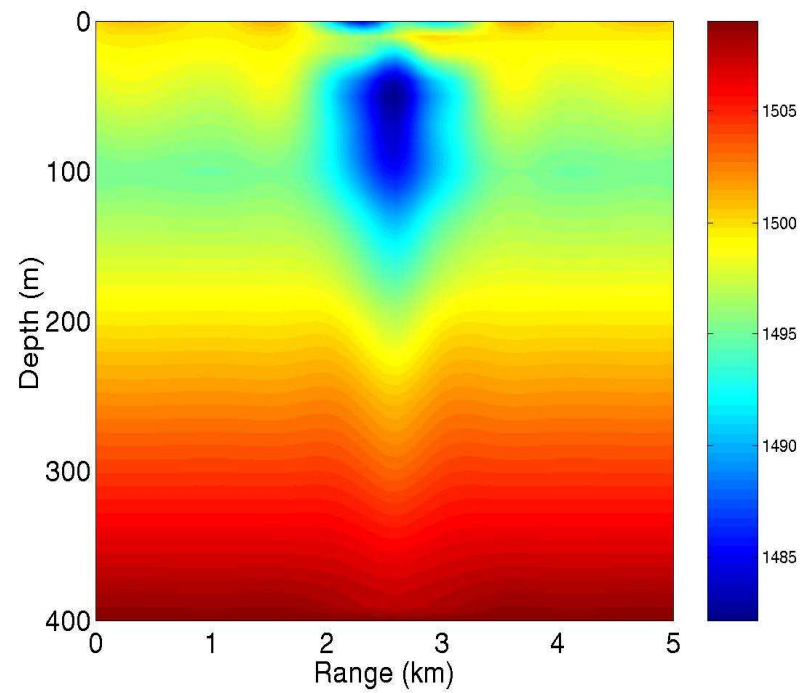


Ταύτιση πεδίου με χρήση γενετικού αλγορίθμου

Ανάκτηση ψυχρής δίνης σε ρηχό νερό



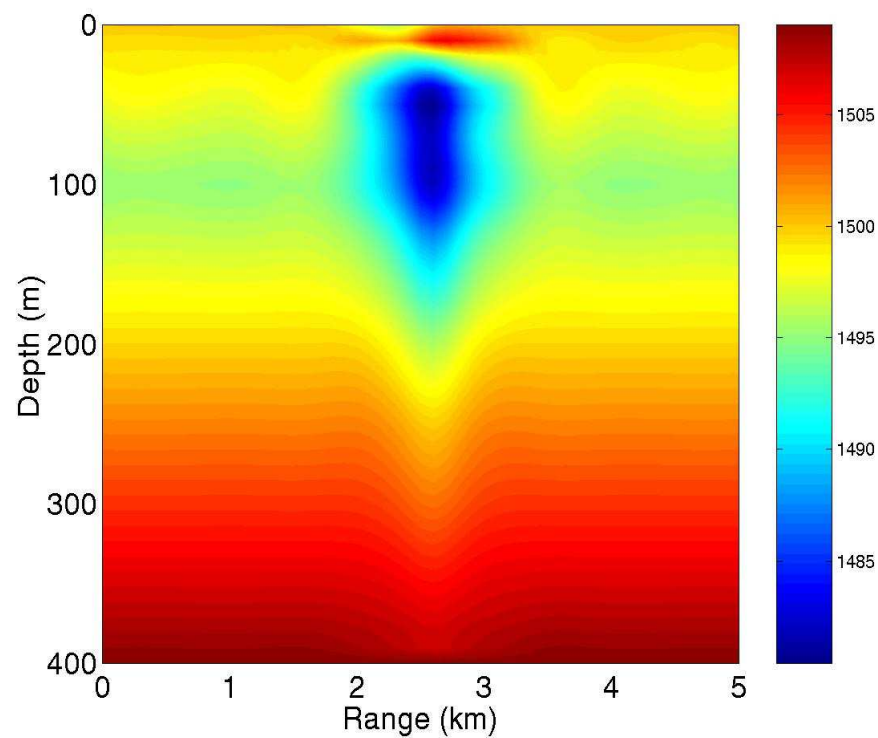
a



b



Βελτίωση της λύσης με χρήση μετρήσεων της φάσης ιδιομορφής

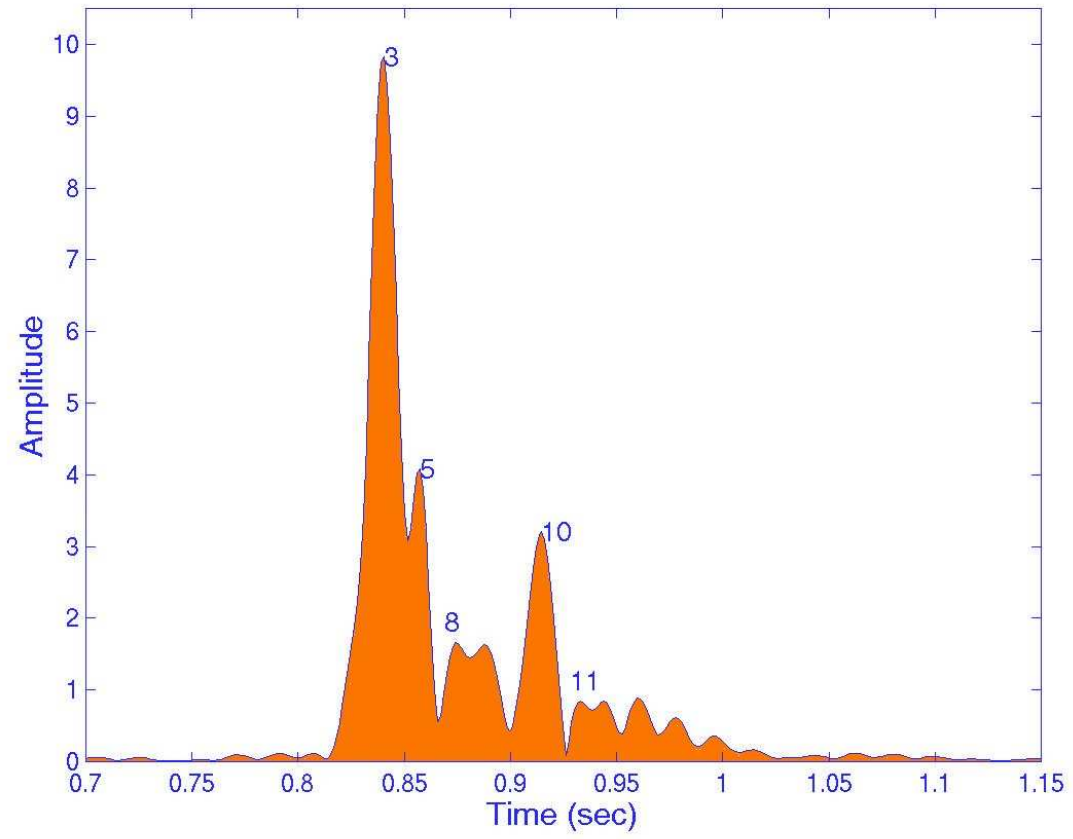




Ταύτιση κορυφών ιδιομορφών

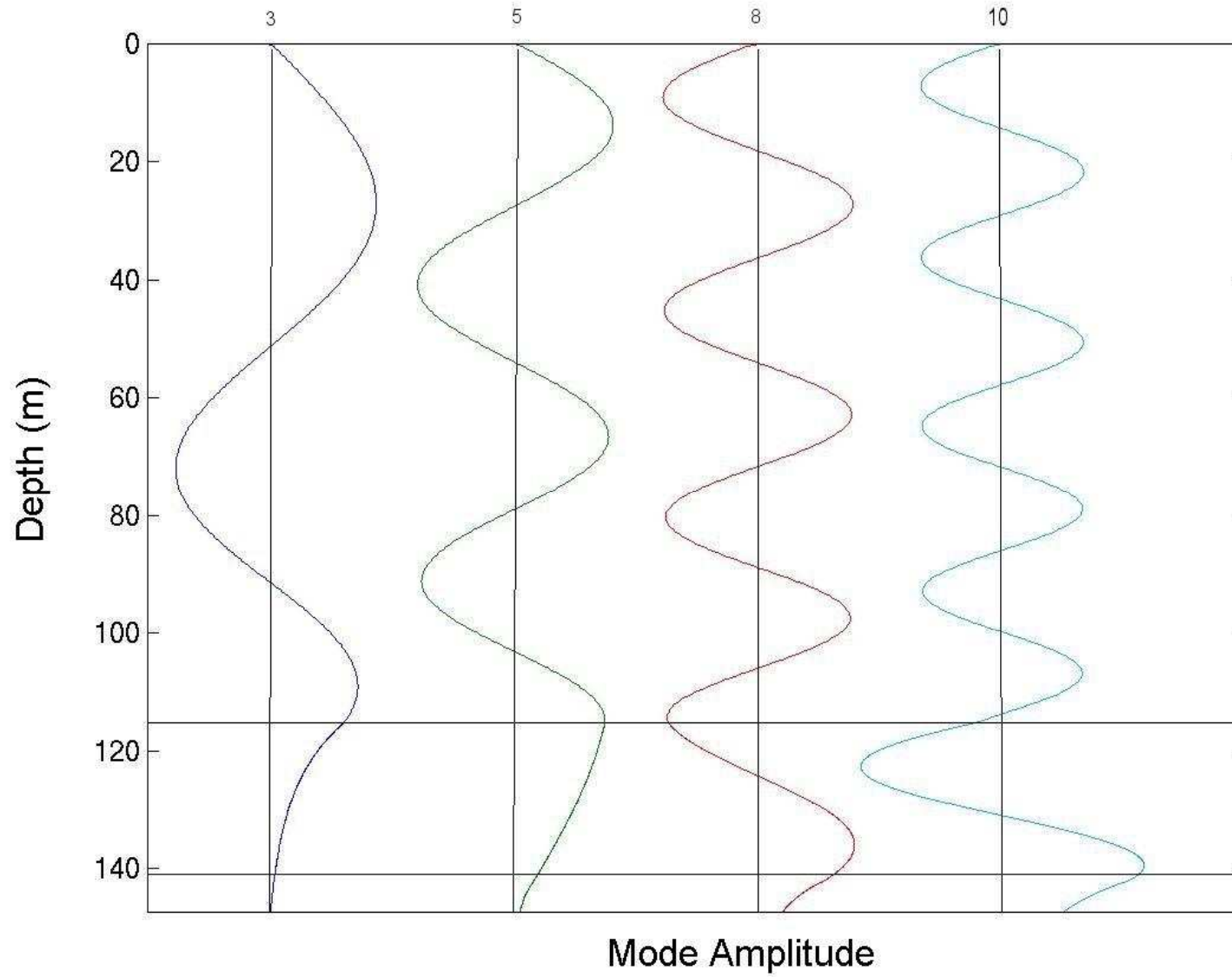
Κάθε ιδιομορφή διαδίδεται στον κυματοδηγό με την χαρακτηριστική ταχύτητα ομάδας

Η αναγνώριση των κορυφών ενός σήματος ως άφιξη ιδιομορφής είναι στην ουσία μία διαδικασία αντιστροφής, η οποία τελειώνει όταν αντιστοιχηθεί ο μέγιστος αριθμός κορυφών με ιδιομορφές



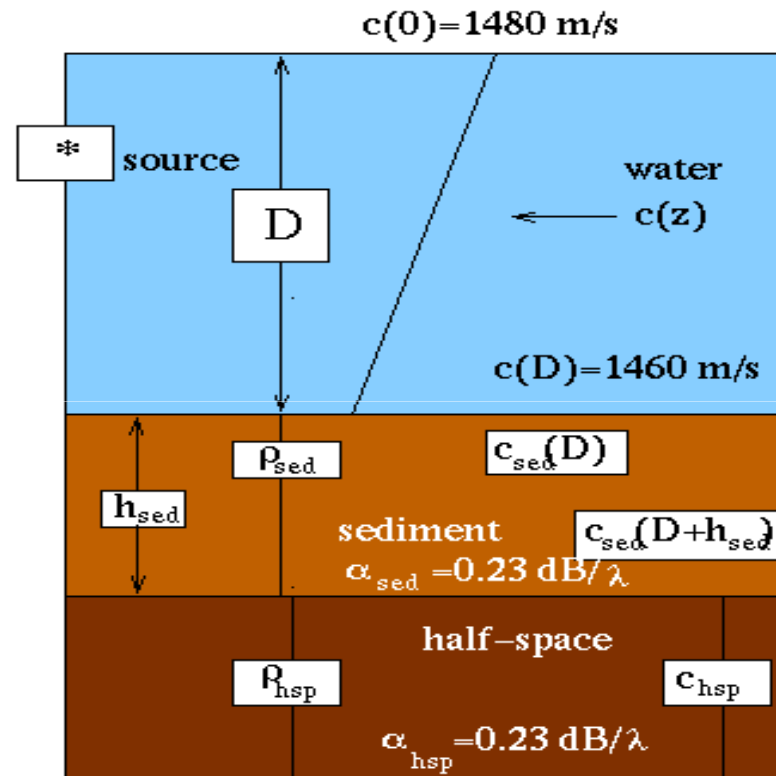


**Όλες οι μέθοδοι της ακουστικής τομογραφίας
μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αναγνώριση
του πυθμένα αρκεί τα παρατηρούμενα μεγέθη
του σήματος να σχετίζονται με τις ιδιότητες του
πυθμένα !**





Παράδειγμα αναγνώρισης πυθμένα



Test Case Waa – Vancouver '97



Παράδειγμα αναγνώρισης πυθμένα

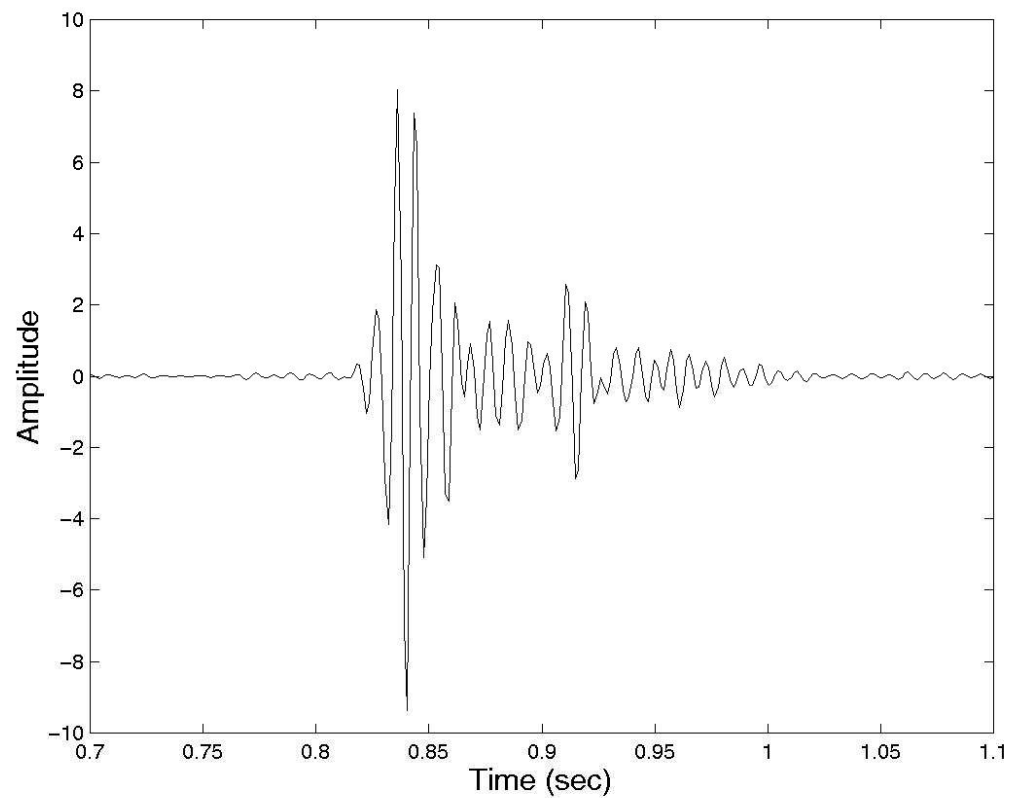
Parameter	True values	Upper search bound	Lower Search bound
Water depth D (m)	115.3		
Sound speed at the surface $c_w(0)$ (m/s)	1480	1470	1490
Sound speed at the bottom $c_w(D)$ (m/s)	1460	1440	1500
Source depth (m)	26.4		
Sediment thickness, h (m)	27.1		
Sediment sound speed, $c_{sed}(D)$ (m/s)	1516.2	1450	1550
Sediment sound speed, $c_{sed}(D+h)$ (m/s)	1573.2	1500	1700
Sediment density, ρ (g/cm ³)	1.538		
Subbottom sound speed , C_{hsp} (m/s)	1751.26		
Subbottom density, ρ (g/cm ³)	1.852		

Environmental Parameters for the 1st test environment

Test Case Waa – Vancouver '97



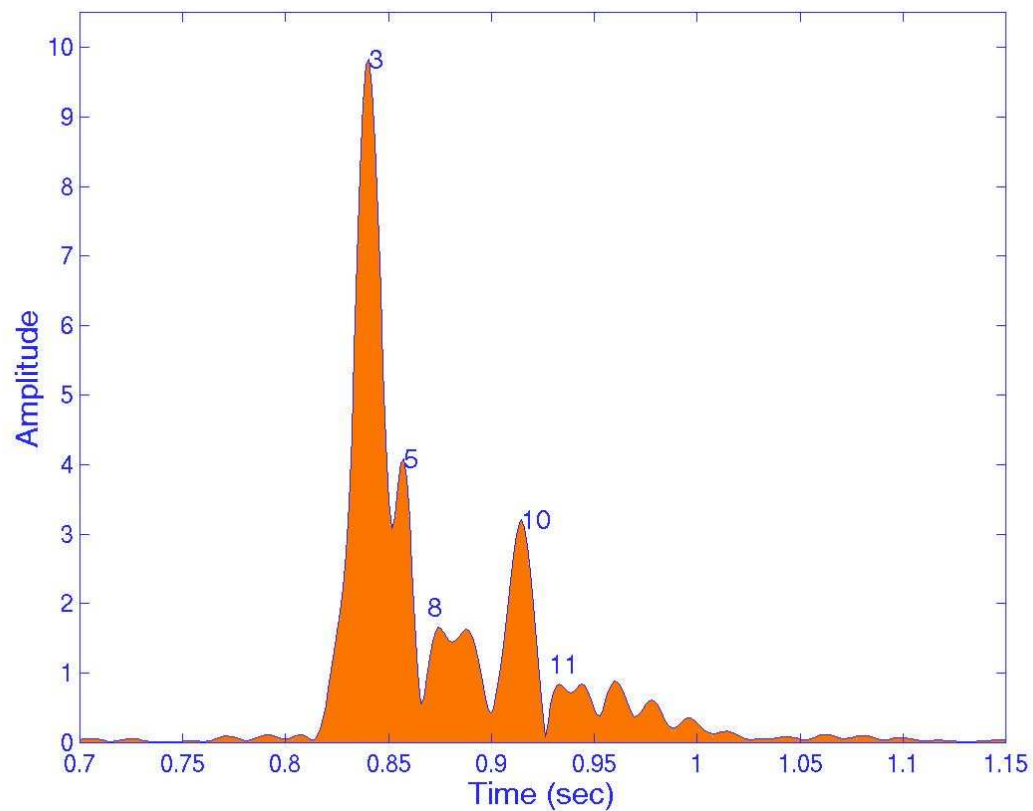
Παράδειγμα αναγνώρισης πυθμένα



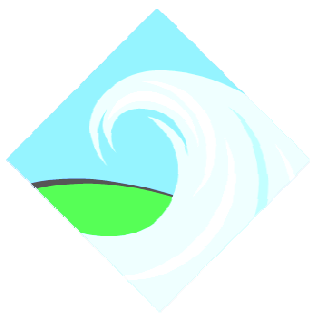
The signal with $f_0 = 115$ Hz



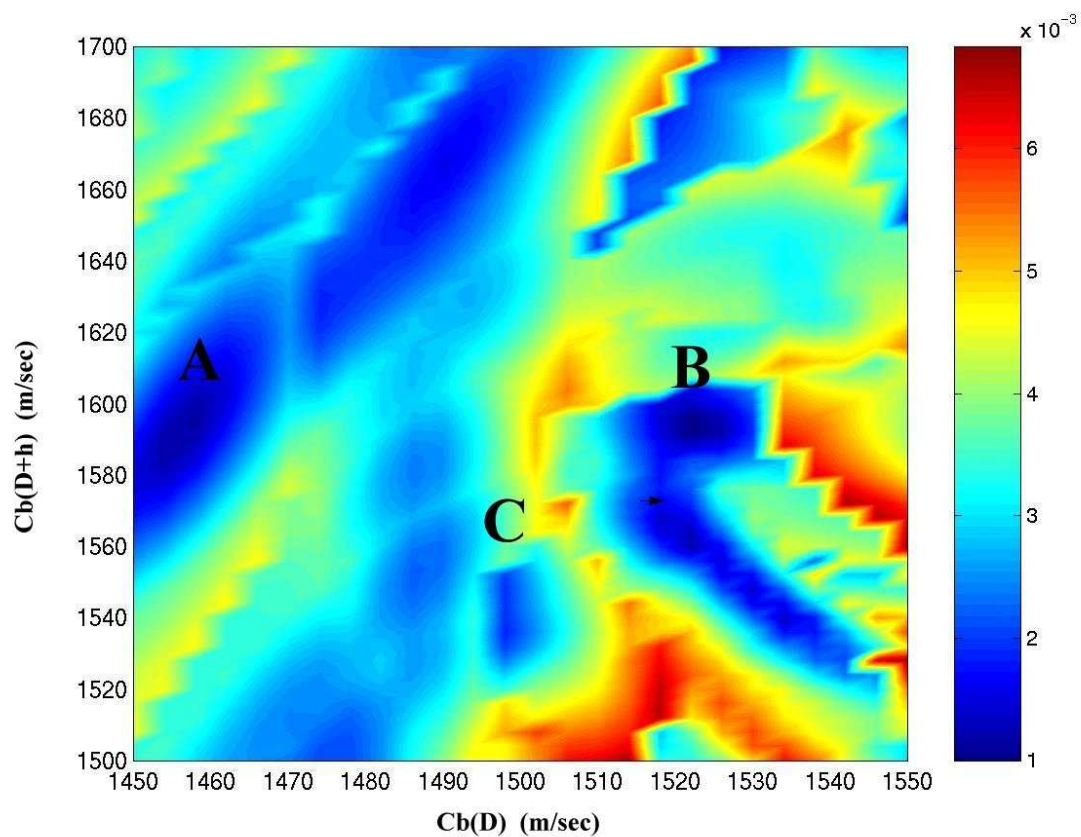
Παράδειγμα αναγνώρισης πυθμένα



Περίγραμμα σήματος για την περίπτωση με $f_0 = 115$ Hz



Παράδειγμα αναγνώρισης πυθμένα



**Δυνατές λύσεις μέσω της διαδικασίας
αναγνώρισης κορυφών**

ΘΑΛΑΤΤΑ



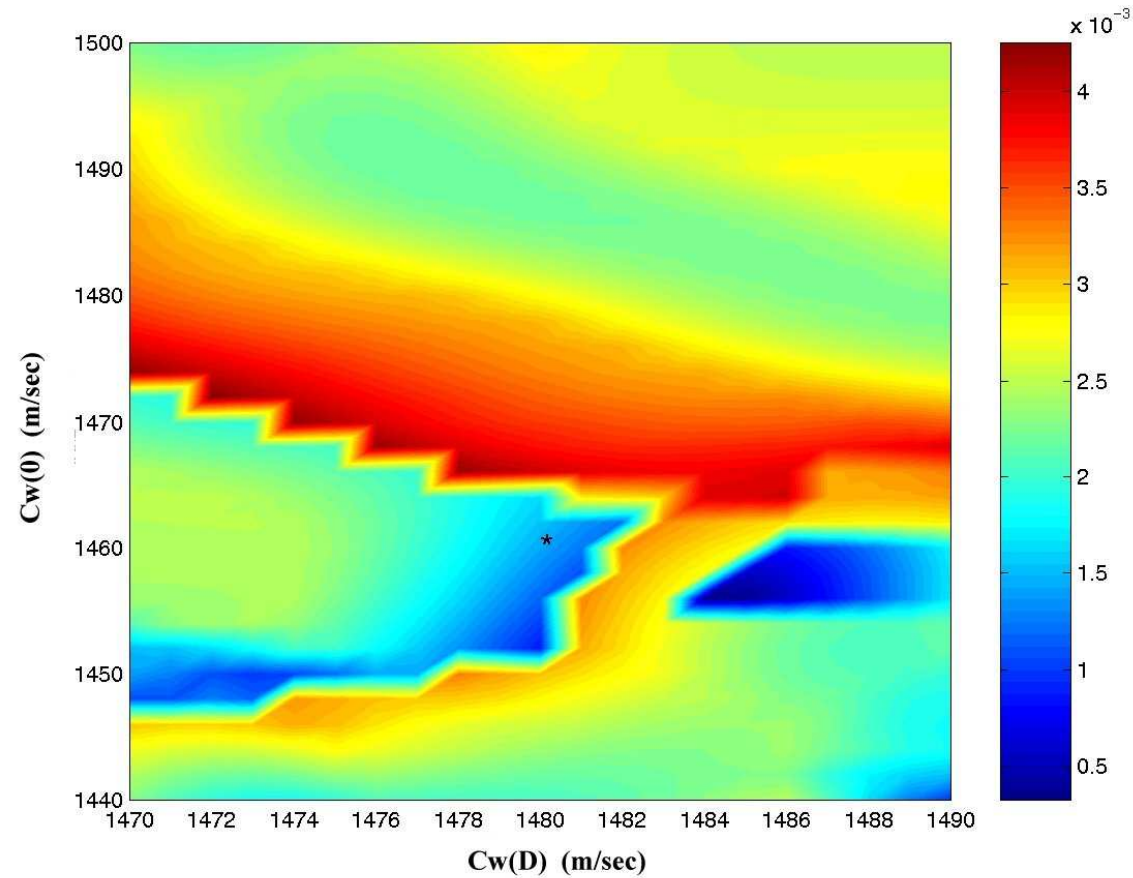
Παράδειγμα αναγνώρισης πυθμένα

Parameter	Actual	Reference	Inverted
Sediment sound speed, $C_{sed}(D)$ (m/s)	1516.2	1506.1	1517.44
Sediment sound speed, $C_{sed}(D+h)$ (m/s)	1573.2	1539.5	1569.84

**Αποτελέσματα τοπικής
αντιστροφής**



Παράδειγμα ανάκτησης προφίλ ταχύτητας στο νερό



**Πιθανές λύσεις μέσω διαδικασίας
αναγνώρισης κορυφών**

ΘΑΛΑΤΤΑ



Παράδειγμα ανάκτησης προφίλ ταχύτητας στο νερό

Parameter	Actual	Inverted (peak)	Inverted (linear)
Sound speed in the water (0)	1480	1484	1481.95
Sound speed in the water (D)	1460	1455	1458.73

Αποτελέσματα από τοπική αντιστροφή



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Οι μη γραμμικές μέθοδοι αντιστροφής βασίζονται σε μεθόδους βελτιστοποίησης
- Είναι δυνατόν να συγκλίνουν σε μη αποδεκτές λύσεις εάν δεν ληφθεί κατάλληλη μέριμνα
- Είναι σχετικά χρονοβόρες
- Από την άλλη μεριά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεγάλες κατηγορίες αντιστρόφων προβλημάτων
- Αναπτύσσονται συνεχώς σύγχρονα και αποδοτικά εργαλεία αναζήτησης