

# Προηγμένες Τεχνικές Επεξεργασίας Σήματος

## Δεύτερη Εργασία

Γραικός Αλέξανδρος 8128,  
Θώμος Μάριος 8384

25 Αυγούστου 2018

### Σήματα που επιλέχθηκαν

Τα σήματα που επιλέξαμε να αναλύσουμε είναι τα **112, 123, 118, 217, 221**. Τα σήματα 1xx λήφθηκαν τυχαία από ασθενείς με διάφορες παθήσεις ενώ τα 2xx έχουν επιλεχθεί έτσι ώστε να περιέχουν σπάνια καρδιακά φαινόμενα με ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη μελέτη τους.

Σήμα	Χαρακτηριστικά
112	Το σήμα του ασθενούς 112 είναι φυσιολογικό, με μερικές μόνο δυσμορφίες λόγω πρόωρων κολπικών συστολών (APCs). Ο καρδιακός ρυθμός είναι σταθερός και εμφανίζεται θόρυβος σε δύο περιοχές. Αναλύοντας το σήμα αυτό, θα δοκιμάσουμε τις μεθόδους ανάλυσης πάνω σε μια απλή περίπτωση ασθενούς. Από τον ασθενή 112 θα αναλύσουμε τα σήματα και από τα δύο άκρα για να εντοπίσουμε τυχόν διαφορές που μπορεί να εμφανίζονται μεταξύ τους.
123	Ο ασθενής 123 εμφανίζει κυρίως κανονικούς παλμούς με μερικές μόνο πρόωρες κοιλιακές συστολές (PVCs). Έχει σταθερό και χαμηλό καρδιακό ρυθμό με εξαίρεση κάποια σημεία όπου εμφανίζεται φλεβοκομβική αρρυθμία. Από την ανάλυση του σήματος αυτού, θα μπορούμε να εξετάσουμε τις διαφορές που θα προκύψουν, σε σύγκριση με τα υπόλοιπα σήματα, λόγω του χαμηλότερου καρδιακού ρυθμού.
118	Κατά την καταγραφή του σήματος του ασθενούς 118, εμφανίζεται αποκλεισμός δεξιού σκέλους καρδιάς (RBBB), καθώς και πρόωρες κοιλιακές και κολπικές συστολές. Ο ασθενής έχει σταθερό καρδιακό ρυθμό και στο σήμα επικάθεται θόρυβος σε μεμονωμένες περιοχές. Λόγω του RBBB και των πολλαπλών δυσμορφιών του καρδιογραφήματος, η ανάλυση του σήματος αυτού θα αποδώσει διαφορετικά αποτελέσματα από το σύνολο των ασθενών.
217	Οι παλμοί του ασθενούς 217 έχουν την ιδιαιτερότητα ότι αποτελούνται από έναν συνδυασμό κανονικών και οδηγούμενων από το βηματοδότη παλμών. Μαζί με την εμφάνιση πρόωρων κοιλιακών συστολών, εξασφαλίζεται πλούσιο περιεχόμενο προς ανάλυση. Ο ασθενής πάσχει από κολπική μαρμαρυγή και αρχικά ο καρδιακός του ρυθμός είναι ασταθής. Έπειτα, ο βηματοδότης σταθεροποιεί τον παλμό του, δίνοντας μας την δυνατότητα να συγκρίνουμε μέσα από τις μεθόδους ανάλυσης, τις διαφορές μεταξύ των δύο αυτών καταστάσεων.
221	Ο ασθενής 221 εμφανίζει κανονικούς παλμούς και δυσμορφίες λόγω πρόωρης κοιλιακής συστολής. Παράλληλα, παρουσιάζει αρρυθμία καθώς πάσχει από κολπική μαρμαρυγή και δεν χρησιμοποιείται βηματοδότης για σταθεροποίηση. Σε αυτήν την περίπτωση, οι μέθοδοι ανάλυσης θα εφαρμοστούν σε ένα σήμα χωρίς κάποιους σταθερούς ρυθμούς και περιμένουμε τα αποτελέσματα να μας δείξουν τις ιδιαιτερότητες αυτού του καρδιογραφήματος.

## Ανάλυση Σημάτων

Από τους STFT, WDF και συνεχή WT διακρίνουμε τις μεταβολές του συχνοτικού περιεχομένου του σήματος στον χρόνο. Συγκεκριμένα, κατά την εμφάνιση των QRS complexes παρατηρούμε την ενίσχυση των συχνοτήτων στα 20-30Hz ενώ κατά τις αργές μεταβολές και τον θόρυβο ενισχύονται και οι υψηλές ή χαμηλές μπάντες αντίστοιχα. Στις περιπτώσεις ασθενών με διαφορετικού τύπου παλμούς (PVCs, APCs, RBBB κτλ.), το συχνοτικό περιεχόμενο των καρδιακών ανωμαλιών διαφέρει ανάλογα με τον τύπο και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την κατηγοριοποίηση τους. Συνεπώς, οι μετασχηματισμοί αυτοί μας επιτρέπουν να αναγνωρίσουμε ευκολότερα την εξέλιξη του περιεχομένου του σήματος, σε σύγκριση με την απλή αναπαράστασή του, στο πεδίο του χρόνου.

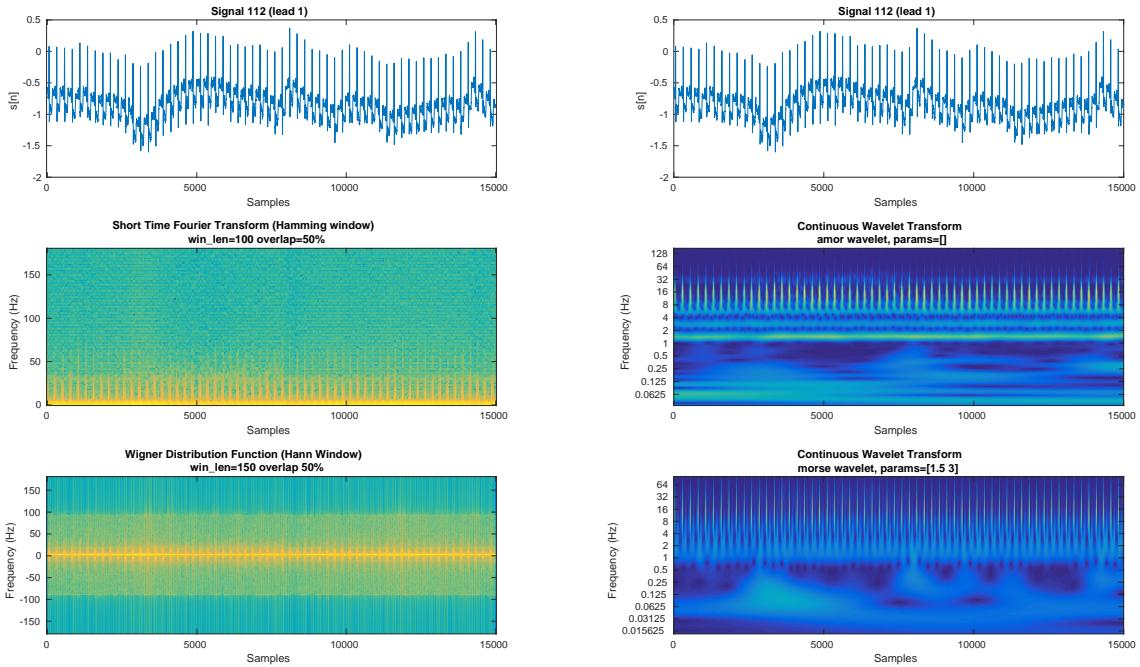
Ο διακριτός WT και ο μετασχηματισμός Hilbert-Huang μας δίνουν πληροφορία για τις συνιστώσες από τις οποίες αποτελείται το σήμα.

Οι συνιστώσες στις οποίες αναλύεται το σήμα με κάποιο Wavelet, εκφράζουν τις διαφορετικές συχνότητες από τις οποίες απαρτίζεται, με τα πρώτα επίπεδα ανάλυσης να περιέχουν χυρίως τον υψησυχό θόρυβο και τις γρήγορες μεταβολές όπως τα QRS complexes, ενώ τα τελευταία την τάση του σήματος. Οι μη-κανονικοί παλμοί μπορούν να εντοπιστούν στα ενδιάμεσα επίπεδα καθώς βρίσκονται σε μέσες μπάντες συχνοτήτων.

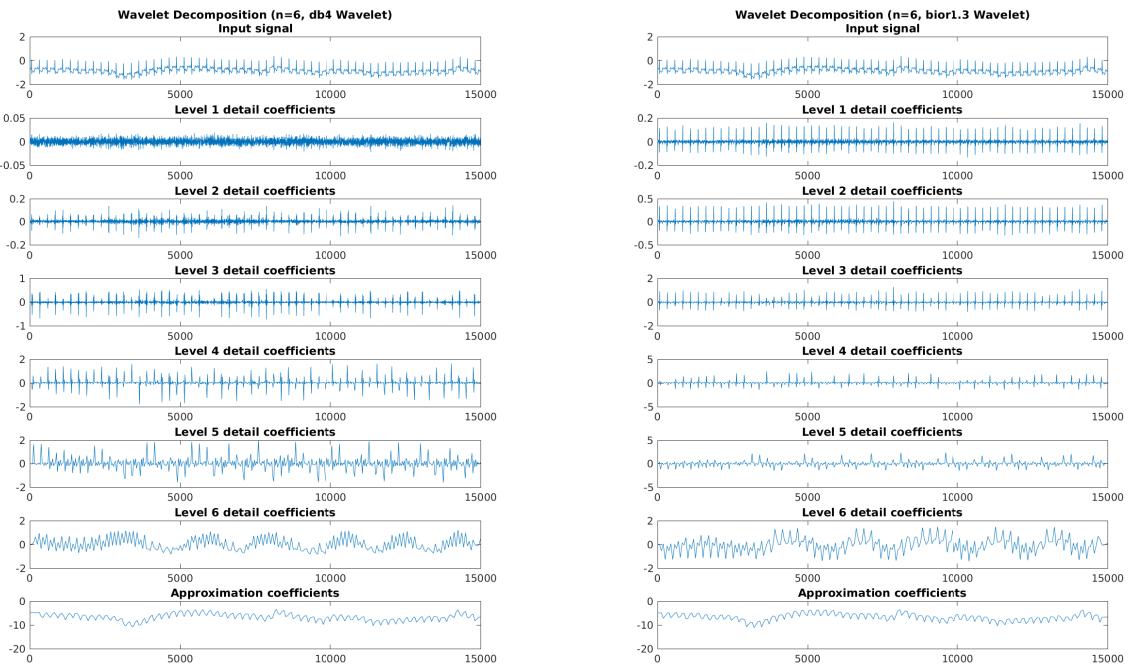
Τα IMFs που προκύπτουν από τον HHT δεν έχουν καθορισμένο συχνοτικό περιεχόμενο, αλλά προσαρμόζονται στο περιεχόμενο του σήματος. Ένα πλήθος από IMFs συνθέτει τα QRS complexes και τους μη κανονικούς παλμούς, ενώ άλλα περιγράφουν τον καρδιακό ρυθμό και τις αργές μεταβολές. Χρησιμοποιώντας τον απλό EMD, τα IMFs έχουν επικαλυπτόμενες συχνότητες και αδυνατούν να διακρίνουν πλήρως τις συνιστώσες του σήματος. Εφαρμόζοντας τον Ensemble EMD για να αντιμετωπίσουμε το mode mixing, αναγκάζουμε κάποια IMFs να μοντελοποιήσουν τον θόρυβο (ο οποίος θα αναιρεθεί αν το πλήθος των ensembles είναι ικανά μεγάλο), ενώ τα υπόλοιπα διαχωρίζουν εντονότερα το συχνοτικό περιεχόμενο μεταξύ τους.

Η ανάλυση του σήματος σε συνιστώσες μας επιτρέπει να αναγνωρίσουμε χαρακτηριστικά του, που δεν είναι διαχωρίσιμα στο πεδίο του χρόνου. Για παράδειγμα, από τον μετασχηματισμό Hilbert του IMF που περιγράφει τον καρδιακό ρυθμό, μπορούμε παρατηρώντας την στιγμιαία συχνότητα, να διακρίνουμε αν ο ασθενής έχει αρρυθμία.

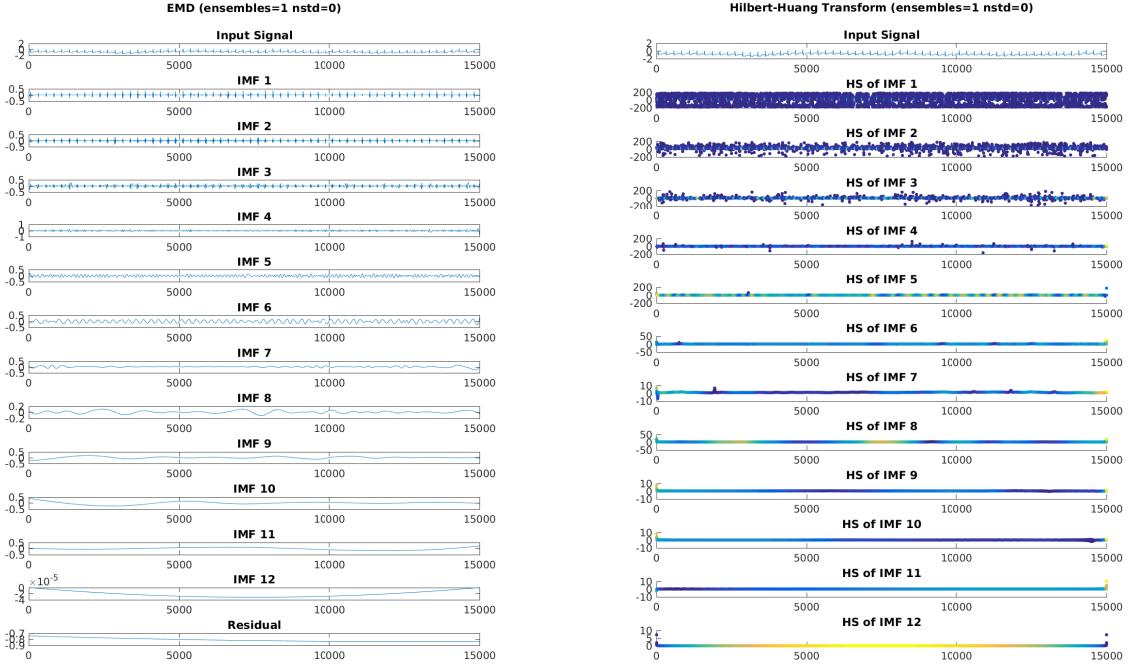
## Σήμα 112



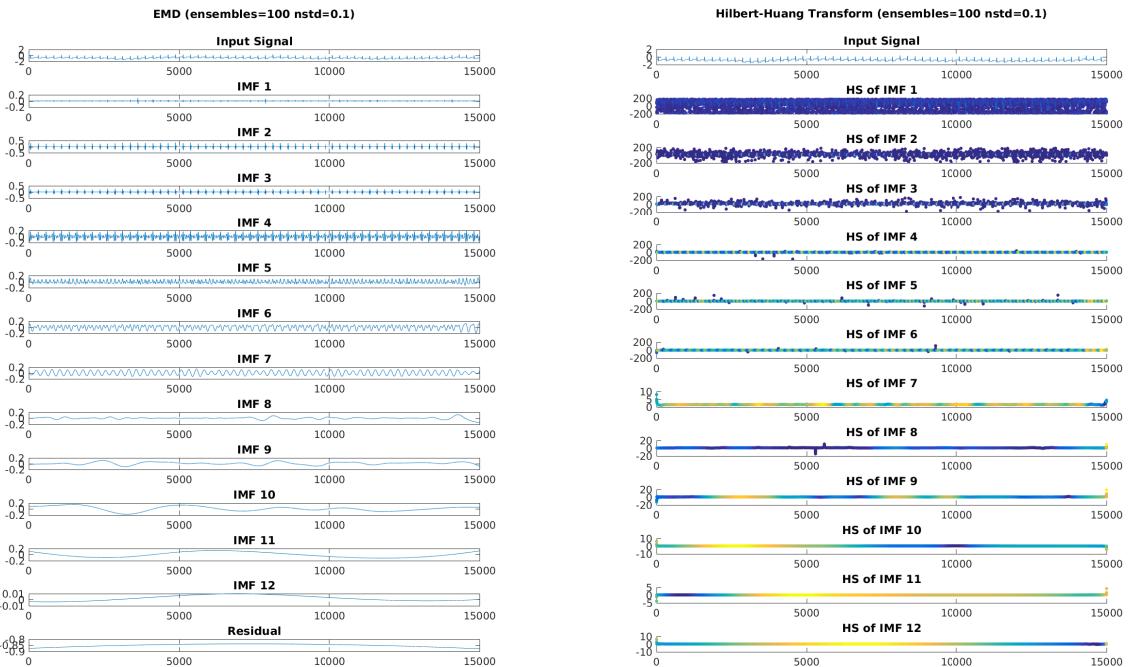
Σχήμα 1: STFT, WDF και συνεχής WT του σήματος 112. Μπορούμε να διακρίνουμε εύκολα στη συχνότητα τα QRS complexes και τις αργές μεταβολές του σήματος.



Σχήμα 2: Διακριτός WT χρησιμοποιώντας db4 και bior1.3. Τα QRS complexes εμφανίζονται στους συντελεστές των  $d_{1-5}$ . Εφαρμόστηκε παρεμβολή στους συντελεστές για να είναι ισομεγέθεις.

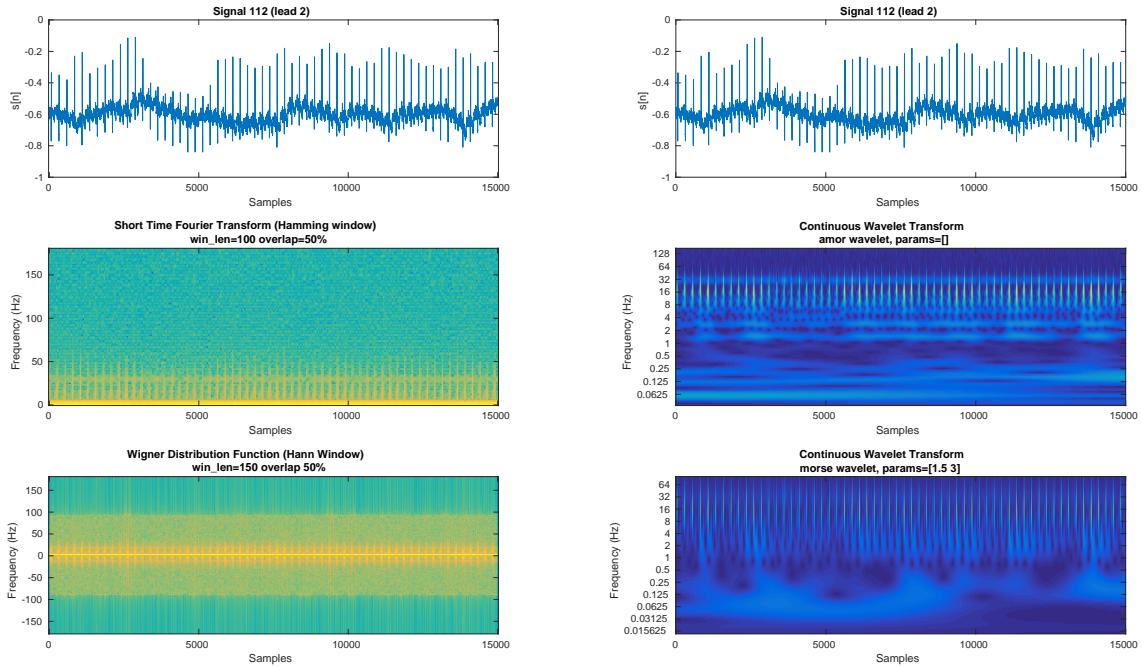


Σχήμα 3: EMD και HHT του σήματος 112. Στα  $IMF_{2-3}$  περιέχονται τα QRS complexes, στο  $IMF_6$  περιγράφεται ο καρδιακός ρυθμός.

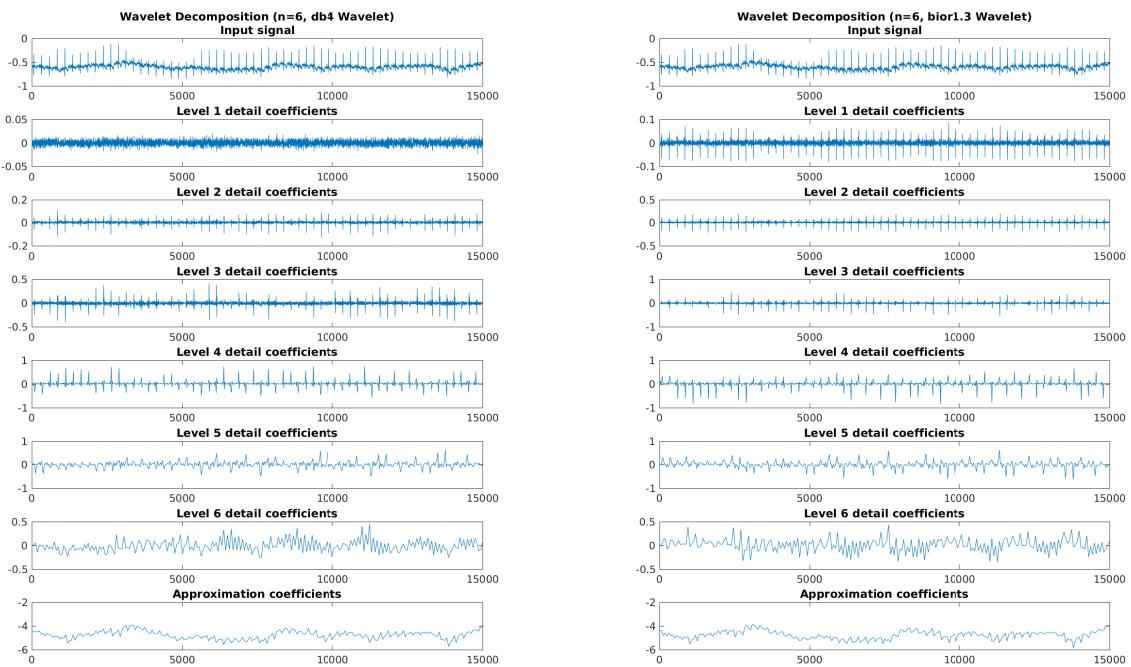


Σχήμα 4: EEMD και HHT του σήματος 112, με  $n_{ens} = 100$  και  $\sigma_n = 0.1$ . To mode mixing μεταξύ των IMFs έχει μειωθεί σε σύγκριση με τον απλό EMD. Ο καρδιακός παλμός του  $IMF_7$  είναι πιο σταθερός.

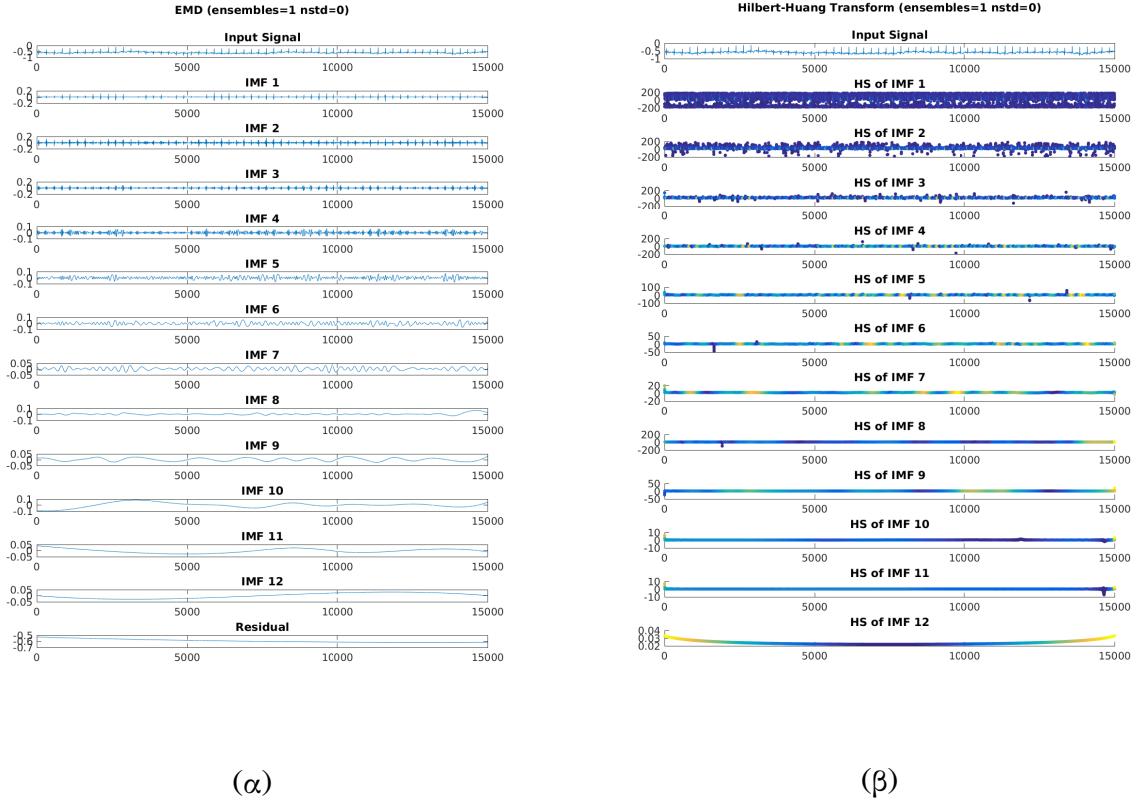
## Σήμα 112 (Ακροδέκτης 2)



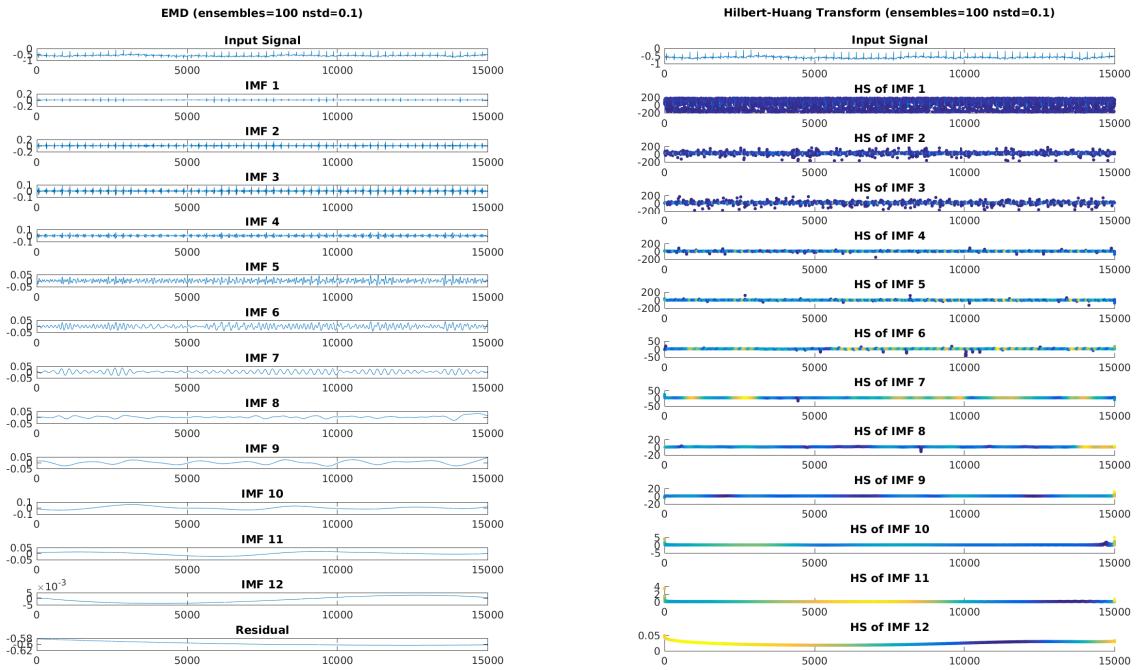
Σχήμα 5: STFT, WDF και συνεχής WT του σήματος 112 (ακροδέκτης 2). Τα αποτελέσματα συμφωνούν με την περίπτωση του ακροδέκτη 1, με μόνη διαφορά ότι εμφανίζεται ισχυρότερος ο θόρυβος αναπαραγωγής στα 30Hz.



Σχήμα 6: Διαχριτός WT χρησιμοποιώντας db4 και bior1.3.

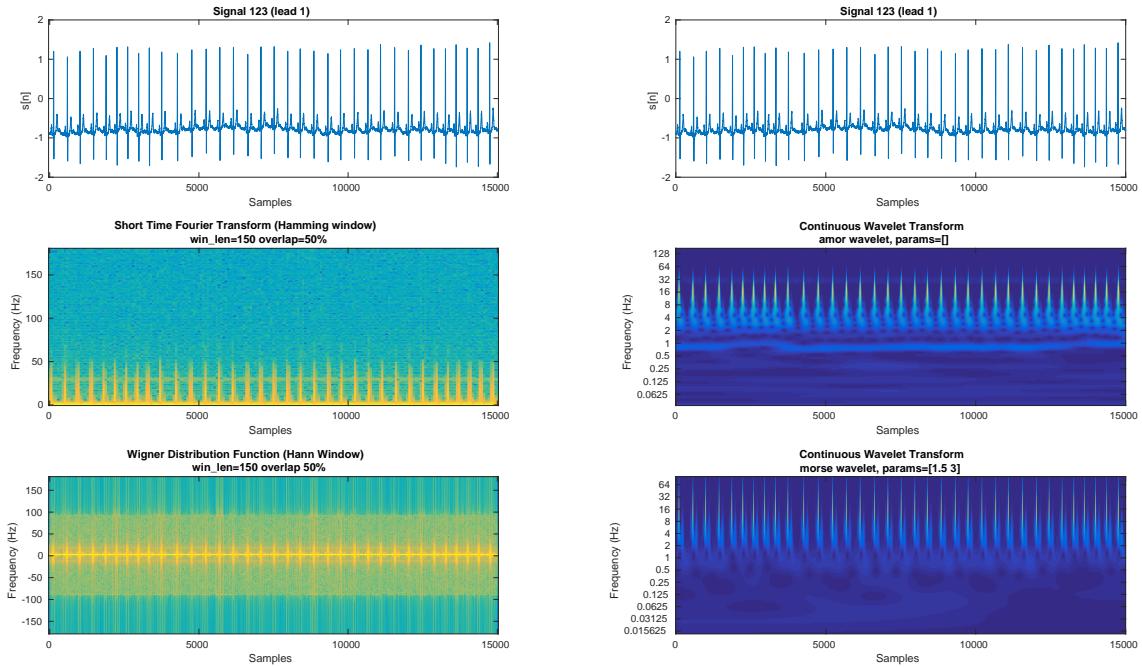


Σχήμα 7: EMD και HHT του σήματος 112 (ακροδέκτης 2). Τα παραγόμενα IMFs εμφανίζουν εντονότερο mode mixing σε σύγχριση με τον ακροδέκτη 1, πιθανώς λόγω του ισχυρότερου θορύβου.

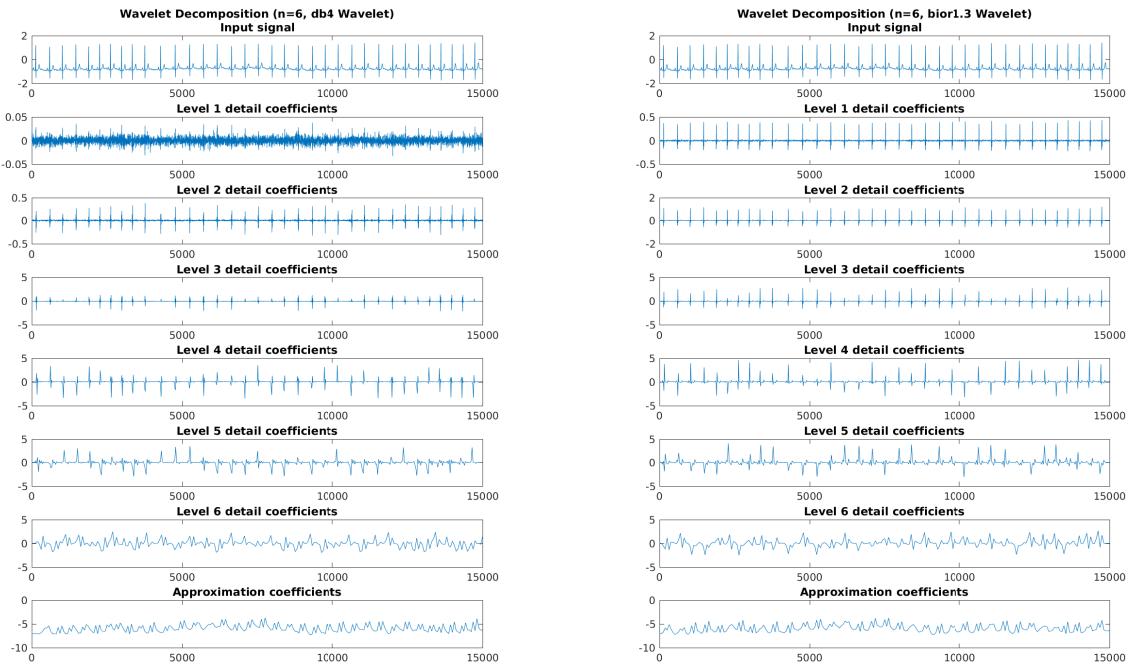


Σχήμα 8: EEMD και HHT με  $n_{ens} = 100$  και  $\sigma_n = 0.1$ .

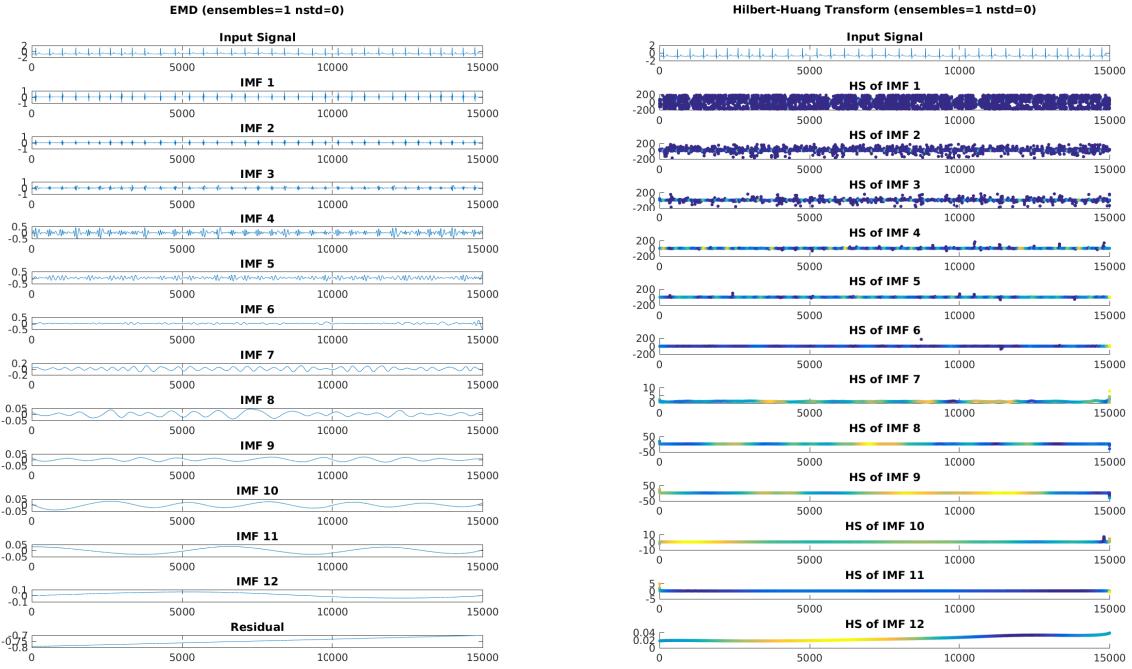
## Σήμα 123



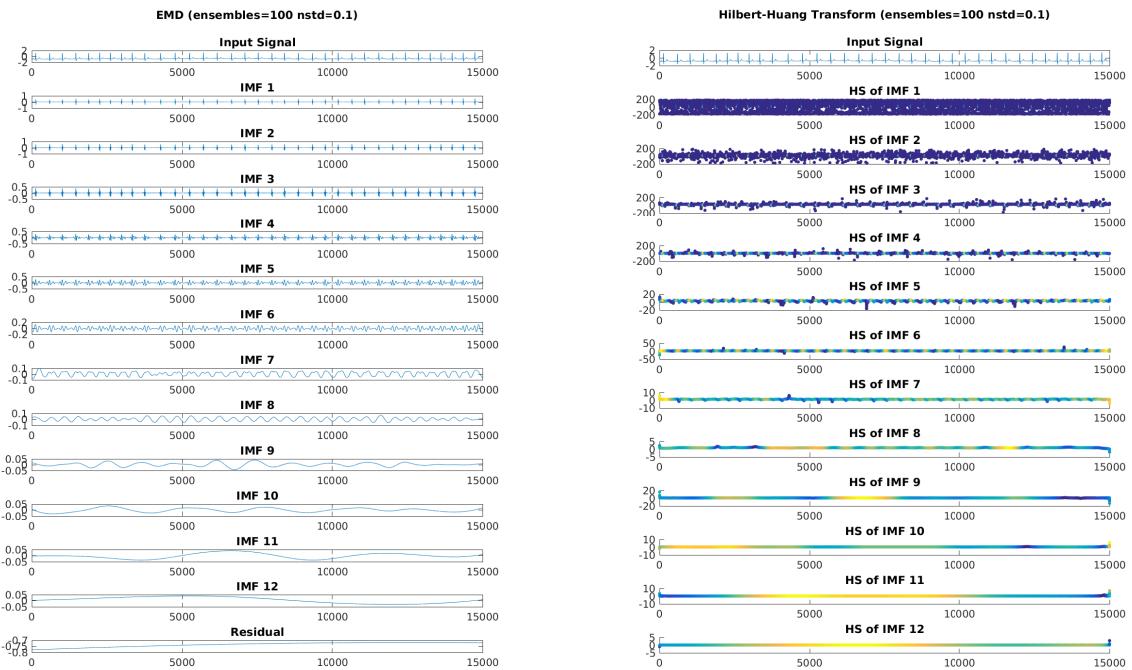
Σχήμα 9: STFT, WDF και συνεχής WT του σήματος 123. Η μεγαλύτερη απόσταση R-R μας επιτρέπει να επιλέξουμε πλατύτερο παράθυρο, κερδίζοντας ανάλυση στην συχνότητα.



Σχήμα 10: Διακριτός WT χρησιμοποιώντας `db4` και `bior1.3`. Το  $d_1$  με `db4` περιέχει κυρίως θόρυβο. Τα  $d_{2-5}$  αναπαριστούν ικανοποιητικά τα QRS complexes.

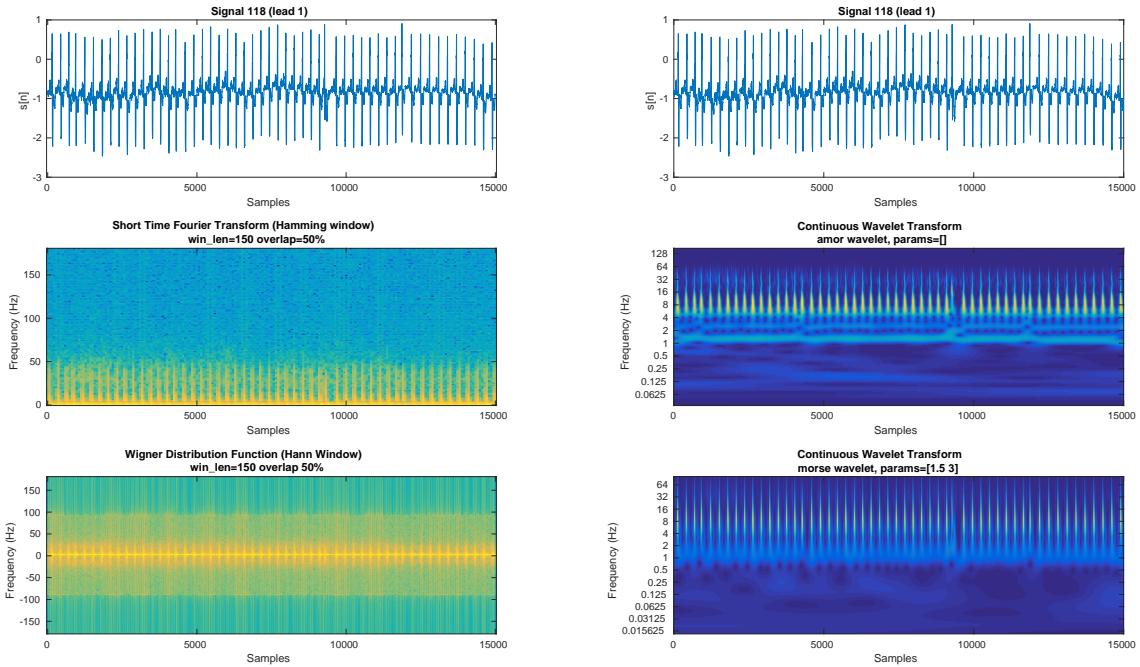


Σχήμα 11: EMD και HHT του σήματος 123. Δεν εμφανίζεται éntovo mode mixing.

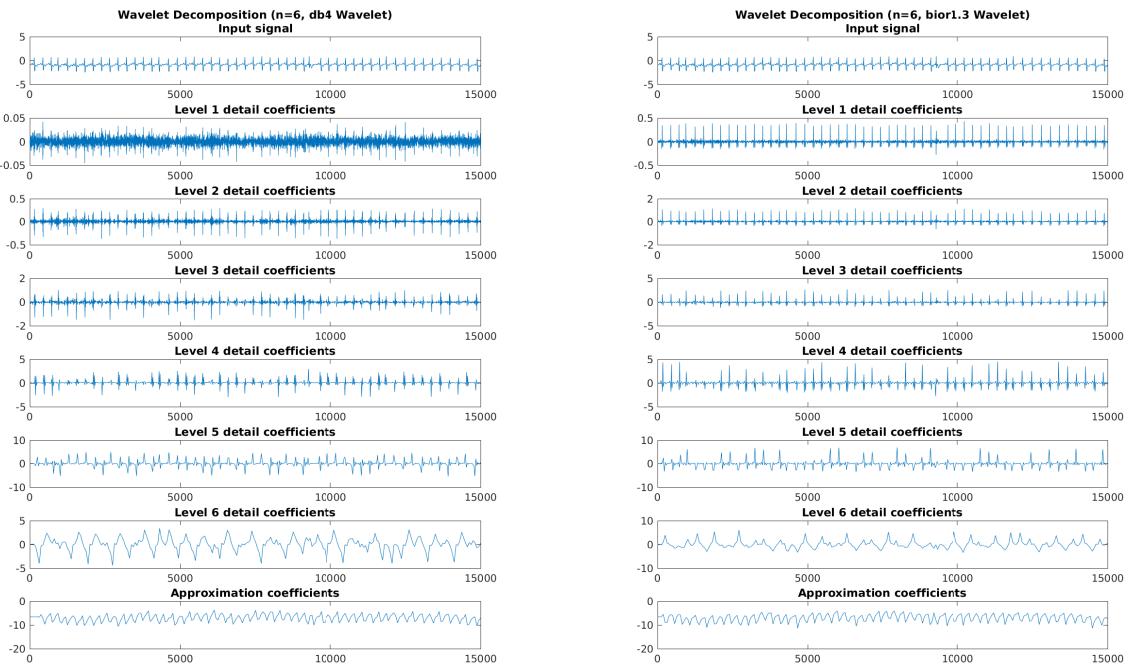


Σχήμα 12: EEMD και HHT με  $n_{ens} = 100$  και  $\sigma_n = 0.1$ . Η εφαρμογή του EEMD είναι περιττή καθώς δεν υπήρχε ισχυρό mode mixing.

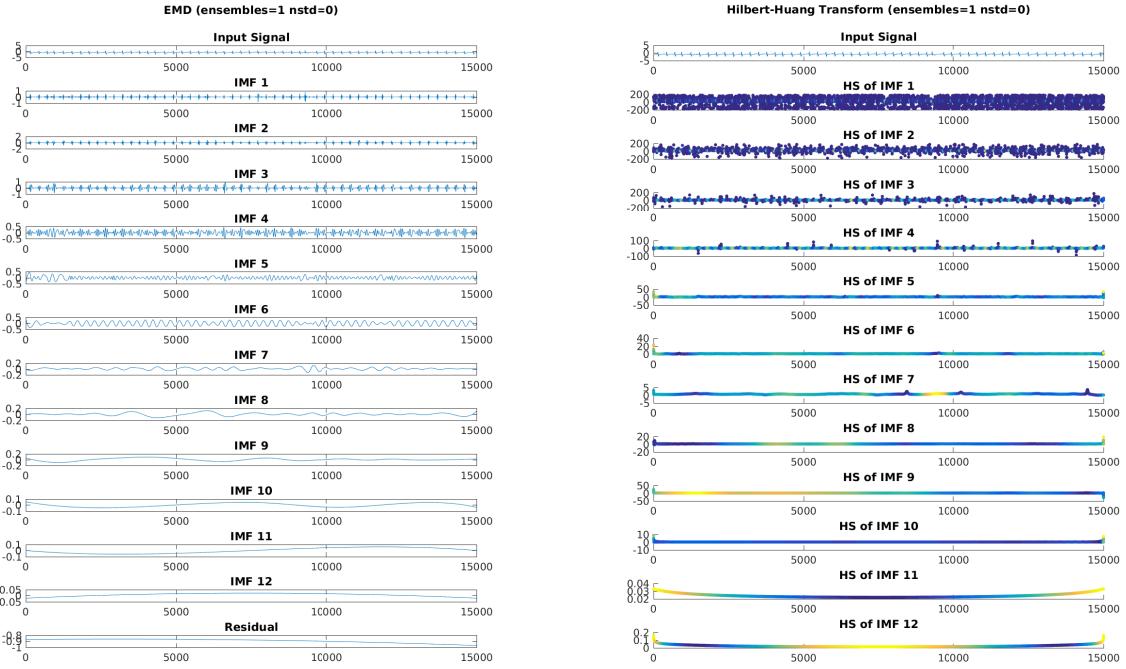
## Σήμα 118



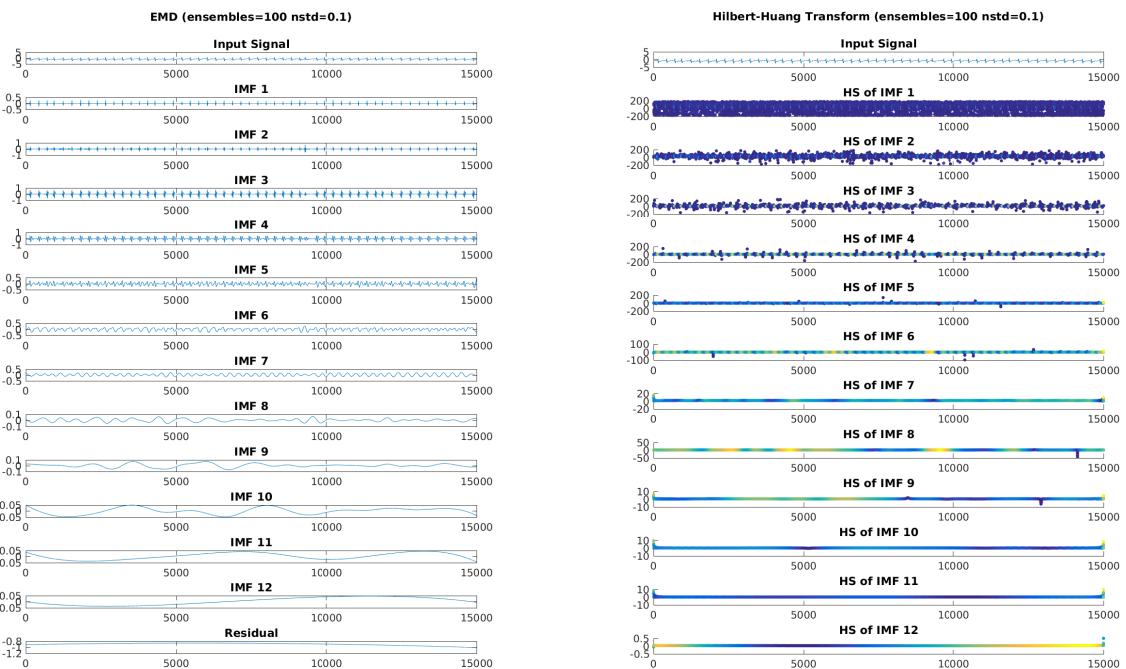
Σχήμα 13: STFT, WDF και συνεχής WT του σήματος 118. Η μεγαλύτερη διάρκεια του QRS complex, λόγω του RBBB, παρατηρείται στον WT με Morlet Wavelet (amor).



Σχήμα 14: Διακριτός WT χρησιμοποιώντας `db4` και `bior1.3`. Οι συντελεστές  $d_6$  εμφανίζουν πιο αργές ταλαντώσεις σε σύγκριση με τα προηγούμενα σήματα, γεγονός που οφείλεται στο RBBB.

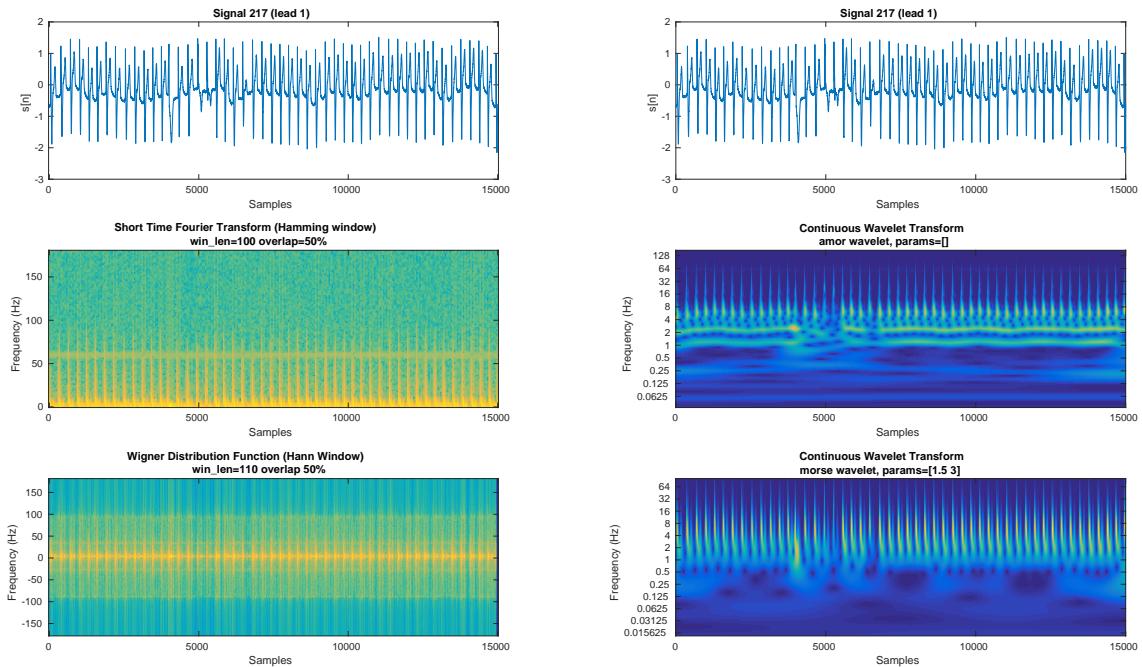


Σχήμα 15: EMD και HHT του σήματος 118. Τα IMFs που μοντελοποιούν τον καρδιακό παλμό έχουν μικρότερη στιγμιαία συχνότητα από τα αντίστοιχα των ασθενών που δεν πάσχουν από BBB.

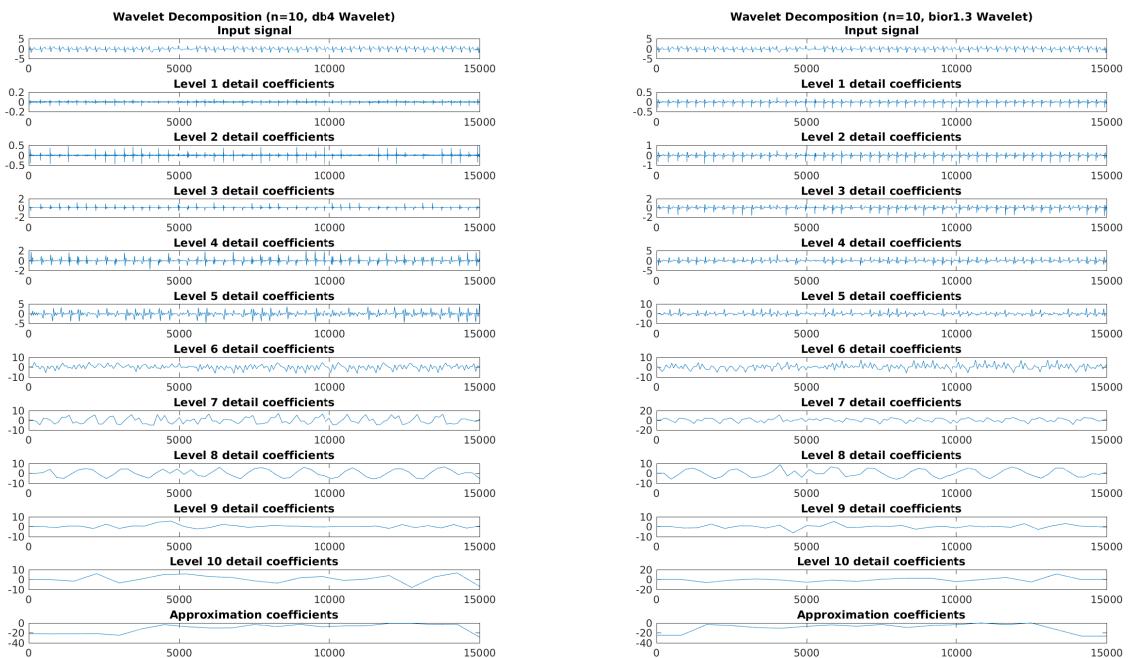


Σχήμα 16: EEMD και HHT με  $n_{ens} = 100$  και  $\sigma_n = 0.1$ . Η μείωση του mode mixing μεταξύ των IMFs, μας επιτρέπει να παρατηρήσουμε ευκολότερα τη διαφορά των στιγμιαίων συχνοτήτων που περιγράφουμε παραπάνω.

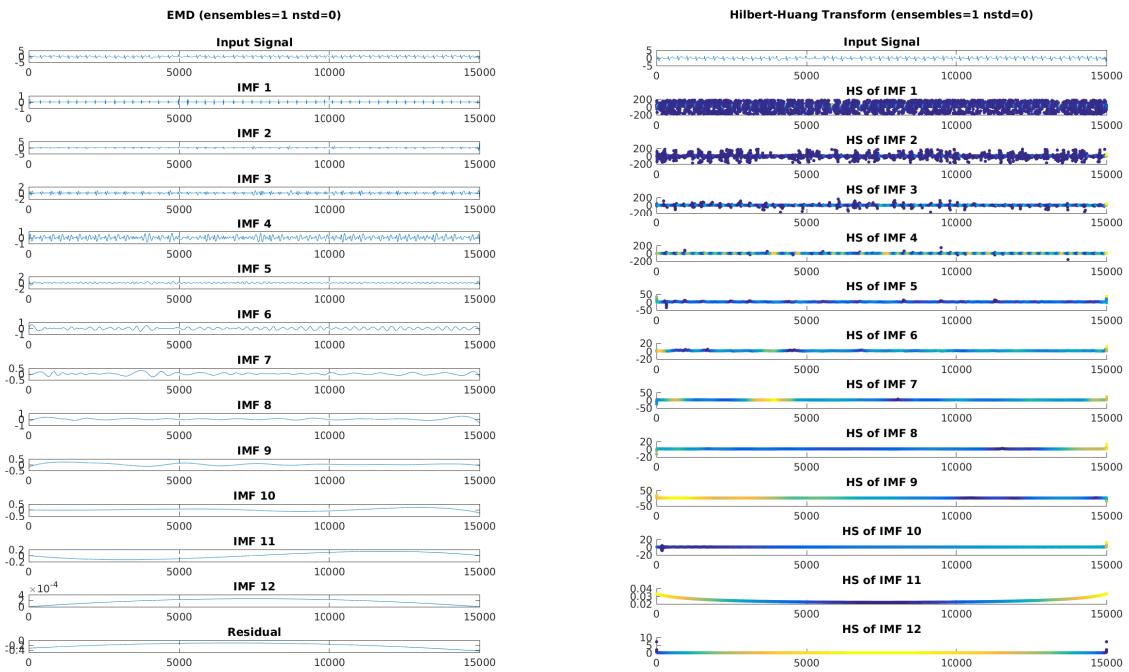
## Σήμα 217



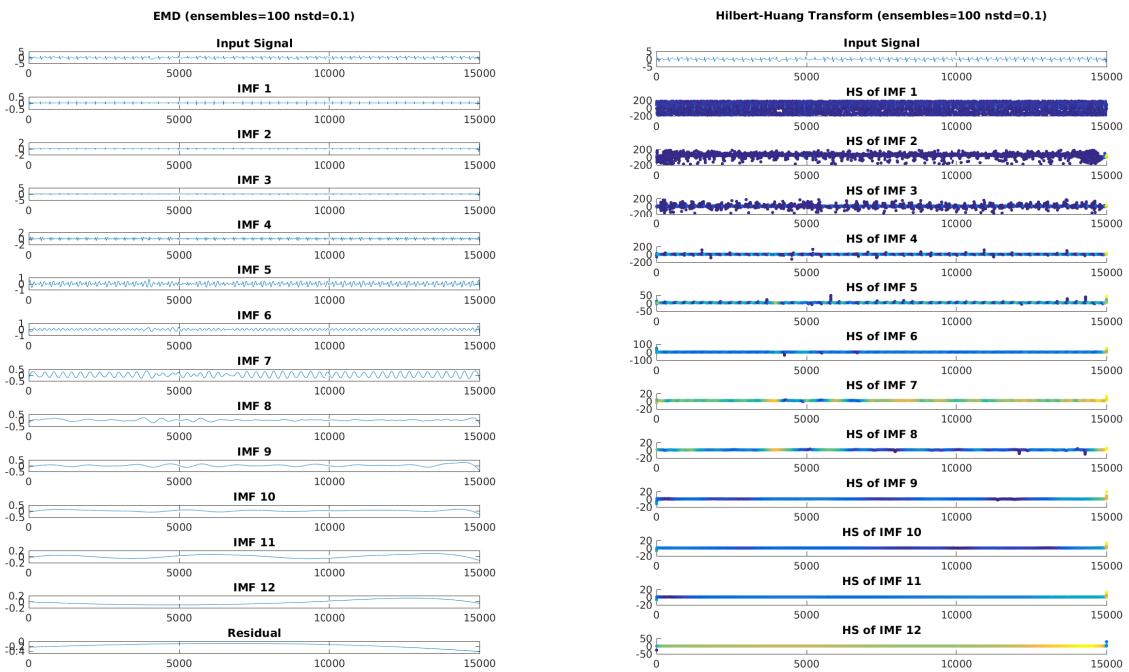
Σχήμα 17: STFT, WDF και συνεχής Wavelet Transform του σήματος 217.



Σχήμα 18: Διακριτός WT του σήματος χρησιμοποιώντας db4 και bior1.3.

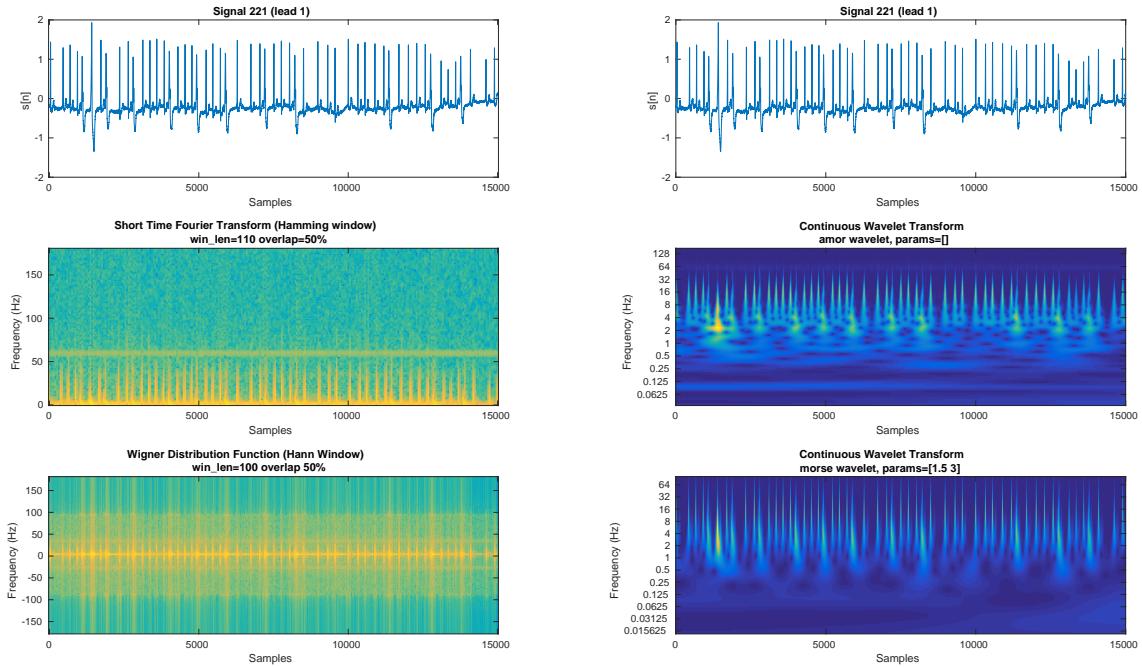


Σχήμα 19: EMD και HHT του σήματος.



Σχήμα 20: EEMD και HHT με  $n_{ens} = 100$  και  $\sigma_n = 0.1$ .

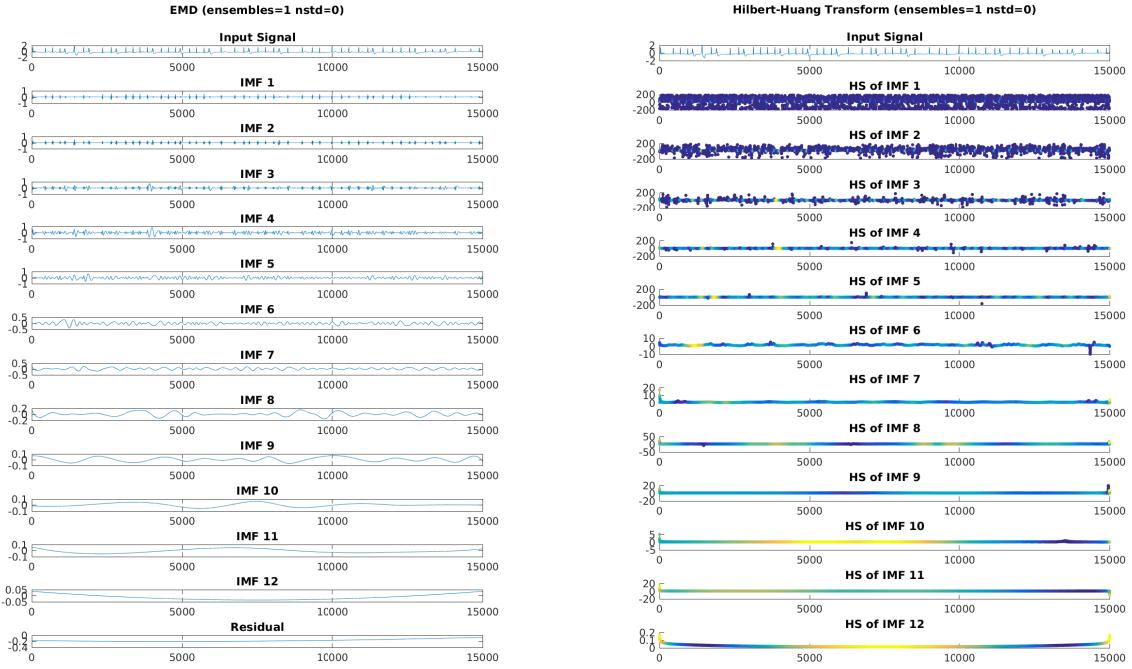
## Σήμα 221



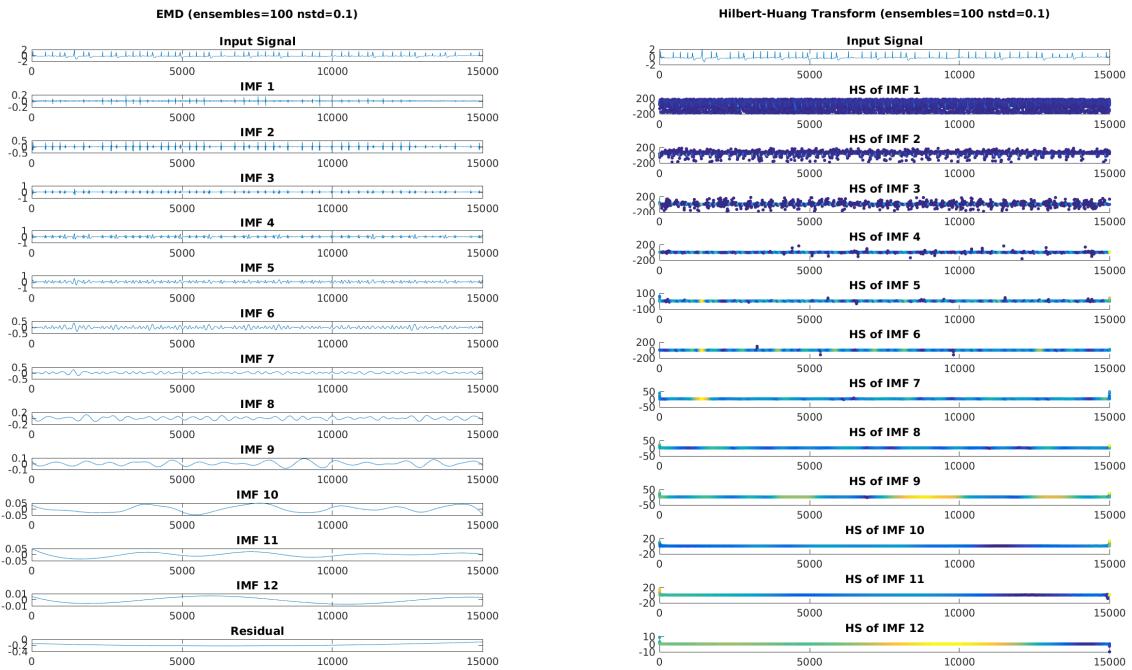
Σχήμα 21: STFT, WDF και συνεχής WT του σήματος 221.



Σχήμα 22: Διακριτός WT του σήματος χρησιμοποιώντας db4 και bior1.3.



Σχήμα 23: EMD και HHT του σήματος.



Σχήμα 24: EEMD και HHT με  $n_{ens} = 100$  και  $\sigma_n = 0.1$ .

## Ανίχνευση διαστημάτων R-R

Ο αλγόριθμος που κατασκευάσαμε για την ανίχνευση των διαστημάτων R-R είναι ο εξής