



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

---

## Ψηφιακή Επεξεργασία Φωνής

Άσκηση 4η

Στυλιανού Ιωάννης

Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών

---

# ΗΥ578: 4<sup>η</sup> Σειρά Ασκήσεων

Απορίες:yannis@csd.uoc.gr

1. (α') Χρησιμοποιώντας το τρίτο βήμα του αλγόριθμου Levinson (σελ. 195 Τ. Quatieri) υπολογίστε τους συντελεστές του συστήματος που έχει μόνο πόλους για τάξη μοντέλου  $P = 4$ . Σε κάθε αναδρομή να γράφεται και το πολυώνυμο που προκύπτει.

- (β') Δείξτε ότι αν έχουμε τους συντελεστές  $a_i$  του προβλέπτη μπορούμε να υπολογίσουμε τους συντελεστές  $k_i$  (PARCOR) με την αναδρομή:

$$\text{Αρχικοποίηση : } k_P = a_P^2$$

Από  $i = P$  έως 2:

$$a_j^{i-1} = \frac{1}{1 - k_i^2} (a_j^i + k_i a_{i-j}^i) \quad j = 1 \dots i - 1$$
$$k_{i-1} = a_{i-1}^{i-1}$$

- (γ') Σχολιάστε την ευστάθεια των all-pole μοντέλων ως προς τους συντελεστές  $a_i$  και  $k_i$ .

- (δ') Είναι το σύστημα:

$$H(z) = \frac{1}{1 - 2z^{-1} - 6z^{-2} + z^{-3} - 2z^{-4}}$$

ευσταθές;

2. Αντίθετα από τη μέθοδο της αυτοσυσχέτισης, η covariance μέθοδος για τη γραμμική πρόβλεψη μπορεί να εκτιμήσει με ακρίβεια τους παραμέτρους ενός all-pole μοντέλου από ένα περιορισμένο αριθμό δεδομένων. Εστω ότι

$$s[n] = a^n u[n]$$

και ότι το παράθυρο  $w[n]$  που χρησιμοποιούμε για την πρόβλεψη είναι τετραγωνικό και έχει μήκος  $N_w$  δείγματα. Χρησιμοποιώντας την covariance μέθοδο εκτιμήστε την σταθερά  $a$  του μοντέλου. Ποιο είναι το ελάχιστο σφάλμα πρόβλεψης:

$$E = \sum_{n=0}^{N_w-1} e^2[n]$$

3. Ηχογραφήστε μια δική σας φράση (οχι πολύ μεγάλη αλλά μην είστε και λάκωνες!) με συχνότητα δειγματοληψίας  $8000 \text{ Hz}$  ή  $16000 \text{ Hz}$  και ακρίβεια  $16 \text{ bits}$  (*short*). Προσπαθήστε να

μιλήσετε αργά και καθαρά αποφεύγοντας ταυτόχρονα τα overflows. Χωρίστε το σήμα σας σε παράθυρα των  $20 \text{ msec}$  με 50% επικάλυψη δηλαδή έχετε ρυθμό ανάλυσης  $10 \text{ msec}$ . Χρησιμοποιήστε το hamming παράθυρο για την ανάλυσή σας και σε κάθε παράθυρο να αφαιρείτε τη μέση τιμή του σήματος προς ανάλυση.

Σε κάθε παράθυρο ανάλυσης εκτιμήστε το κέρδος και τους συντελεστές γραμμικής πρόβλεψης με τη μέθοδο της αυτοσυσχέτισης. Χρησιμοποιήστε τάξη 14 για ηχογράφηση με  $8000 \text{ Hz}$  και 20 για ηχογράφηση με  $16000 \text{ Hz}$ .

Εχοντας εκτιμήσει το φίλτρο σε κάθε παράθυρο:

- (α') Σε κάθε παράθυρο, χρησιμοποιώντας την εντολή plot, σχεδιάστε το φάσμα πλάτους του μετ. Fourier του σήματος καθώς και την απόκριση σε συχνότητα του εκάστοτε all-pole συστήματος που εκτιμήσατε. Για τη σχεδίαση, χρησιμοποιήστε τη λογαριθμική κλίμακα. Γράψτε τις παρατηρήσεις σας για τις διάφορες κατηγορίες ήχων (έμφωνων, άφωνων, stops κ.λ.π.) Τυπώστε και παραδώστε 5 σχήματα από διάφορους ήχους από το σήμα σας.
- (β') Εχοντας ως επιλογή τρεις βασικές εισόδους: 1. για έμφωνους ήχους μια σειρά από παλμούς με περίοδο που μπορείτε να υπολογίσετε από το αρχικό σήμα. 2. για άφωνους ήχους, λευκό θόρυβο με μέση τιμή μηδέν και variance 1, και 3. για τους stop ήχους (π.χ. 'τ') ένα μόνο παλμό στη θέση που θέλετε, προσπαθήστε να συνθέσετε το σήμα σας χρησιμοποιώντας σε κάθε παράθυρο την κατάλληλη είσοδο. Χρησιμοποιήστε το ίδιο μήκος παράθυρου με αυτό της ανάλυσης καθώς και ο ρυθμός σύνθεσης να είναι ο ίδιος με αυτόν της ανάλυσης. Η σύνδεση των επιμέρους σημάτων που θα συνθέσετε θα γίνει με τη μέθοδο Overlap and Add - OLA.
- (γ') Συνθέσετε το σήμα σας χρησιμοποιώντας ως είσοδο μόνο θόρυβο (για όλο το σήμα) ώστε να προσομοιάσετε την ψιθυριστή εκδοχή του αρχικού σήματος.
- (δ') Σε κάθε παράθυρο υπολογίστε το ελάχιστο λάθος πρόβλεψης κανονικοποιώντας το ως προς την ενέργεια του σήματος που αναλύετε (δηλ. σε κάθε παράθυρο). Σχολιάστε τη χρήση του κανονικοποιημένου ελάχιστου λάθους σε έναν πιθανό σύστημα αυτόματου διαχωρισμού του ήχου που αναλύεται (δηλ. αν είναι άφωνος ή έμφωνος).
- (ε') Χρησιμοποιώντας το φίλτρο που έχετε εκτιμήσει σε κάθε παράθυρο υπολογίστε το σήμα εισόδου  $u_g[n]$ :

$$u_g[n] = s[n] - \sum_{k=1}^p a_k s[n-k]$$

και χρησιμοποιώντας και πάλι OLA συνθέσετε για όλο το σήμα, το σήμα εισόδου. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτό θα πρέπει να αντιστοιχεί στο σήμα που παράγουν οι φωνητικές χορδές, άρα δεν θα πρέπει να καταλαβαίνουμε την ταυτότητα των ήχων που εκφέρουμε. Ακούγοντας το σήμα εισόδου που δημιουργήσατε μπορείτε να αναγνωρίσετε τη λέξη που έχετε εκφέρει;

Σε αυτή την άσκηση θα πρέπει να παραδώσετε επίσης και τα σήματα που έχετε δημιουργήσει: το αρχικό σήμα που ηχογραφήσατε, το συνθετικό σήμα, την ψιθυριστή εκδοχή του και τέλος το σήμα  $u_g[n]$ .

# Σημειώματα

## Σημείωμα αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Κρήτης, **Στυλιανού Ιωάννης**. «Ψηφιακή Επεξεργασία Φωνής. Άσκηση 4η». Έκδοση: 1.0. **Ηράκλειο/Ρέθυμνο** 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://www.csd.uoc.gr/~hy578>.

## Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση, Όχι Παράγωγο Έργο 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

## Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

## Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης» 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.

