

# Προηγμένες Τεχνικές Επεξεργασίας Σήματος

Βαφείδης Παντελής  
Σαμαράς-Τσακίρης Κωνσταντίνος



# Περιεχόμενα

- Θεωρία
  - Περιοχές εγκεφάλου που σχετίζονται με το συναίσθημα
  - Συχνοτικό περιεχόμενο EEG
  - Event Related Potentials
  - Wavelet Transform
  - SVM
- Μέθοδος ανάλυσης
  - Δοκιμές
  - Εξαγωγή χαρακτηριστικών
  - Κατηγοριοποίηση
- Αποτελέσματα
  - Γενικά
  - Ανά φύλο
  - Συσχέτιση ERP
  - Διαφορά T1-T2
  - Band
- Συζήτηση

# ΘΕΩΡΙΑ



# Περιοχές που σχετίζονται με το συναισθήμα

## Αμυγδαλή (Amygdala)

Στην αμυγδαλή γίνεται η σύζευξη όλων των προσλαμβανουσών πληροφοριών που συνδέονται με τα συναισθήματα. Είναι δηλαδή υπεύθυνη για το πώς αντιλαμβανόμαστε τις πληροφορίες που γενούν φόβο, άγχος αλλά και χαρά, ικανοποίηση. Επίσης, οτιδήποτε προέρχεται από το εξωτερικό περιβάλλον και κρίνεται ως απειλή, οπότε υπάρχει το «ερώτημα» για μάχη ή φυγή (fight or flight). Υπάρχουν επίσης και άλλα πολλά συναισθήματα που εμπλέκονται με την λειτουργία της αμυγδαλής, όπως είναι η μνήμη παλαιότερων γεγονότων με συναισθηματική φόρτιση (ασυνείδητη μνήμη) τα οποία είχαν προκαλέσει έντονα ερεθίσματα, άρα δρα ως «ζώσα μνήμη» αυτών των γεγονότων (και όχι απλά ως μνημόνευσή τους).

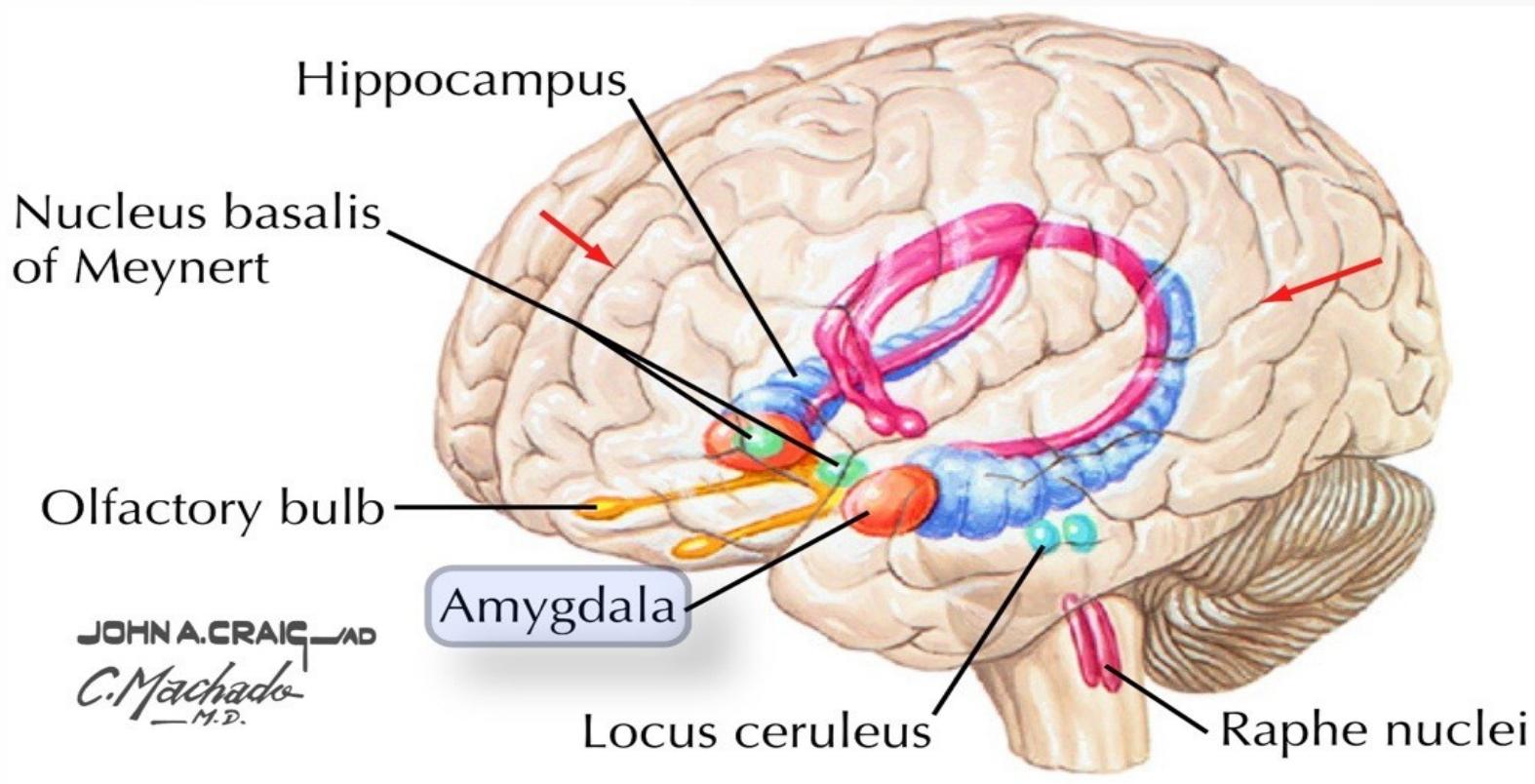
# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Αμυγδαλή (Amygdala)

Η αμυγδαλή, εφόσον συνδέεται με τις αντιδράσεις «μάχης ή φυγής» πρέπει να έχει σημαντικές συνδέσεις με το συμπαθητικό νευρικό σύστημα (αυτό που ευθύνεται για την κατάσταση αυξημένης διέγερσης, και περιορισμένης συνειδητής δράσης). Υπάρχουν λειτουργικές διαφορές μεταξύ της δεξιάς και της αριστερής αμυγδαλής. Επίσης, υπάρχουν μελέτες που παρουσιάζουν αποδείξεις ότι υπάρχει διαφοροποίηση στην ενεργοποίηση της αμυγδαλής, μεταξύ αντρών και γυναικών. Η αμυγδαλή αποτελείται από περίπου 12 περιοχές, οι οποίες μπορούν να διαιρεθούν σε υποπεριοχές. Γενικά μιλώντας, η δραστηριότητα στην αμυγδαλή είναι ανάλογη της «συναισθηματικότητας» ενός ερεθίσματος.

# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Αμυγδαλή (Amygdala)



# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Ιππόκαμπος (Hippocampus)

Ο Ιππόκαμπος είναι μία από τις δομές που στέλνουν πληροφορίες στην αμυγδαλή. Εμπλέκεται ιδιαιτέρως με φαινόμενα που σχετίζονται με την μνήμη, ειδικά δε με τον σχηματισμό αναμνήσεων μακριάς διάρκειας (long-term memory), που μπορεί να διαρκέσει μερικές φορές και για πάντα. Η σύνδεση της αμυγδαλής με τον ιππόκαμπο μπορεί να είναι η προέλευση των «δυνατών συναισθημάτων που διεγείρονται από συγκεκριμένες αναμνήσεις», στο οποίο συμπεριλαμβάνονται και συναισθηματικές αποκρίσεις σε τραυματικές εμπειρίες.

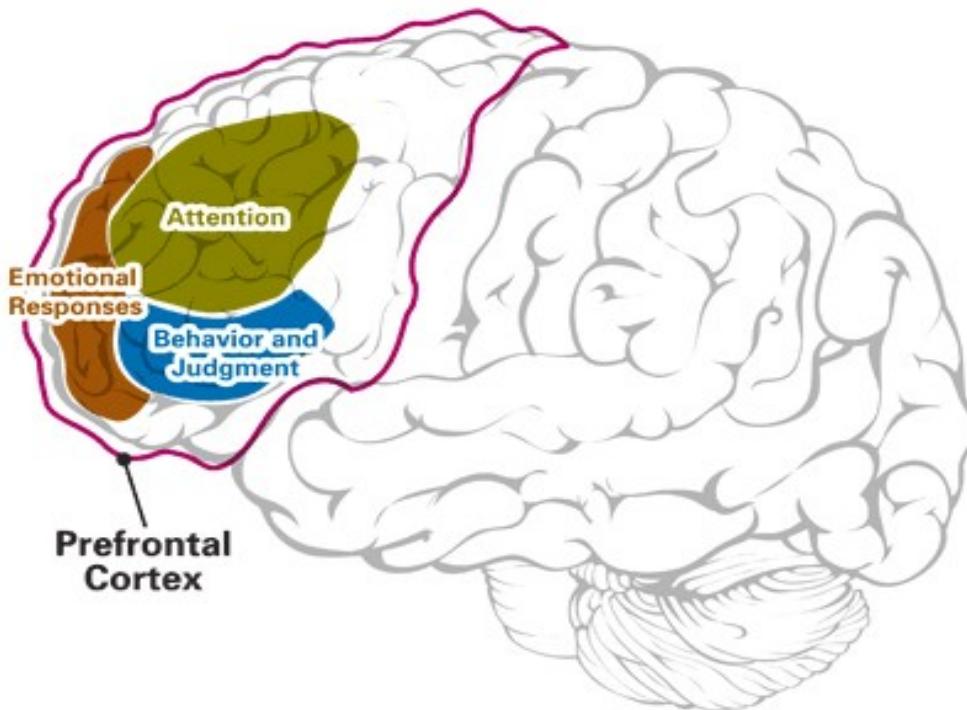
# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Προμετωπιαίος Φλοιός (Prefrontal Cortex)

Βρίσκεται στο μπροστινό μέρος του κεφαλιού και συνδέεται με περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα. Ο προμετωπιαίος φλοιός «καθιδηγεί» τις εισόδους και τις συνδέσεις που επιτρέπουν για έλεγχο των πράξεών μας εν γνώσει. Εκτός των άλλων, σχετίζεται με την λήψη αποφάσεων που σχετίζονται με αποκρίσεις στα συναισθήματα. Δηλαδή ο προμετωπιαίος φλοιός ελέγχει τι απόφαση παίρνει το άτομο όταν αντιμετωπίζει μία συναισθηματική αντίδραση, και επίσης διαχειρίζεται το άγχος (λογική vs παρόρμηση).

# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Προμετωπιαίος Φλοιός (Prefrontal Cortex)



# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

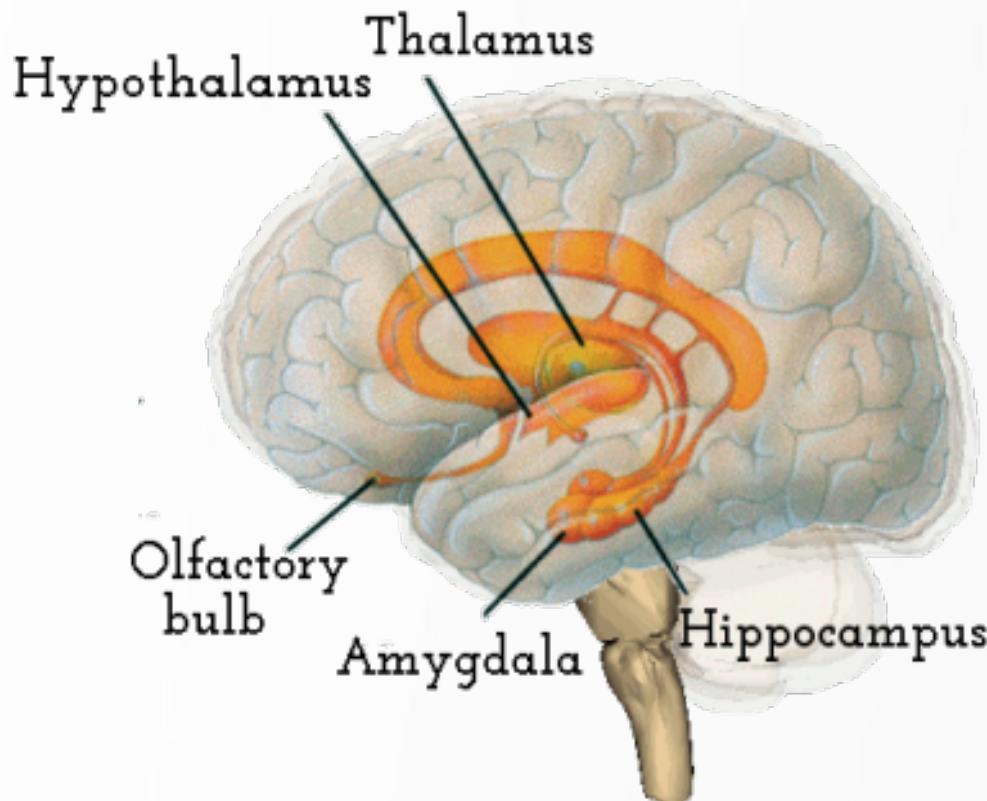
## Υποθάλαμος (Hypothalamus)

Ο υποθάλαμος παρέχει πληροφορίες στην αμυγδαλή, συνδέεται με το Septum pellucidum και πιστεύεται ότι παίζει ρόλο στο συναίσθημα. Συγκεκριμένα, τα πλευρικά του μέρη φαίνεται να συνδέονται με την ευχαρίστηση και την οργή, ενώ τα κεντρικά του συμμετέχουν στα αισθήματα αποστροφής, έλλειψης ευχαρίστησης και με μία τάση προς ανεξέλεγκτο δυνατό γέλιο. Επίσης, η κεντρική περιοχή του υποθάλαμου είναι μέρος των κυκλωμάτων που ελέγχουν συμπεριφορές που ωθούνται από τον φόβο. Παρόλα αυτά, γενικά ο υποθάλαμος σχετίζεται με την έκφραση των συναισθημάτων, παρά με την γέννηση συναισθηματικών καταστάσεων.

Υπάρχουν σαφείς διαφορές στην δομή και την λειτουργία του υποθαλάμου μεταξύ αρσενικών και θηλυκών, οι οποίες εκτός των άλλων διαμορφώνουν και τις σεξουαλικές προτιμήσεις.

# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Υποθάλαμος (Hypothalamus)



# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Θάλαμος (Thalamus)

Κάκωση ή διέγερση των έσω ραχιαίων και πρόσθιων πυρήνων του Θάλαμου σχετίζεται με αλλαγές στην αποκρισιμότητα στα συναισθήματα. Παρόλα αυτά, η σημαντικότητα των πυρήνων στην διαμόρφωση της συναισθηματικής συμπεριφοράς δεν οφείλεται στον Θάλαμο καθ' ευατό, αλλά στις συνδέσεις των πυρήνων αυτών με άλλες δομές που σχετίζονται με συναίσθημα.

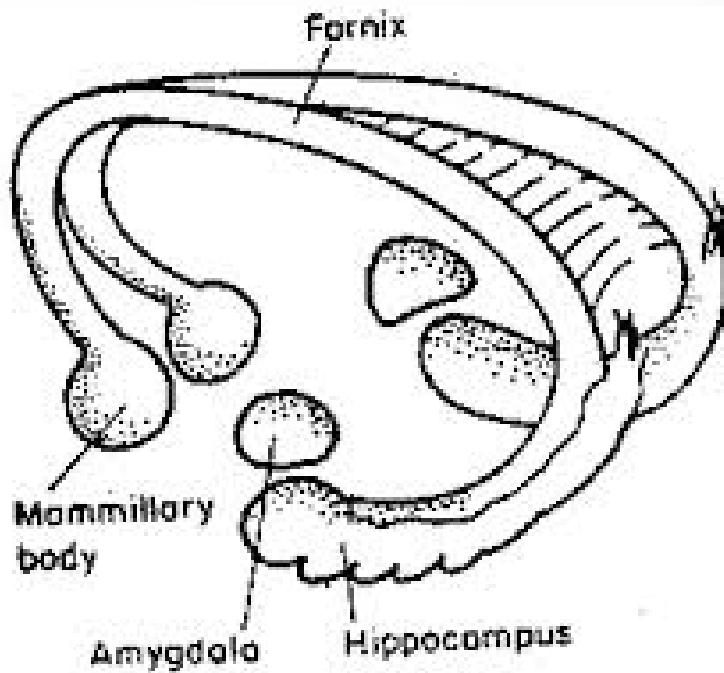
# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Ψαλίδα (Fornix) και Παραϊπποκαμπική έλικα (Parahippocampal gyrus)

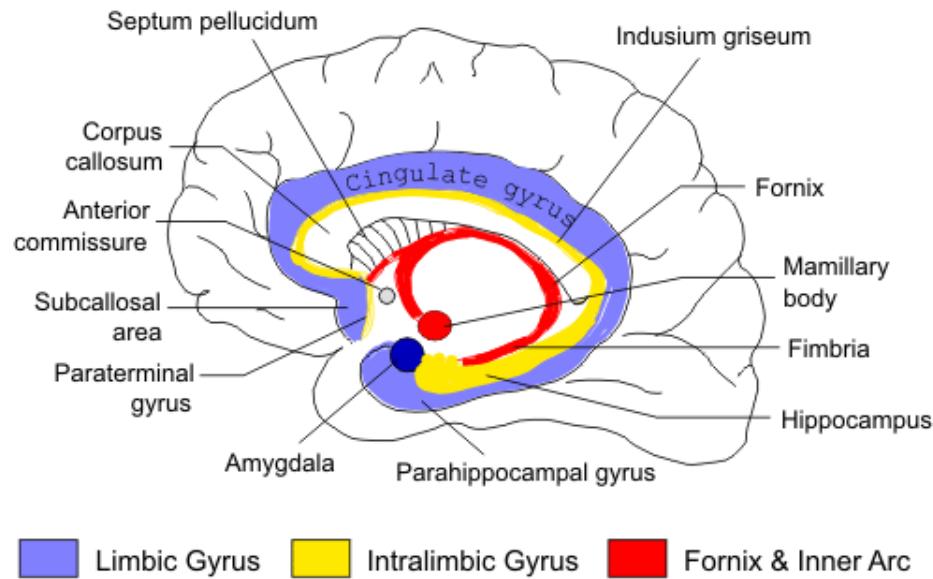
Και τα δύο είναι σημαντικά κανάλια διακίνησης πληροφοριών που συνδέονται με το συναίσθημα. Η παραϊπποκαμπική έλικα περιβάλλει τον ιππόκαμπο και παίζει ρόλο στην κωδικοποίηση και την ανάκτηση της μνήμης. Η δεξιά παραϊπποκαμπική έλικα ενδέχεται να παίζει ρόλο στο να γίνεται το κοινωνικό πλαίσιο κατανοητό από το άτομο, όπως για παράδειγμα παραγλωσσικά στοιχεία στην προφορική επικοινωνία (πχ η δυνατότητα να του ατόμου να εντοπίσει τον σαρκασμό). Η ψαλίδα μεταφέρει σήματα από τον ιππόκαμπο στον θάλαμο.

# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Ψαλίδα (Fornix) και Παραϊπποκαμπική έλικα (Parahippocampal gyrus)



## The Limbic System



# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Έλικα του προσαγωγίου (Cingulate Gyrus)

Δρα σαν κανάλι μεταξύ του θαλάμου και του ιππόκαμπου, και παίζει ρόλο στην μνημόνευση συναισθηματικά φορτισμένων γεγονότων.

Σχετίζεται με τον σχηματισμό, την επεξεργασία, την μάθηση και την μνήμη των συναισθημάτων. Η σύνδεση αυτών των λειτουργιών καθιστά πολύ μεγάλη την επιρροή της έλικας του προσαγωγίου στην σύνδεση των αποτελεσμάτων μίας συμπεριφοράς με τα κίνητρα (δηλαδή εάν μία συγκεκριμένη δράση παρήγε μία θετική συναισθηματική απόκριση, αυτό μαθαίνεται). Το μπροστινό του μέρος συσχετίζει μυρωδιές και τοπία με ευχάριστες αναμνήσεις προηγουμένων συναισθημάτων. Αυτή η περιοχή επίσης συμμετέχει στην συναισθηματική αντίδραση στον πόνο, και στην διαχείριση της επιθετικής συμπεριφοράς.

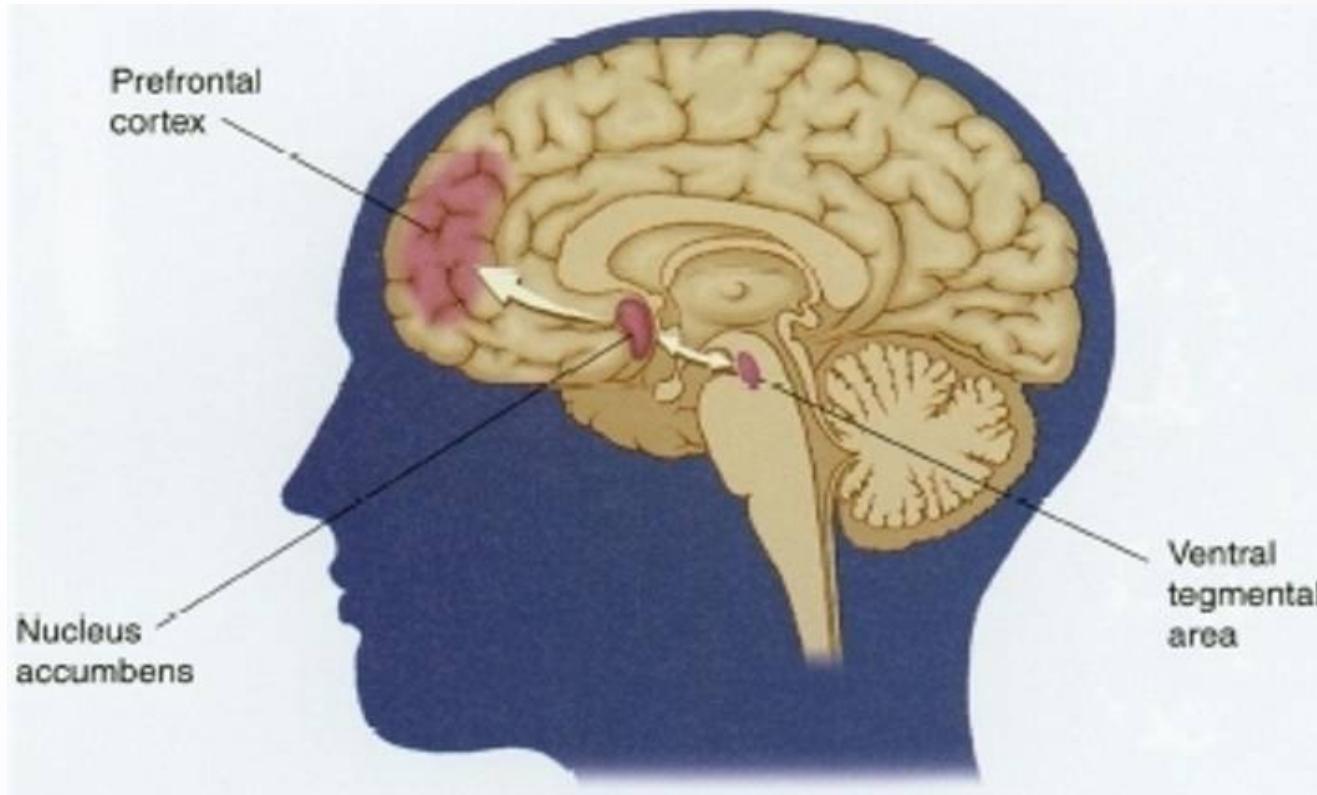
# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Κοιλιακή καλυπτήρια περιοχή (Ventral Tegmented Area)

Είναι σημαντική στην επίγνωση, στην καθοδήγηση από κίνητρα, στον οργασμό, στην εξάρτηση από ουσίες, στα έντονα συναισθήματα που σχετίζονται με την αγάπη, και κυρίως στο πως το άτομο αντιλαμβάνεται την ευχαρίστηση. Σε αυτή την περιοχή υπάρχουν κανάλια ντοπαμίνης. Συνδέεται με δομές στο εγκεφαλικό στέλεχος που σχετίζονται με την φυσιογνωμική έκφραση του θυμού, την χαράς, της λύπης κα. Επίσης, έχει δειχθεί ότι επεξεργάζεται διάφορους τύπους συναισθηματικών πληροφοριών που προέρχονται από την αμυγδαλή, όπου είναι πιθανό επίσης να παίζει ρόλο στην αποφυγή και την προσαρμογή σε καταστάσεις φόβου (fear conditioning). Συνδέεται με την αμυγδαλή, την έλικα του προσαγωγίου, τον ιππόκαμπο και τον προμετωπιαίο φλοιό.

# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

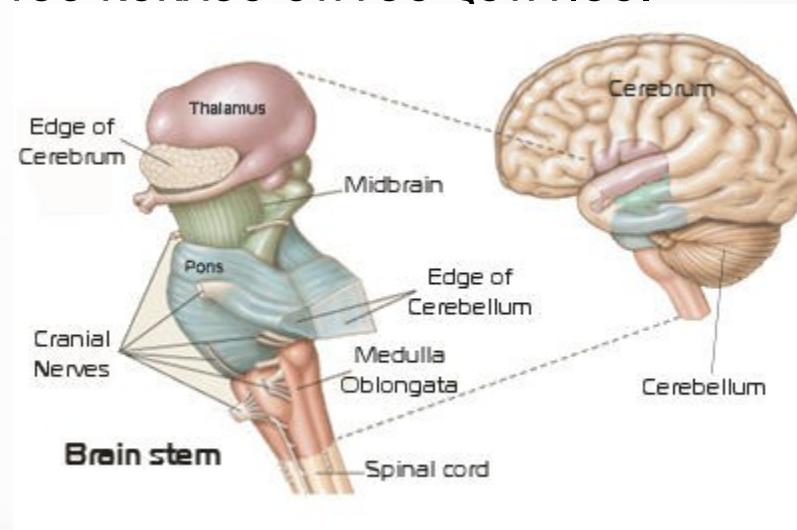
## Κοιλιακή καλυπτήρια περιοχή (Ventral Tegmented Area)



# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Εγκεφαλικό στέλεχος (Brainstem)

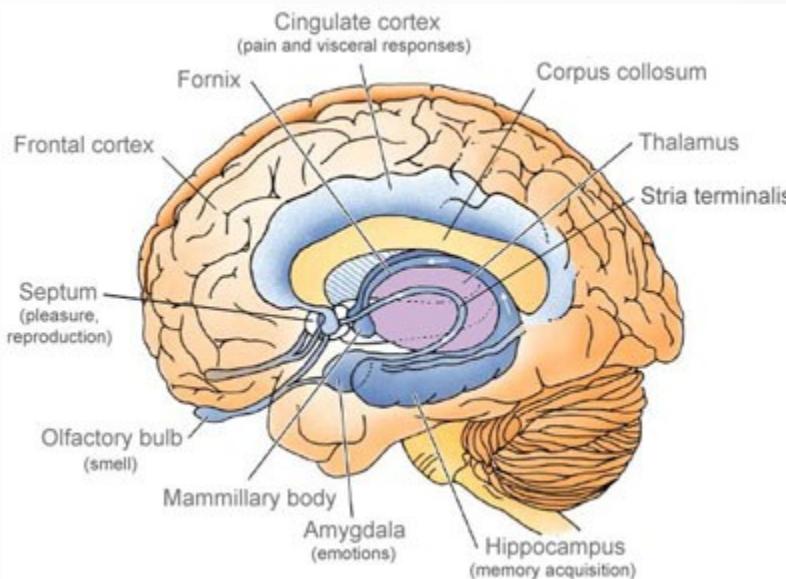
Ευθύνεται για τις «συναισθηματικές αντιδράσεις» (στην πραγματικότητα δεν είναι παρά αντανακλαστικά) στα ερπετά και τα αμφίβια. Είναι σημαντικό να πούμε ότι ακόμα και στους ανθρώπους, αυτές οι πρωτόγονες δομές παραμένουν ενεργές, όχι μόνο σαν μηχανισμοί προειδοποίησης, απαραίτητοι για την επιβίωση, αλλά και για την διατήρηση του κύκλου ύπνου-Ξύπνιου.



# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Septum pellucidum

Η περιοχή αυτή βρίσκεται πρόσθια του θαλάμου. Μέσα της βρίσκονται τα κέντρα του οργασμού, 4 για τις γυναίκες και ένα για τους άντρες. Η περιοχή αυτή συνδέεται με διάφορα είδη ευχάριστων αισθήσεων, κυρίως αυτών που συνδέονται με σεξουαλικές εμπειρίες.



# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

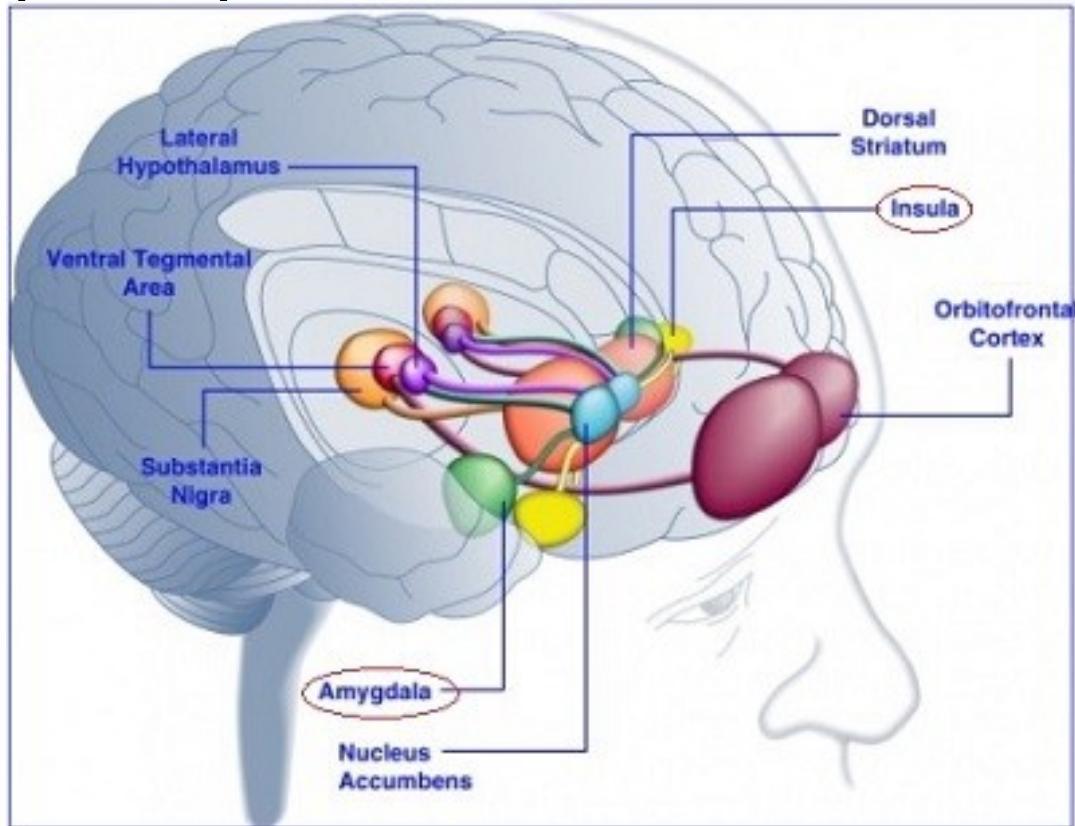
## Νησίδα (Insula)

Επεξεργάζεται συγκλίνουσες πληροφορίες για να παράξει ένα σχετικό συναισθηματικά πλαίσιο για συγκεκριμένες αισθητικές εμπειρίες. Οπότε πληροφορίες από όλα τα κέντρα αίσθησης συγκλίνουν εκεί. Πειράματα fMRI έχουν δείξει ότι η νησίδα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην εμπειρία του πόνου και στην εμπειρία ενός αριθμού από άλλα βασικά συναισθήματα, όπως ο θυμός, ο φόβος, η αίσθηση αηδίας, η χαρά και η λύπη. Επίσης έχουν δείξει ότι η δεξιά πρόσθια νησίδα είναι σημαντικότερα πιο μεγάλη σε ανθρώπους που κάνουν διαλογισμό.

Ο anterior insular cortex (AIC, πρόσθιος φλοιός νησίδας) πιστεύεται ότι ευθύνεται για συναισθήματα συμπεριλαμβανομένων της μητρικής και της ρομαντικής αγάπης, θυμού, φόβου, λύπης, χαράς, σεξουαλικής διέγερσης, αηδίας, αποστροφής, αδικίας, ανισότητας, αγανάκτησης, αβεβαιότητας, δυσπιστίας, κοινωνικού αποκλεισμού, εμπιστοσύνης, εμπάθειας, το «αίσθημα την ενότητας με τον Θεό» και της παραισθησιογόνου κατάστασης.

# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

## Νησίδα (Insula)



# Περιοχές που σχετίζονται με το συναίσθημα

Να σημειωθεί ότι γενικότερα στον εγκέφαλο οι διεργασίες δεν γίνονται εντοπισμένα, αλλά μπορεί σε μία διεργασία να συμμετέχουν πολλές δομές (και όχι κατ'ανάγκη κοντινές) με διαφορετικό ρόλο η καθεμία.

Υπάρχει σημαντική δυσκολία στο να λάβει κανείς σήμα από την αμυγδαλή, τον ιππόκαμπο, τον υποθάλαμο, και άλλες δομές που είναι θαμμένες στο κέντρο του εγκεφάλου. Το αγώγιμο περιβάλλον στο εσωτερικό του εγκεφάλου σημαίνει ότι τα σήματα αυτά θα αποσβένονται σημαντικά και οι νευρώνες σε αυτή την περιοχή δεν είναι καλά διατεταγμένοι, έτσι το σήμα του ενός αναιρείται από το σήμα του άλλου. Για να λάβουμε σήμα από αυτές τις περιοχές λοιπόν χρειαζόμαστε εν τω βάθει ηλεκτρόδια, μία επιλογή που προφανώς δεν είναι καθόλου πρακτική και δεν εφαρμόζεται σε υγιή άτομα. Μπορούμε να λάβουμε άμεσα σήμα ενδεχομένως μόνο από την έλικα του προσαγωγίου. Οι μελέτες λοιπόν βασίζονται στην έρευνα των ERPs, ως σημάτων που παρατηρούνται γενικότερα στην επιφάνεια που καταγράφουμε, χωρίς να συνδέονται συγκεκριμένα με περιοχές (αυτό εξετάζεται στις προσπάθειες επίλυσης αντίστροφου προβλήματος).

# EEG - Συχνοτικό περιεχόμενο

Η ηλεκτροεγκεφαλογραφία (EEG) αποτελεί μία από τις πιο γνωστές και ευκολότερα χρησιμοποιούμενες μεθόδους παρατήρησης και αξιοποίησης της ηλεκτρικής δραστηριότητας του εγκεφάλου. Δίνονται συνοπτικά τα κύρια δυνατά και αδύναμα σημεία της:

## Pros:

- Σχετικά χαμηλό κόστος υλικού.
- Δεν απαιτεί καταρτισμένο χειριστή.
- Μπορεί να εφαρμοστεί σε περισσότερους χώρους από άλλες τεχνικές, που απαιτούν ογκώδη μηχανήματα (πχ μαγνήτες 1.5 T).
- Έχει πολύ καλή χρονική ανάλυση, σε επίπεδο ms αντί για s. Συνήθως χρησιμοποιούνται για ιατρικούς σκοπούς και για έρευνα συχνότητες δειγματοληψίας 250-2000 Hz, όμως σύγχρονα συστήματα μπορούν να πετύχουν συχνότητες μεγαλύτερες από 20 KHz.

# EEG - Συχνοτικό περιεχόμενο

## Pros:

- Είναι σχετικά ανθεκτική μέθοδος στην κίνηση του ασθενούς.
- Δεν εισάγει ακουστικό θόρυβο, δεν υπάρχει κίνδυνος κλειστοφοβίας, δεν υπάρχει έκθεση σε μεγάλης έντασης μαγνητικά πεδία ή σε άλλους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά το υποκείμενο, δεν απαιτεί σύνθετη σχεδίαση πειραμάτων και είναι εξαιρετικά μη επεμβατική τεχνική, πχ σε σχέση με την ECG κατά την οποία τοποθετούνται ηλεκτρόδια μέσα στο κεφάλι.
- Μερικά ERPs μπορούν να εντοπιστούν ακόμα και αν δεν παρακολουθείται συνειδητά το ερέθισμα που τα δημιουργεί.
- Μπορεί να ακολουθήσει τα στάδια της επεξεργασίας του ερεθίσματος, αντί να δίνει απλά το τελικό αποτέλεσμα.
- Υπάρχει μεγαλύτερη κατανόηση του τι ακριβώς σήμα μετράμε, σε σχέση με άλλες τεχνικές.
- Είναι ισχυρότατο εργαλείο στην παρακολούθηση των αλλαγών που συμβαίνουν στον εγκέφαλο με την ηλικία.

# EEG - Συχνοτικό περιεχόμενο

## Cons:

- Προσφέρει χαμηλή χωρική ανάλυση στο κρανίο. Απαιτούνται έντονες προσπάθειες ερμηνείας (επίλυση αντίστροφου προβλήματος) μόνο για την υπόθεση του ποιες περιοχές εμπλέκονται σε μία συγκεκριμένη απόκριση.
- Δεν μετράει καλά την νευρωνική δράση σε επίπεδα κάτω από το πάνω στρώμα του εγκεφάλου (όπως αναφέρθηκε παραπάνω).
- Δεν μπορεί να εντοπίσει συγκεκριμένες χημικές ουσίες στον εγκέφαλο, όπως μπορούν άλλες μέθοδοι.
- Παίρνει αρκετό χρόνο για προετοιμασία των ηλεκτροδίων ώστε να έχουν κατάλληλη επαφή, ειδικά αν τα ηλεκτρόδια είναι πάρα πολλά.
- Ο λόγος σήματος προς θόρυβο δεν είναι καλός (εισάγεται πολύς ηλεκτρικός θόρυβος από τα κανάλια), οπότε για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων απαιτούνται ειδικές τεχνικές επεξεργασίας δεδομένων και μεγάλος αριθμός υποκειμένων.

# EEG - Συχνοτικό περιεχόμενο

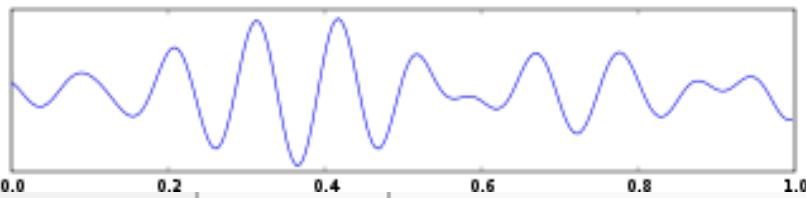
## Εγκεφαλικοί ρυθμοί

Ρυθμός	Συχνότητα (Hz)	Τοποθεσία	Φυσιολογικά απαντάται
<u>Δέλτα</u>	< 4	Σε μπροστινά μέρη σε ενήλικες, σε πίσω μέρη σε παιδιά. Κύματα πολύ μεγάλου πλάτους.	<ul style="list-style-type: none"><li>στον «ύπνο αργών κυμάτων» (slow wave sleep) των ενηλίκων</li><li>σε μωρά</li><li>έχει βρεθεί κατά την διάρκεια κάποιων διαδικασιών που απαιτούν συνεχή προσοχή</li></ul>
<u>Θότα</u>	4 – 7	Βρίσκεται σε περιοχές που δεν σχετίζονται με την τρέχουσα εργασία	<ul style="list-style-type: none"><li>συνηθισμένα στα μικρά παιδιά</li><li>προκαλούν υπνηλία σε έφηβους και ενήλικες</li><li>μορφολογικά ανώμαλα</li><li>σχετίζεται με την αναστολή προκαλούμενων αντιδράσεων (έχει βρεθεί σε περιπτώσεις που το άτομο προσπαθεί ενεργά να καταστείλει μία απόκριση ή δράση)</li></ul>

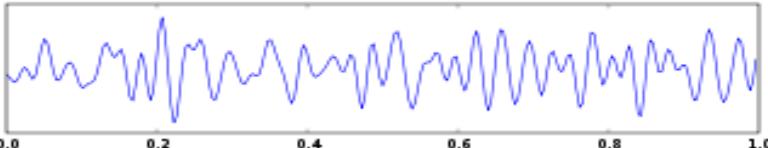
# EEG - Συχνοτικό περιεχόμενο

## Εγκεφαλικοί ρυθμοί

<b>Αλφα</b>	8 – 15	Οπίσθιες περιοχές του εγκεφάλου, και από τις δύο πλευρές, μεγαλύτερο σε πλάτος στην κυριαρχη πλευρά (ανάλογα με την δράση). Παρατηρείται σε κεντρικές περιοχές (C3, C4) σε ανάπausη	<ul style="list-style-type: none"><li>• κανονικός και ρυθμικός</li><li>• αργά και συγχρονισμένα κύματα που αντιστοιχούν σε κατάσταση «ηρεμίας»</li><li>• σχετίζεται με τον έλεγχο των καταστάσεων αναστολής, φαινομενικά με σκοπό τον χρονισμό των ανασταλτικών λειτουργιών κατά μήκος όλου του εγκεφάλου</li></ul>
-------------	--------	---	---



<b>Βήτα</b>	16 – 31	Και στις δύο πλευρές, συμμετρική κατανομή, πιο συχνά εντοπίσιμο σε μπροστινές περιοχές. Κύματα χαμηλού πλάτους.
-------------	---------	---

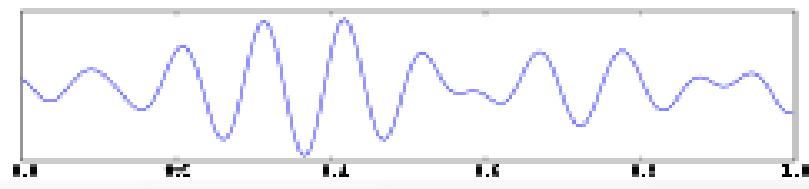
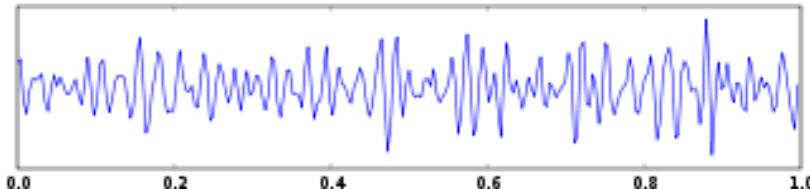


- περισσότερο ανώμαλα από τα Άλφα
- ενεργή σκέψη, συγκέντρωση, κατάσταση υψηλής εγρήγορσης-άγχους
- διάφορα επίπεδα έντασης: ενεργός αλλά ήρεμος -> έντονη δράση -> στρεσαρισμένος -> έμμονος

# EEG - Συχνοτικό περιεχόμενο

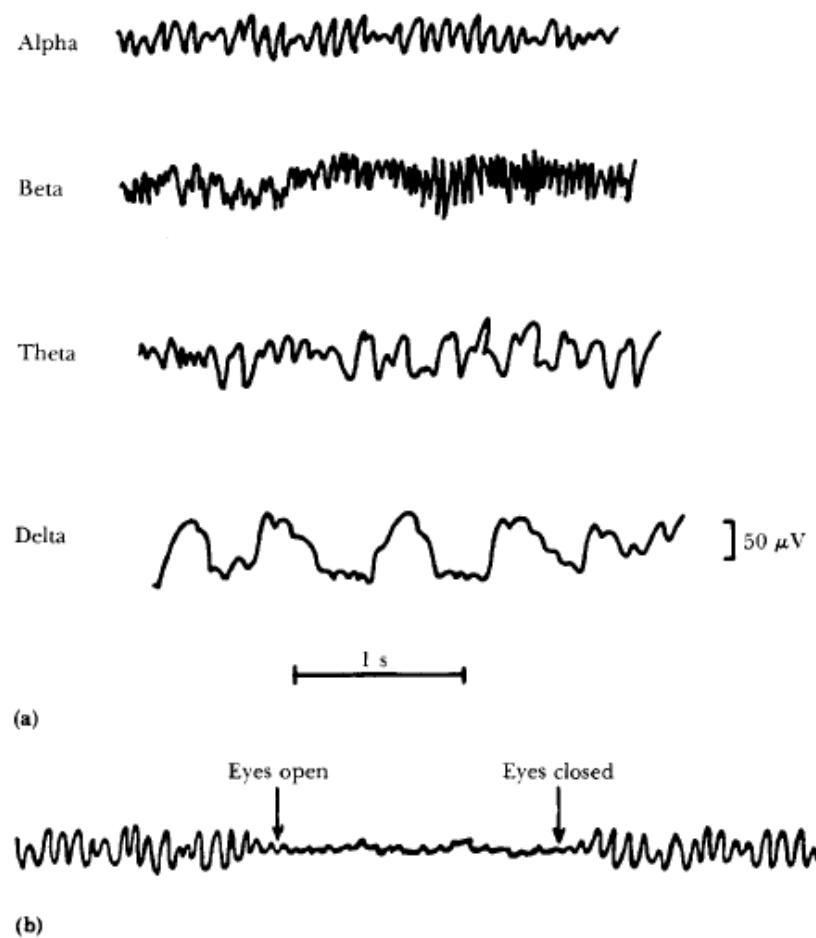
## Εγκεφαλικοί ρυθμοί

<u>Γάμμα</u>	32 +	Σωματοαισθητικό (somatosensory) φλοιό	<ul style="list-style-type: none"><li>Εμφανίζεται κατά την διάρκεια αισθητηριακής επεξεργασίας που συνδυάζει τουλάχιστον 2 αισθήσεις</li><li>Επίσης εμφανίζεται κατά την διάρκεια της αντιστοίχησης της βραχείας μνήμης από αντικείμενα που είναι γνώριμα, ήχους ή απτικά ερεθίσματα</li></ul>
<u>Mou</u>	8 – 12	αισθητικοκινητικό (sensorimotor) φλοιό	<ul style="list-style-type: none"><li>Δείχνει ότι οι κινητικοί (motor) νευρώνες είναι σε κατάσταση ανάπauσης</li></ul>



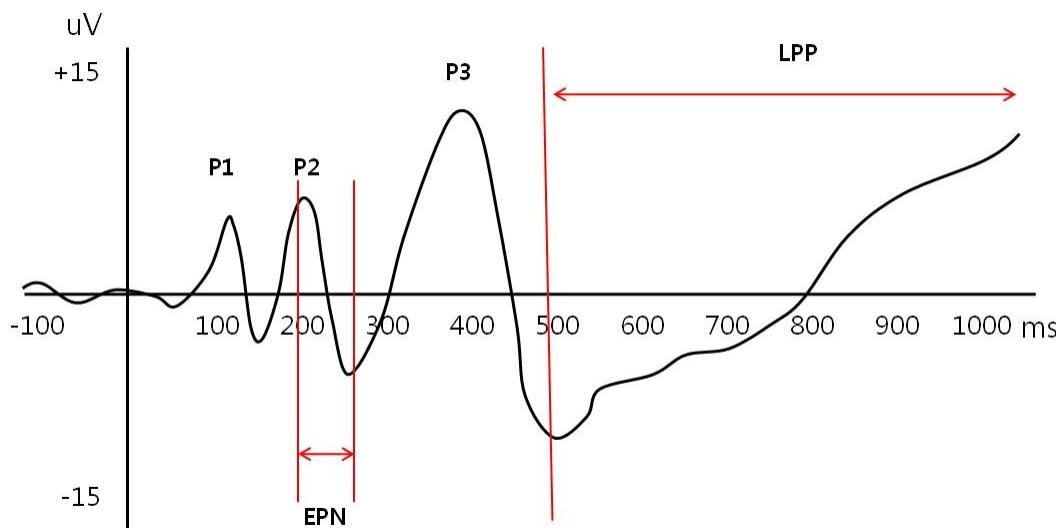
# EEG - Συχνοτικό περιεχόμενο

## Εγκεφαλικοί ρυθμοί



# Event Related Potentials

Έτσι ονομάζονται οι μετρούμενες από ηλεκτροεγκεφαλογράφο αντιδράσεις του εγκεφάλου σε ένα συγκεκριμένο ερέθισμα που σχετίζεται είτε με εξωτερική (Evoked Potentials) είτε με νοητική δραστηριότητα (Emitted Potentials). Εδώ ασχολούμαστε με τα πρώτα. Κάθε κυματομορφή ERP αποτελείται από μια σειρά θετικές ή αρνητικές κορυφές τάσης. Στα κύματα αυτά που συνθέτουν την κυματομορφή ERP αναφερόμαστε με ένα γράμμα (N/P) που δείχνει την πολικότητα (negative/positive) και με ένα αριθμό που υποδεικνύει σε πόσα ms μετά την εμφάνιση του ερεθίσματος παρατηρείται η συγκεκριμένη κορυφή.

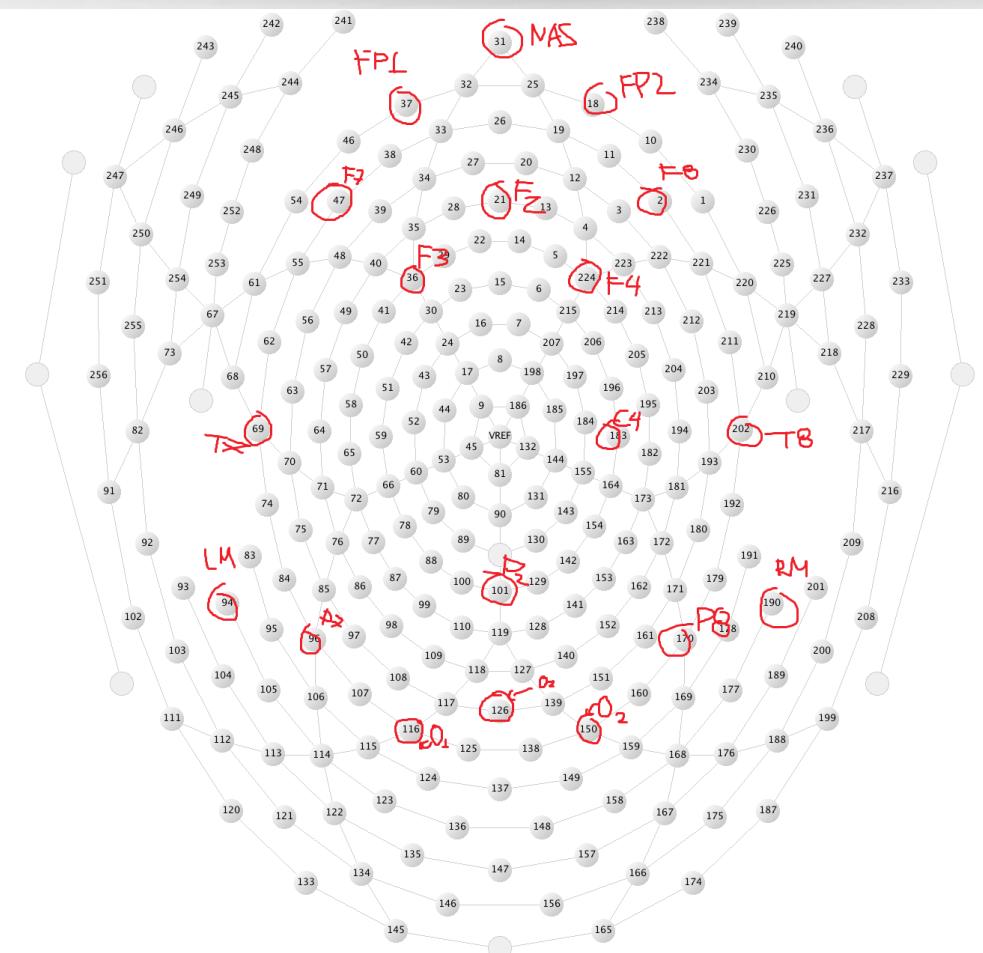


# Event Related Potentials

Τα ERPs εκτός από τον χρονικό εντοπισμό, έχουν και χωρικό εντοπισμό στον εγκέφαλο. Αυτός εξαρτάται από την θέση των πηγών των ERPs εντός του εγκεφάλου, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν σαν ηλεκτρικά δίπολα. Πολλές φορές κάποιο ERP μπορεί να εξουδετερωθεί από κάποια άλλη δραστηριότητα, και να μην εμφανιστεί σε κάποιες περιοχές που θα το αναμέναμε, στο χρονικό παράθυρο που το αναμέναμε. Για τον χωρικό, εκτός από τον χρονικό, εντοπισμό των ERPs χρειάστηκε αρκετή έρευνα, και σύγκριση μεταξύ περιοχών που μετρήθηκαν και αποτελεσμάτων σε αρκετές εργασίες. Ο χρονικός εντοπισμός ήταν πιο εύκολο να διαπιστωθεί.

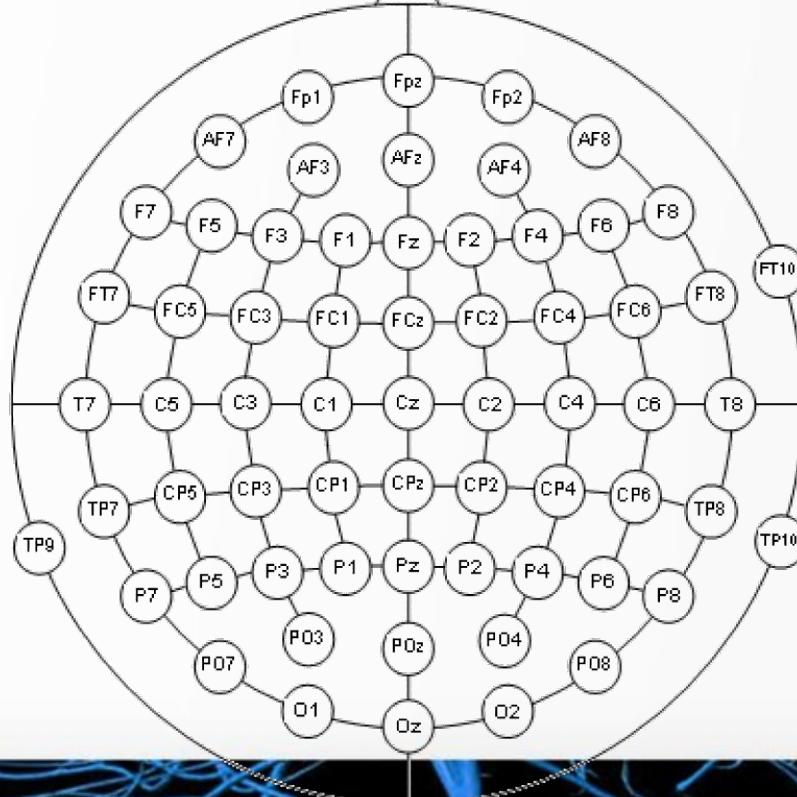
Σημαντικό είναι να αντιστοιχήσουμε τα δικά μας κανάλια με αυτά που αναφέρονταν στις πηγές. Εμείς χρησιμοποιούμε σύστημα 256 ηλεκτροδίων, για το οποίο μας δίνεται μία αντιστοίχηση με ηλεκτρόδια σε άλλα συστήματα λιγότερων ηλεκτροδίων.

# Event Related Potentials



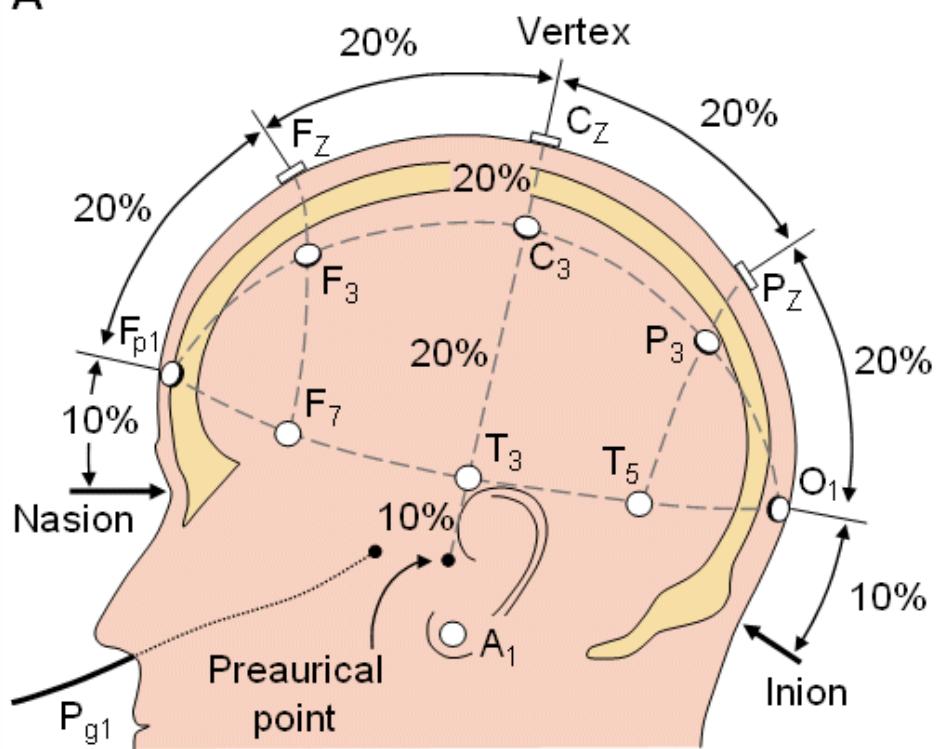
# Event Related Potentials

Οι περισσότερες πηγές που μελετήσαμε είχαν αναφορά σε κάποιο σύστημα 64 ηλεκτροδίων, με λιγότερα σε σύστημα 32 και ακόμα λιγότερα σε σύστημα 128 ηλεκτροδίων. Για την αντιστοίχηση χρησιμοποιήθηκε κυρίως το επόμενο σχήμα (extended 10-20 system):

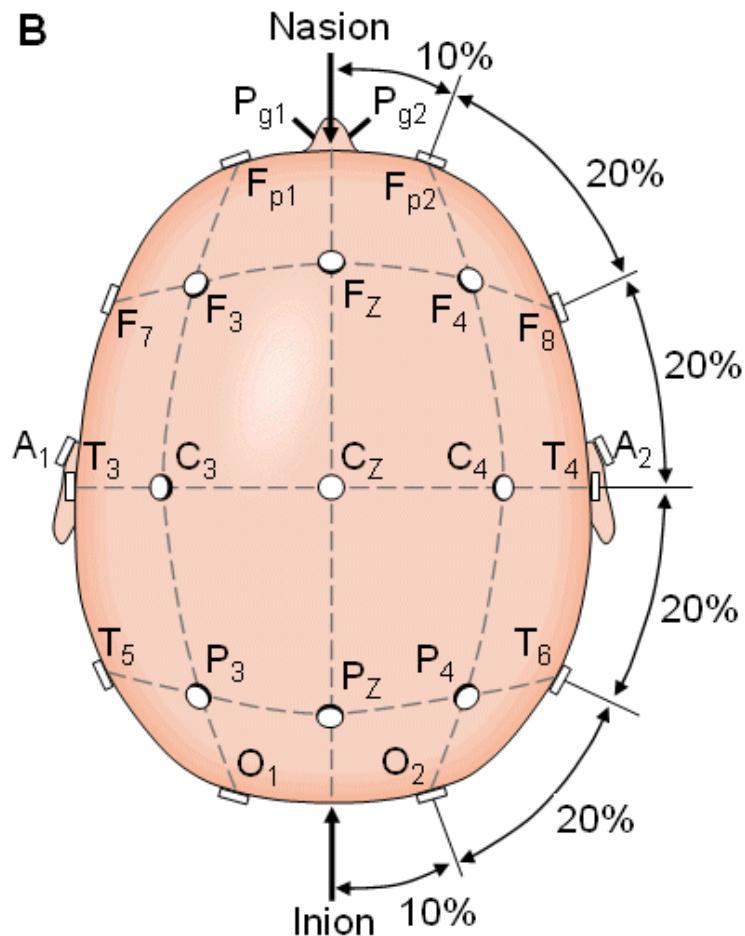


# Event Related Potentials

A



B



# Event Related Potentials

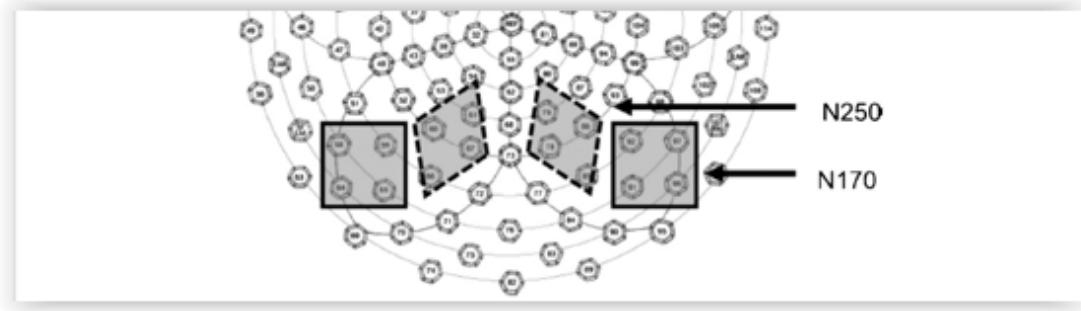
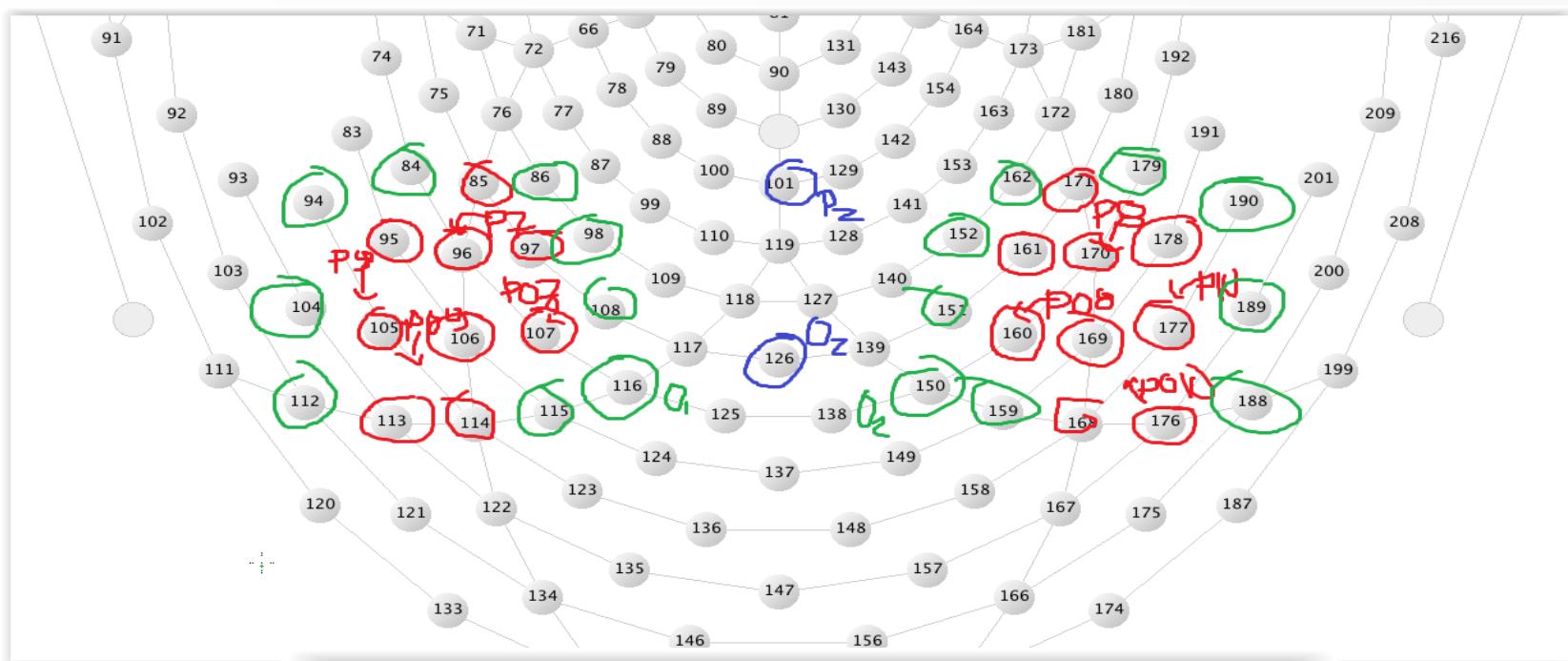
## N170

Πρόκειται για ένα κύμα που παρατηρείται κυρίως από τις διεργασίες των νευρώνων του εγκεφάλου που προκύπτουν ως αντίδραση στην όψη ενός προσώπου. Οι περισσότερες μελέτες δείχνουν ότι το κύμα N170 παρουσιάζει πολύ εντονότερη αρνητική κορυφή μεταξύ του χρονικού διαστήματος 120-220 ms. Η σύνδεση που έχει παρατηρηθεί με την εμφάνιση του N170 και το οπτικό ερέθισμα απλών σχημάτων είναι πολύ μικρή.

Το N170 εμφανίζεται στις πλευρικές βρεγματικές (parietal) και ινιακές (occipital) περιοχές, και όχι στο κέντρο ανάμεσά τους καθώς εκεί εξουδετερώνεται από άλλες δραστηριότητες. Σε πολλές πηγές αναφέρεται ότι εμφανίζεται εντονότερο στην δεξιά περιοχή του εγκεφάλου.

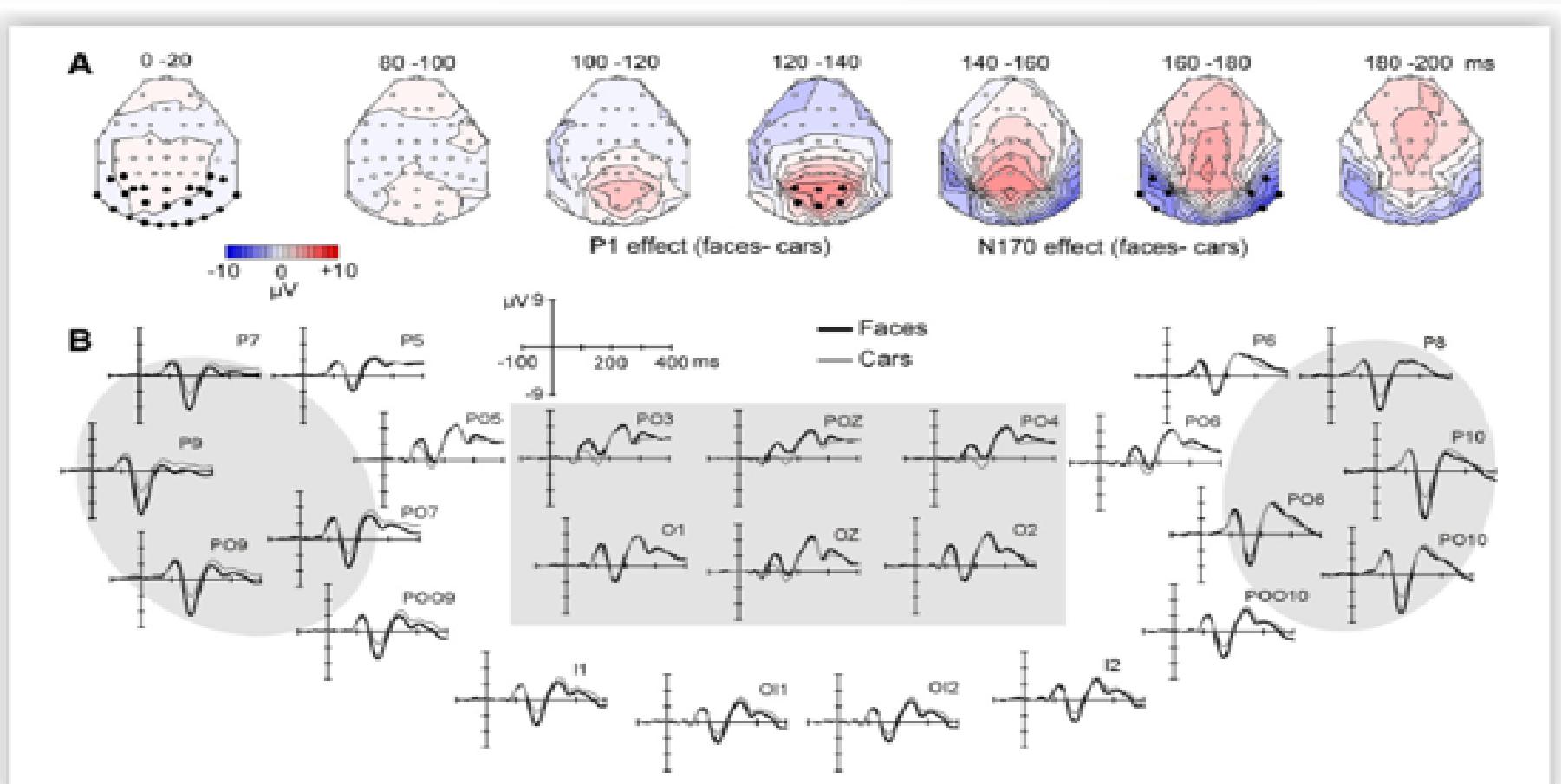
# Event Related Potentials

N170



# Event Related Potentials

## N170



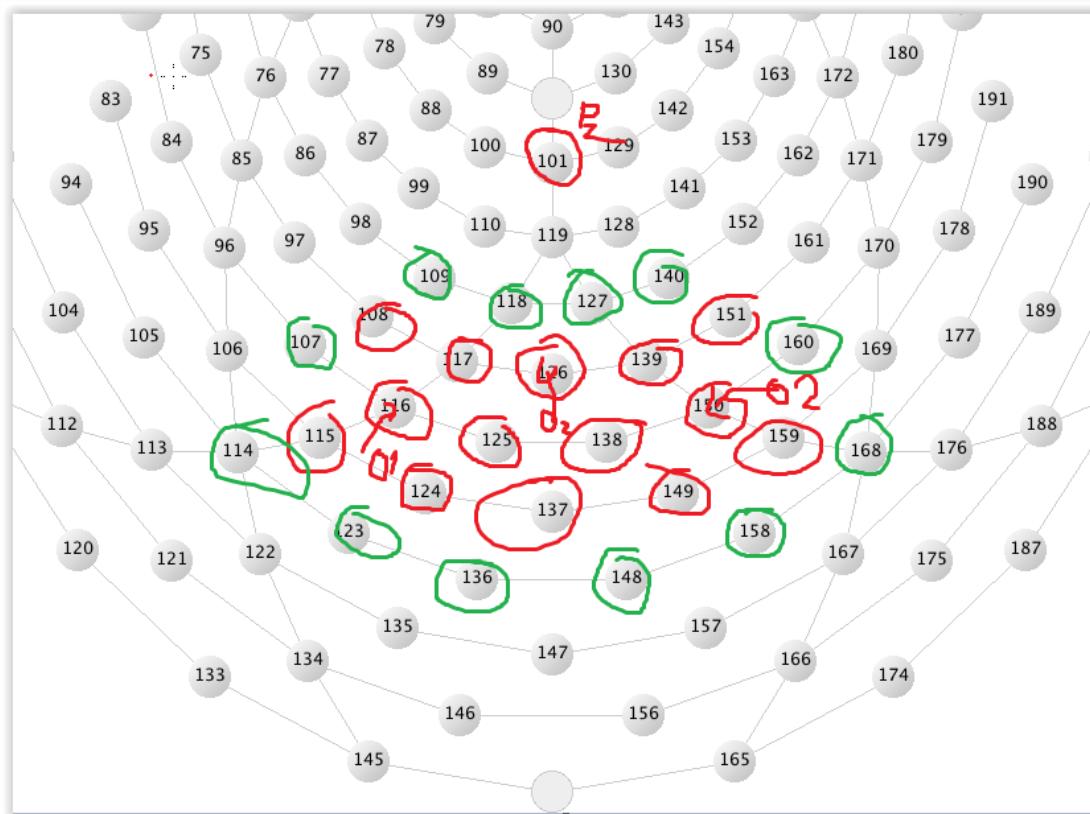
# Event Related Potentials

## ΕΡΝ (ή Ν260)

Εντοπίζεται χρονικά στο παράθυρο των 225-300ms, σε πλευρικές και κεντρικές ινιακές περιοχές. Συσχετίζεται με την ενεργοποίηση σε ερεθίσματα που μπορεί να έχουν ευχάριστο ή δυσάρεστο συναισθηματικό περιεχόμενο (φόβος, αηδία). Ίσως αφορά μέρος της «κατευθυνόμενης από φυσική εξέλιξη προσοχής», με κέντρα που σχετίζονται με τα κίνητρα να εμπλέκονται, ώστε να λαμβάνονται αποφάσεις όπως προσέγγιση και αποφυγή. Για παράδειγμα, διαπιστώνεται διαφορετική ένταση απόκρισης σε πειράματα όπου τα υποκείμενα (άνθρωποι) έβλεπαν εικόνες από χελώνες (ακίνδυνο), αράχνες (ελαφρώς επικίνδυνο) και φίδια (εξαιρετικά επικίνδυνο). Υπάρχουν υποθέσεις ότι το ΕΡΝ είναι το πίσω μέρος ενός διπόλου που έχει μπροστινό μέρος το LPP, όμως αυτές χρειάζονται περισσότερη διερεύνηση καθώς υπάρχουν και δεδομένα που το διαψεύδουν αυτό.

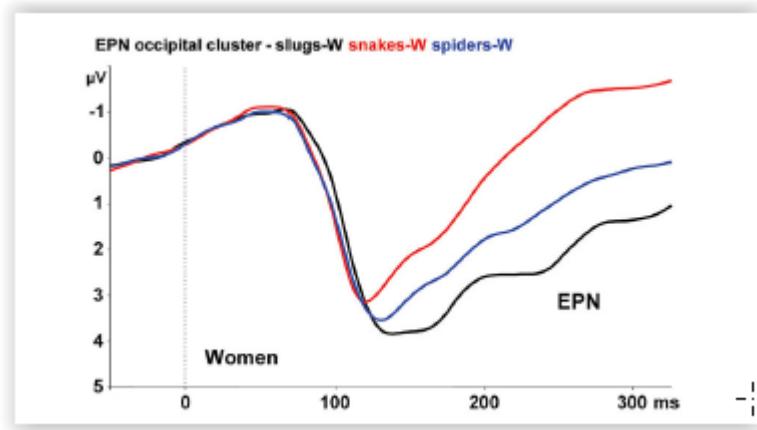
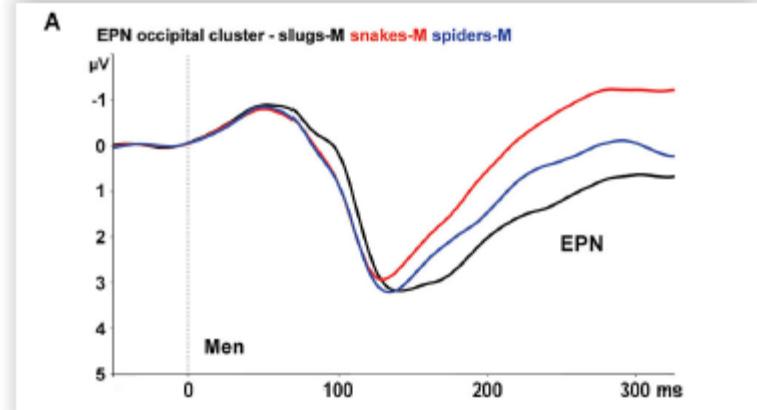
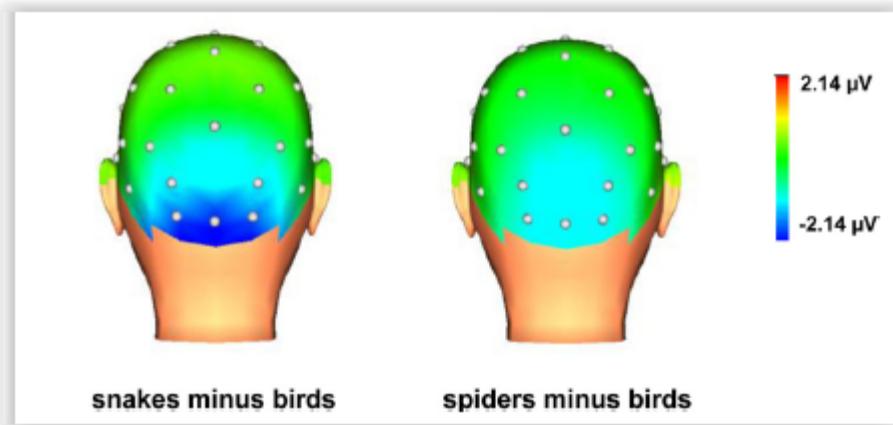
# Event Related Potentials

## EPN ( $\eta$ N260)



# Event Related Potentials

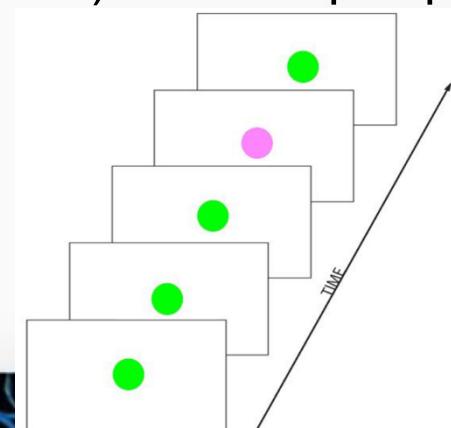
## EPN ( $\eta$ N260)



# Event Related Potentials

## P300

Παρατηρείται κατά τη διαδικασία λήψης αποφάσεων. Θεωρείται ενδογενούς δυναμικού, δηλαδή δεν σχετίζεται με τα φυσικά χαρακτηριστικά της διέγερσης αλλά με το πώς αντιδράει ο εγκέφαλος σε αυτή. Παρατηρείται περίπου στα 250-500 ms από τη διέγερση. Το κύμα αυτό παρατηρείται όταν το άτομο καλείται να συμμετέχει ενεργά σε μία διαδικασία που έπεται του ερεθίσματος όπως η επιλογή ή αναγνώριση κάποιας εικόνας, ήχου κλπ. Το πείραμα για την παρατήρηση του P300 κύματος είναι γνωστό ως “oddball paradigm” και χρησιμοποιείται για να διεγείρει νευρικές αντιδράσεις που προκαλούνται από γεγονότα (εικόνες, ήχους κλπ) που δεν μπορούν να προβλεφθούν, είναι όμως αναγνωρίσιμα.



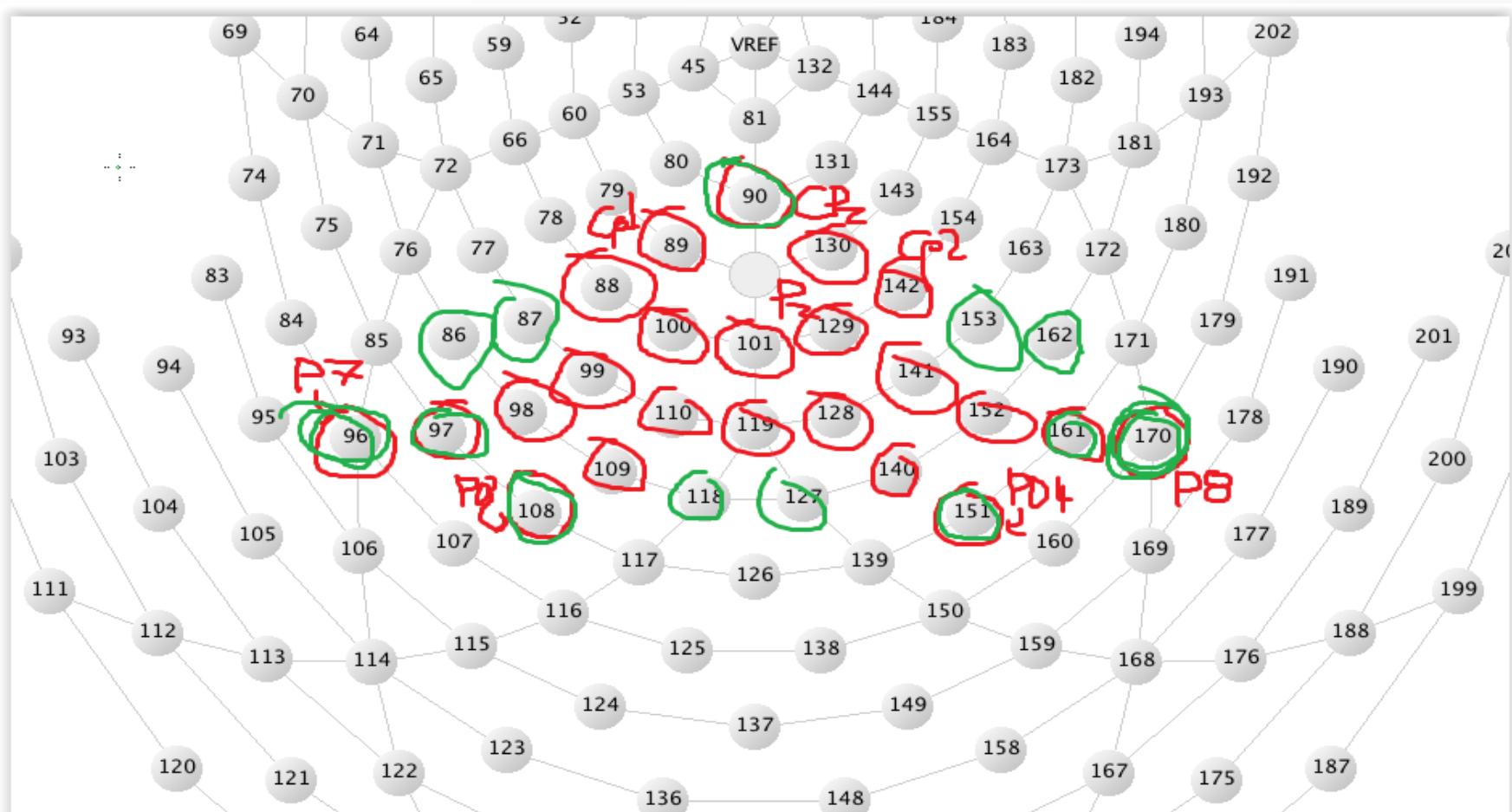
# Event Related Potentials

## P300

Υπάρχουν δύο εκδοχές του P300, η μεν P3b είναι η συχνότερη και η περιγραφή της είναι η παραπάνω καθώς σχεδόν πάντα, όταν λέμε P300 αναφερόμαστε σε αυτήν, που εμφανίζεται με μεγαλύτερα πλάτη στο βρεγματικό (parietal) λοβό του εγκεφάλου, ενώ υπάρχει και η P3a η οποία σχετίζεται με την εμφάνιση πρωτόγνωρων διεγέρσεων (novelty) καθώς και με την περιήγηση σε ένα χώρο και στην οποία ενεργοποιείται κυρίως ο εμπρόθιος και κεντρικός (frontocentral) λοβό. Στην περίπτωσή μας, μας ενδιαφέρει μόνο η πρώτη περίπτωση.

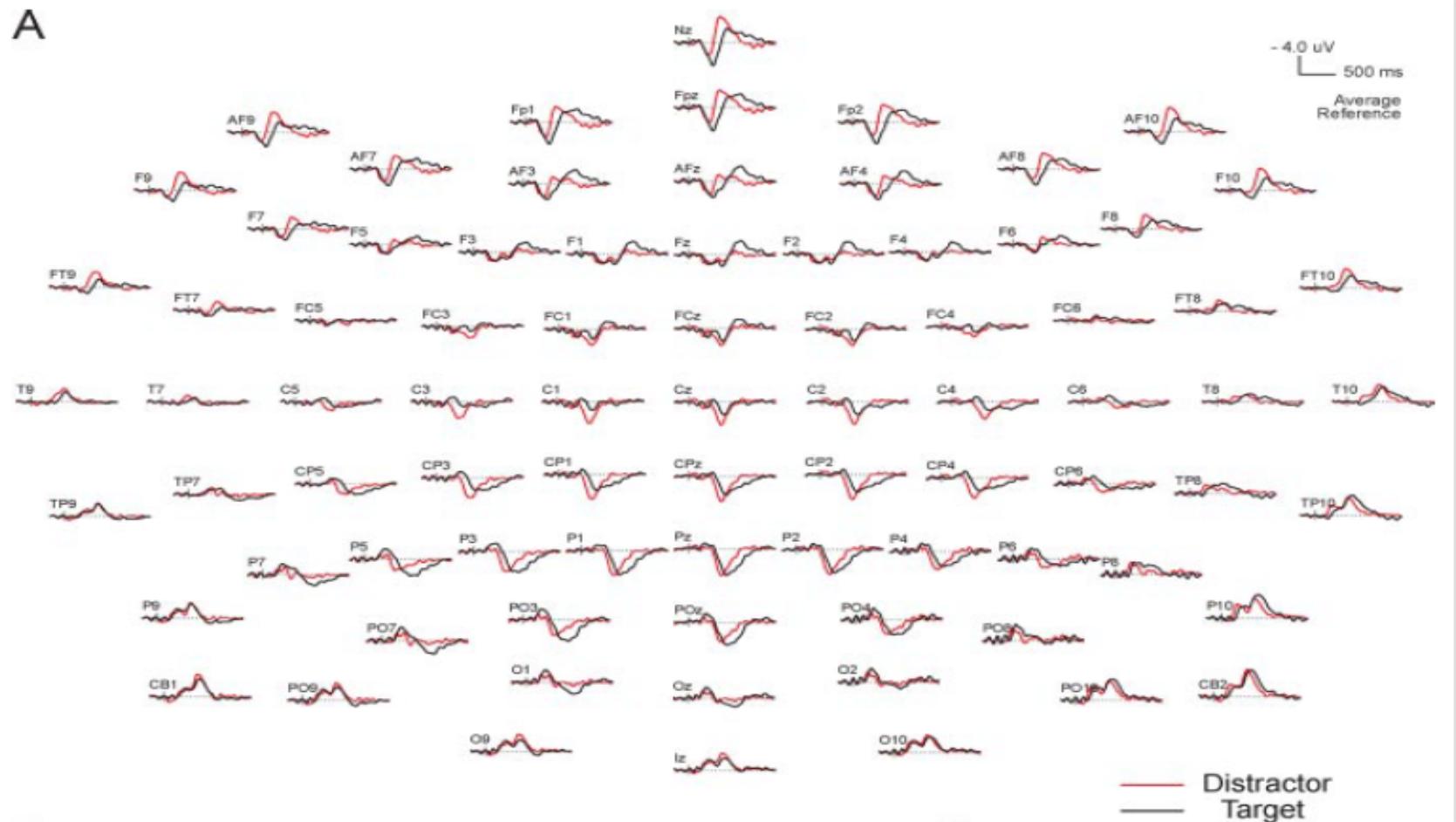
# Event Related Potentials

P300



# Event Related Potentials

## P300



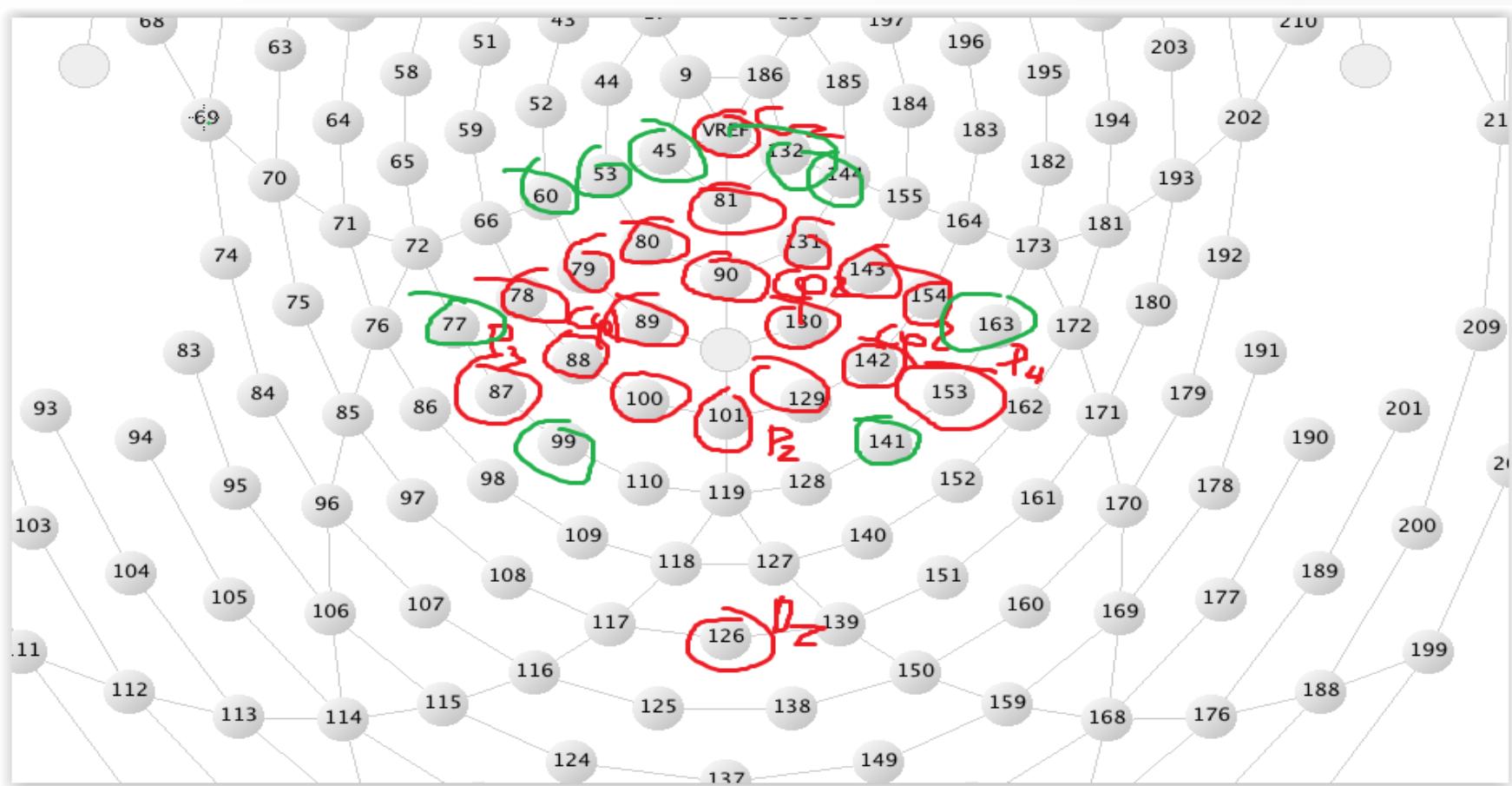
# Event Related Potentials

## LPP

Εντοπίζεται χρονικά στο παράθυρο των 500-800ms, σε κεντρο-πλευρικές (centro-parietal) περιοχές. Παρατηρείται σε αρκετά ενδεχόμενα που παρατηρείται και το EPN. Μπορεί χωριστεί σε μικρότερα δυναμικά, όπως το P600 που συμμετέχει στην επεξεργασία των ερεθισμάτων κατά την διάρκεια την αναγνώρισης-ανάκλησης από την μνήμη. Γενικά το LPP μπορεί να διευκολύνει την αντίληψη του συναισθηματικού περιεχομένου ενός ερεθίσματος, ενώ υπάρχουν υποθέσεις ότι εμφανίζεται κατά την διάρκεια πρωτόγνωρων διεγέρσεων, όπως το P3a. Επίσης θεωρείται ότι αποτελεί ένδειξη για το μέγεθος της συναισθηματικής ενεργοποίησης, καθώς το πλάτος τους μεγαλώνει όσο μεγαλύτερο είναι το συναισθηματικό περιεχόμενο του ερεθίσματος.

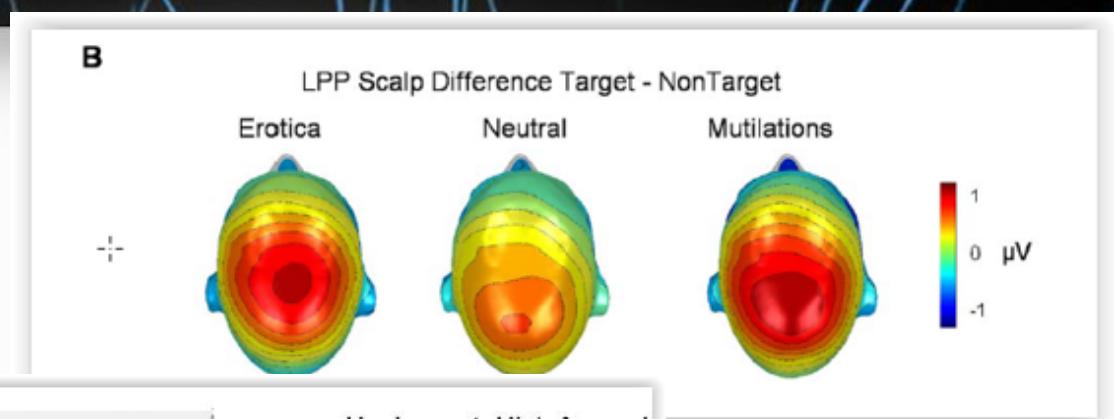
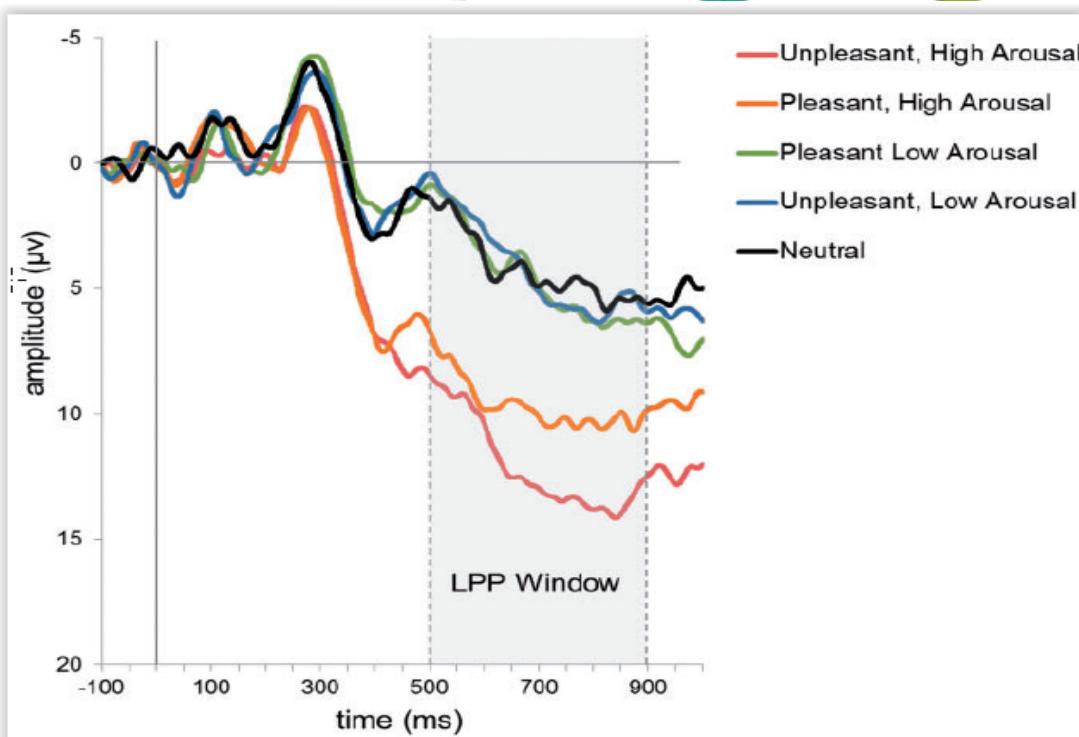
# Event Related Potentials

LPP



# Event Related Potentials

LPP



# MΣ Wavelet

**Κυματίδιο: μικρή κυματοειδής διαταραχή που ξεκινά και τελειώνει από το 0**

**Οικογένεια κυματιδίων = μητρικό κυματίδιο + μετατόπιση + κλιμάκωση**

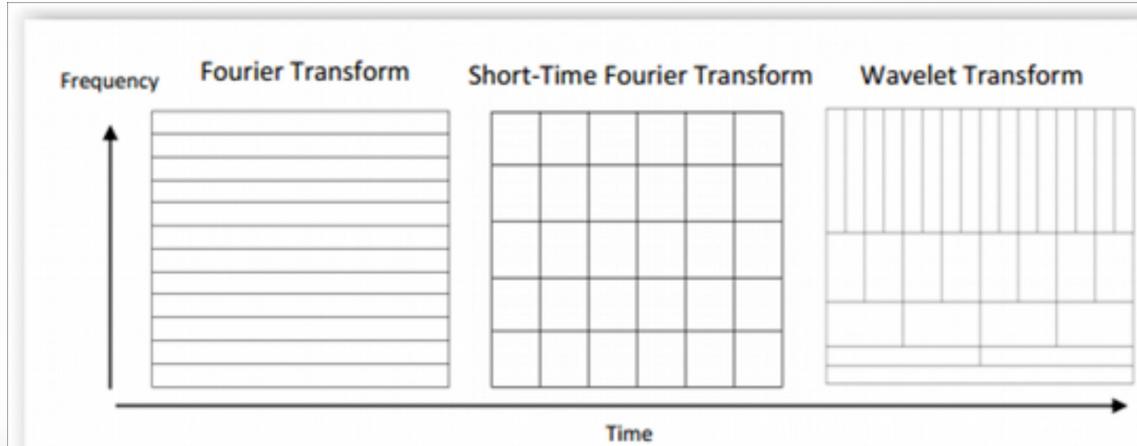
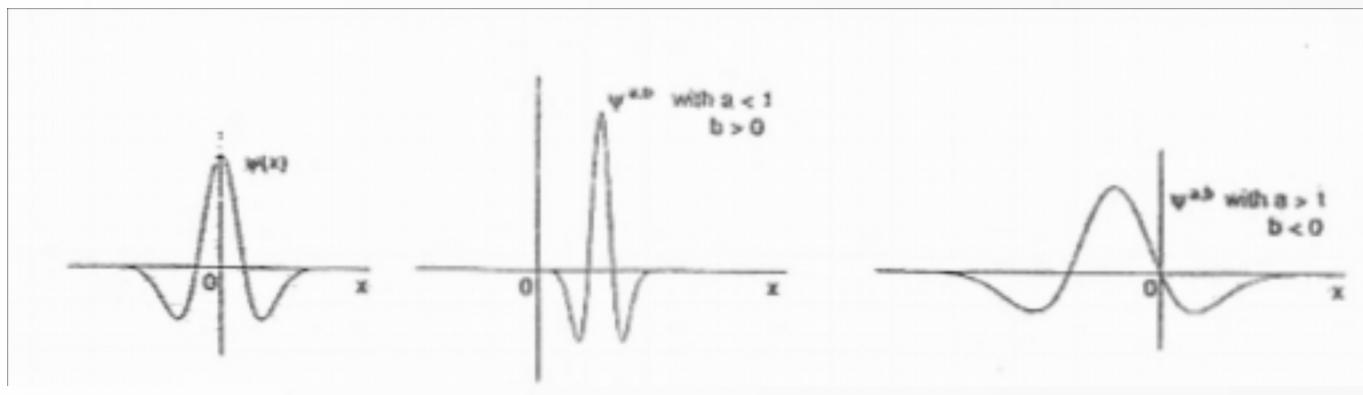
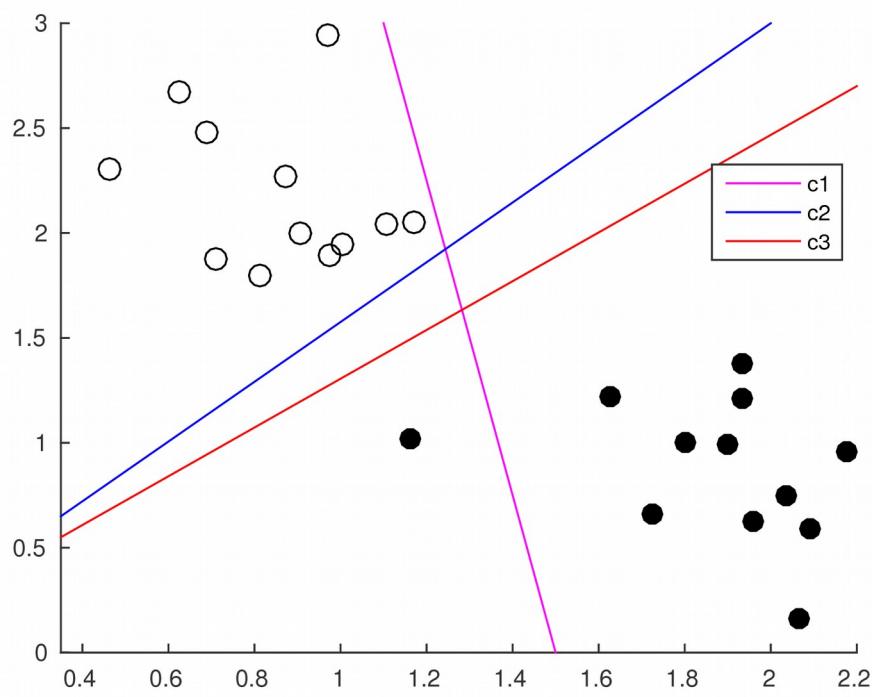


Figure 1.5 Time-frequency resolution plots

# SVM

- Supervised classifier
- 2-class (βασικά)
- Στόχος:
  - Διαστάσεις δεδομένων:  $N$
  - Εύρεση υπερεπιπέδου διάστασης  $N-1$  που “βέλτιστα” διαχωρίζει τις 2 κλάσεις

# SVM



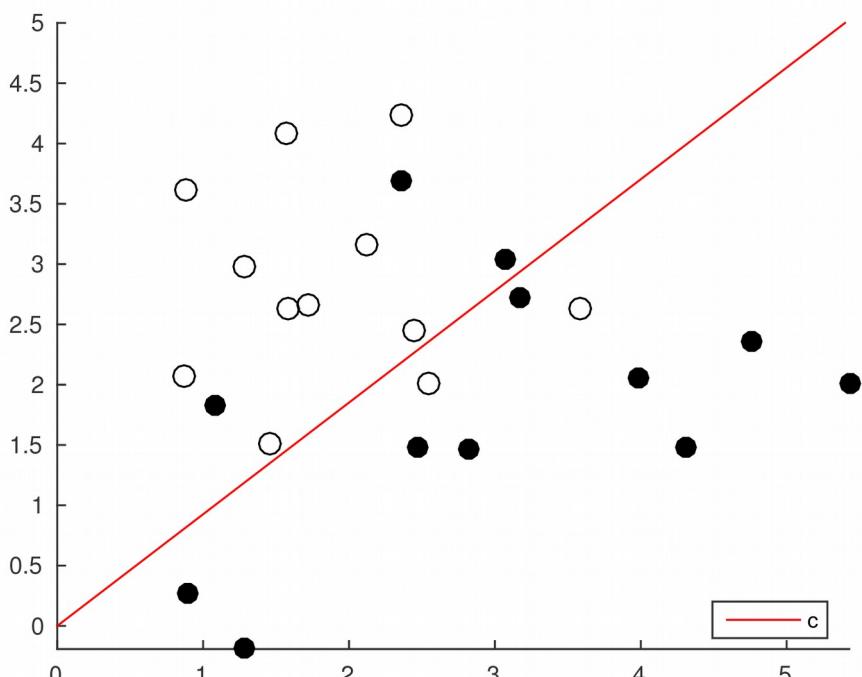
## Hard Classifier

$H_1$ : δε διαχωρίζει

$H_2$ : μικρό περιθώριο

$H_3$ : μέγιστο περιθώριο

# SVM



## Soft Classifier

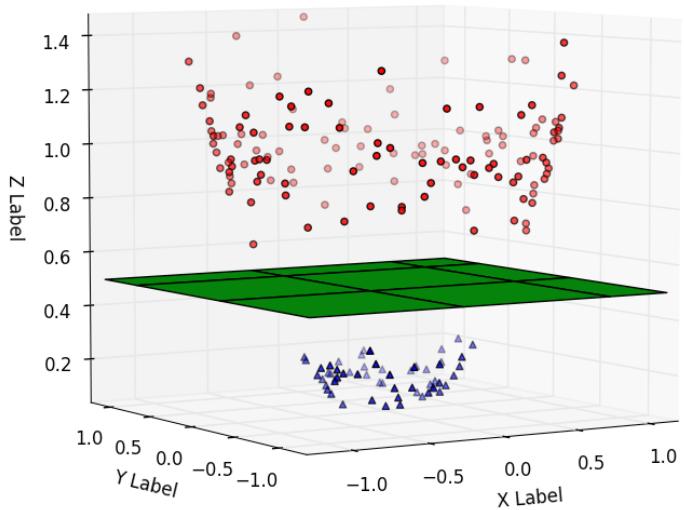
$H_1$ : δε διαχωρίζει

$H_2$ : μικρό περιθώριο

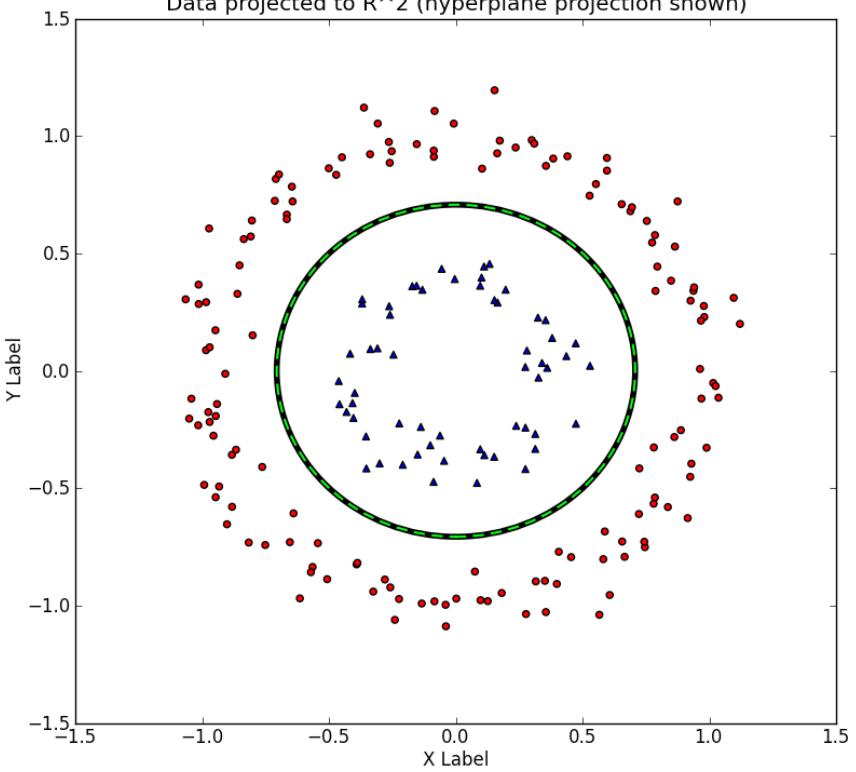
$H_3$ : μέγιστο περιθώριο

# SVM Kernels

Data in  $\mathbb{R}^3$  (separable w/ hyperplane)



Data projected to  $\mathbb{R}^2$  (hyperplane projection shown)



# ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

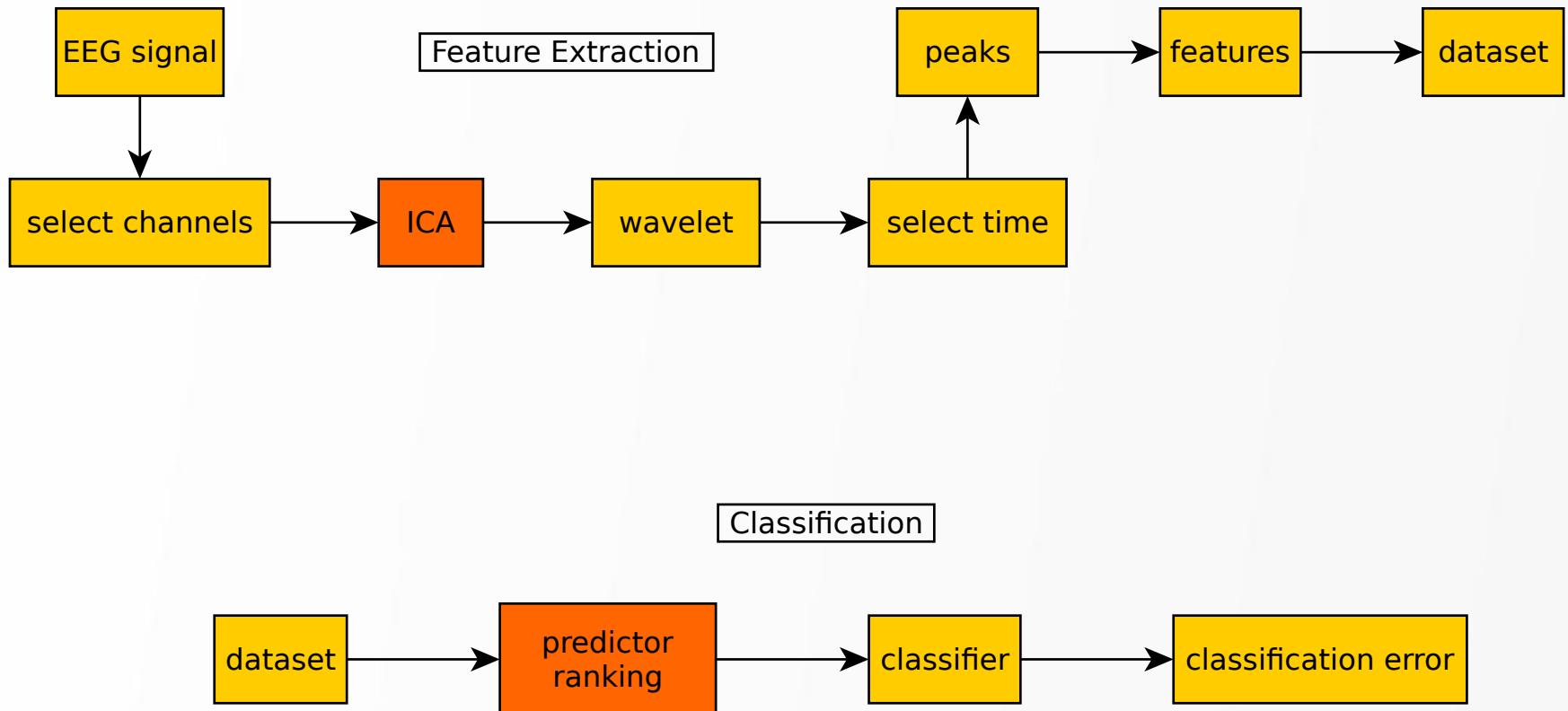


# Ορισμοί

- Σήμα
  - Τα δεδομένα του EEG
- Features/Χαρακτηριστικά
  - Η κωδικοποίηση του μετασχηματισμού wavelet μέσα από τις υψηλότερες κορυφές
- Predictor/Περιγραφέας
  - Ένα μέγεθος που περιγράφει το φαινόμενο ( $\approx$  feature)
- Observation/Παρατήρηση
  - Μια παρατήρηση του (τυχαίου) φαινομένου που μελετάμε, που απαρτίζεται από μία μέτρηση για κάθε predictor
- Dataset
  - Ένα σύνολο από παρατηρήσεις

Διαφορά μόνο  
σημασιολογική

# Απ' το σήμα στο μοντέλο bullying



# Δοκιμές

## 1. Independent Components Analysis (στο σήμα)

Blind source separation

## 2. Πλουσιότερος χαρακτηρισμός wavelet transform

1. Εξαγωγή περισσότερων κορυφών
2. Επιλογή λίγων predictors με βέλτιστη απόδοση
3. ICA στο dataset (για να γίνουν οι predictors ανεξάρτητοι)
4. Κατάταξη (ανεξάρτητων πλέον) predictors

Histogram distance metrics

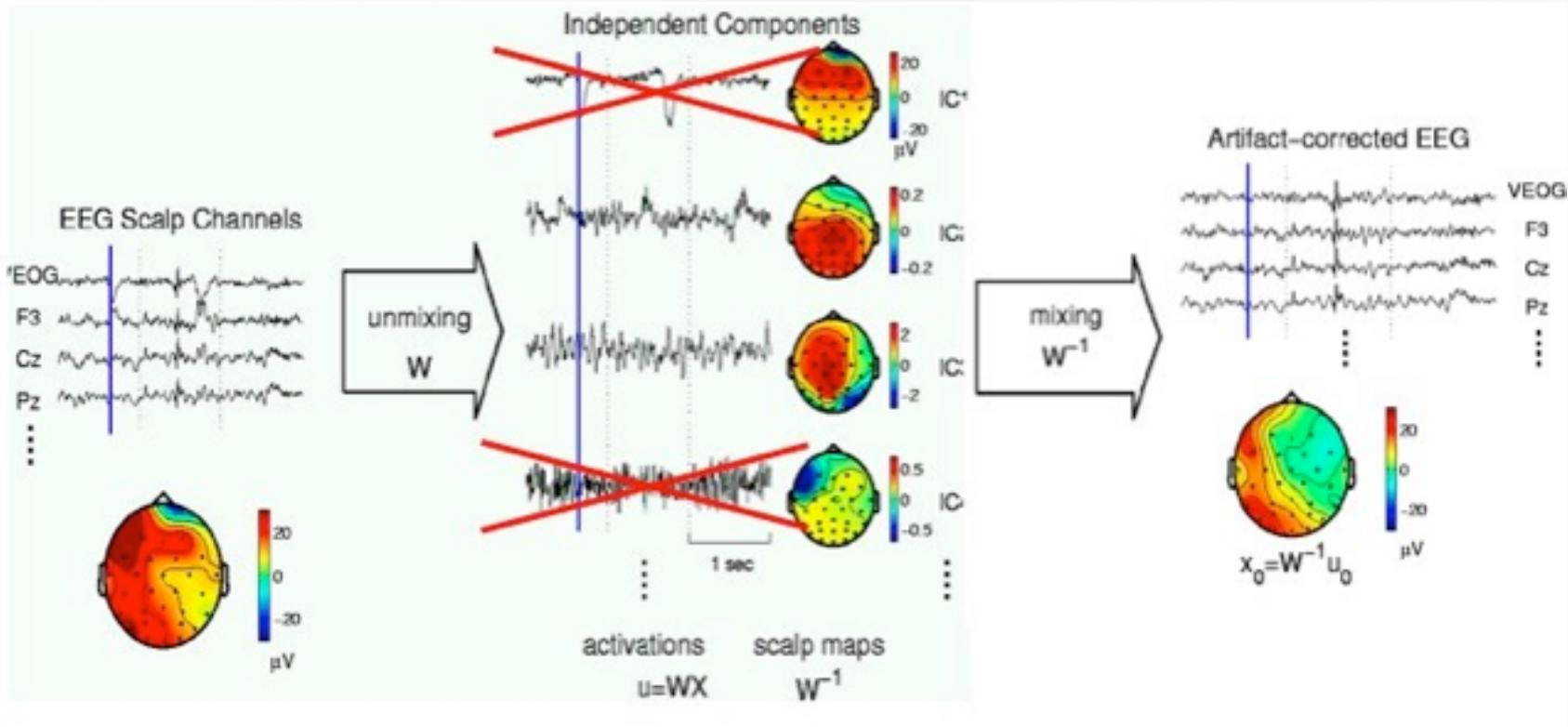
## 3. Συνδυασμός της πληροφορίας όλων των σχετικών καναλιών (αντί για χωριστές παρατηρήσεις)

# Blind Source Separation

- Cocktail party problem
  - Ν μικρόφωνα και Ν ομιλητές
  - Καταγράφονται γραμμικοί συνδυασμοί (μίξη)
  - Πώς ανακατασκευάζουμε επιμέρους φωνές (πηγές);

Υπόθεση  
Ανεξαρτησία

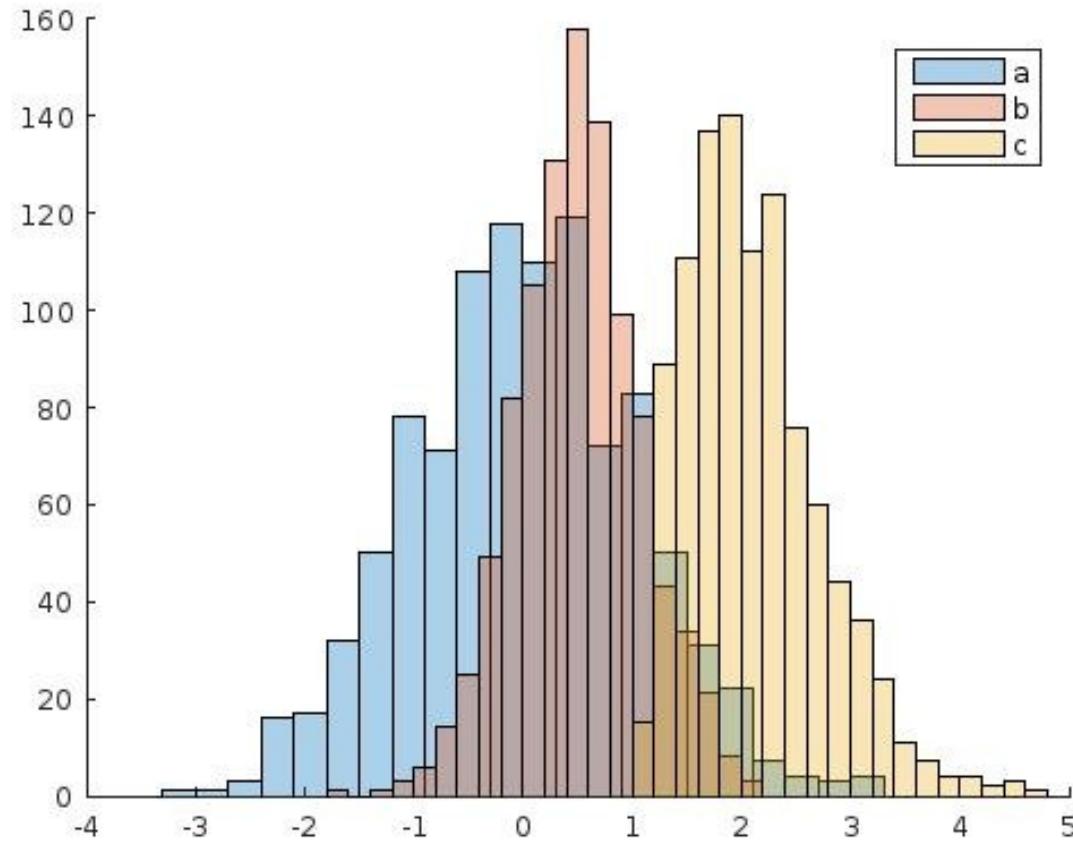
# Blind Source Separation



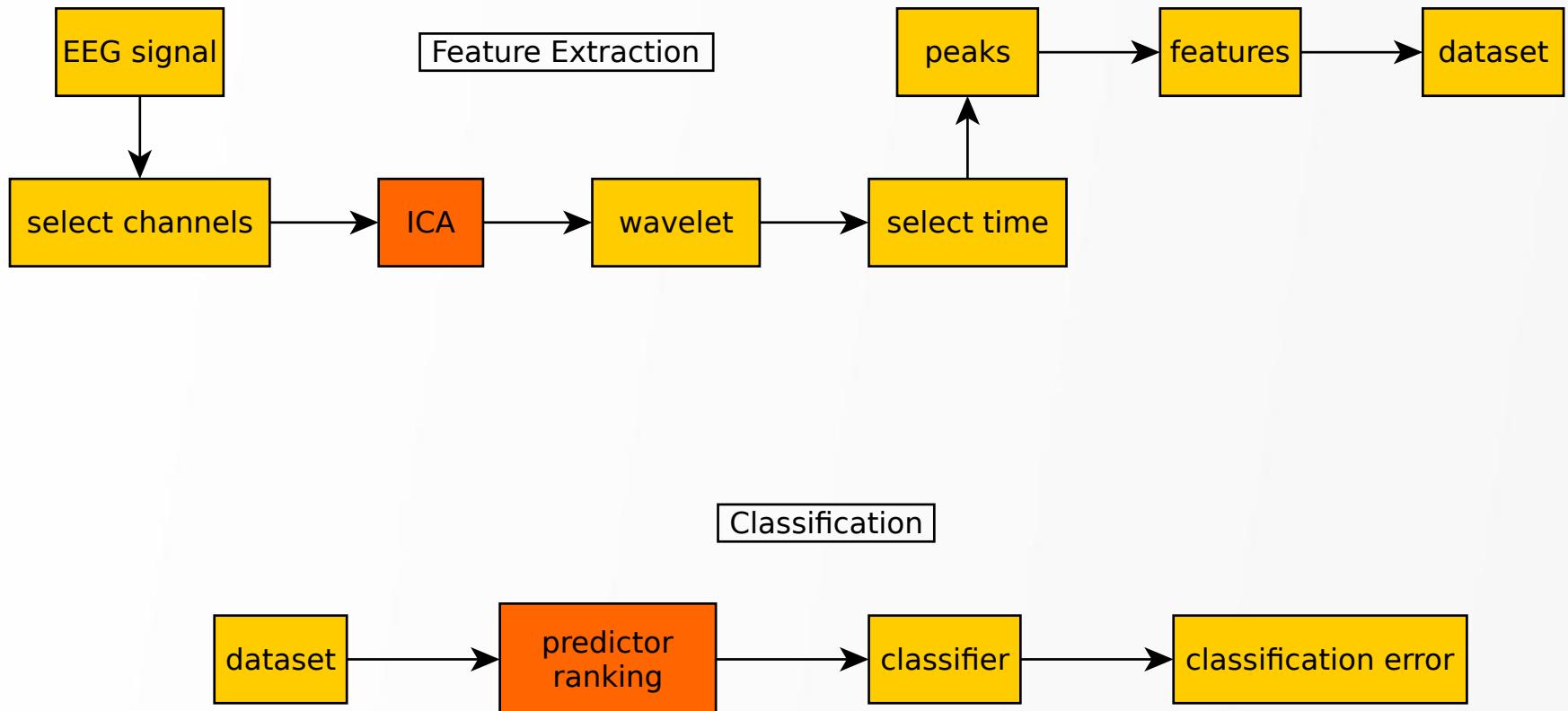
# Εμπλούτισμός Χαρακτηριστικών

- Επιλογή features: σαν περίληψη
  - Στόχος: Πληρέστερη δυνατή περιγραφή, με τα ελάχιστα δυνατά χαρακτηριστικά
  - 2 κορυφές είναι βέλτιστες; Περισσότερες κορυφές;
- Ξεκινούμε με (υπέρ-)αναλυτική περιγραφή και μετά τη συνοψίζουμε
  - ICA: ανεξαρτητοποίηση predictors
  - Κατάταξη με βάση τη διακριτική τους ικανότητα
    - Histogram distance

# Σύγκριση Ιστογραμμάτων



# Απ' το σήμα στο μοντέλο bullying



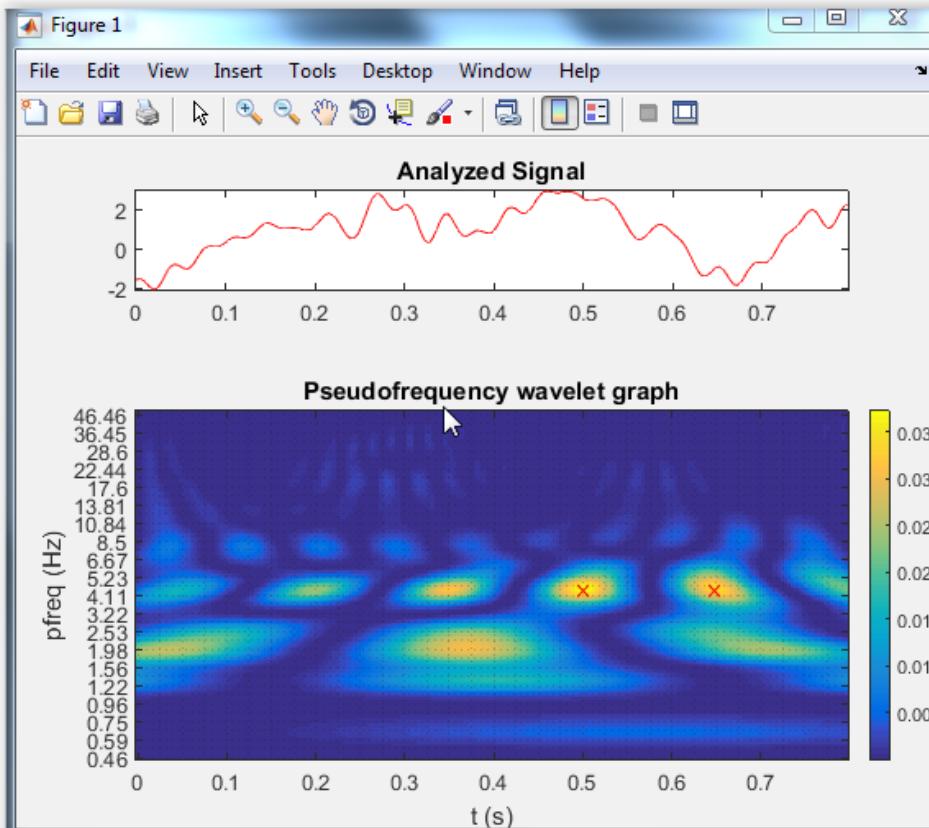
# Επιλεγμένα ERP

- Όπως αναλύθηκε, τα ERPs μας είναι:
  - EPN
  - N170
  - P300
  - LPP

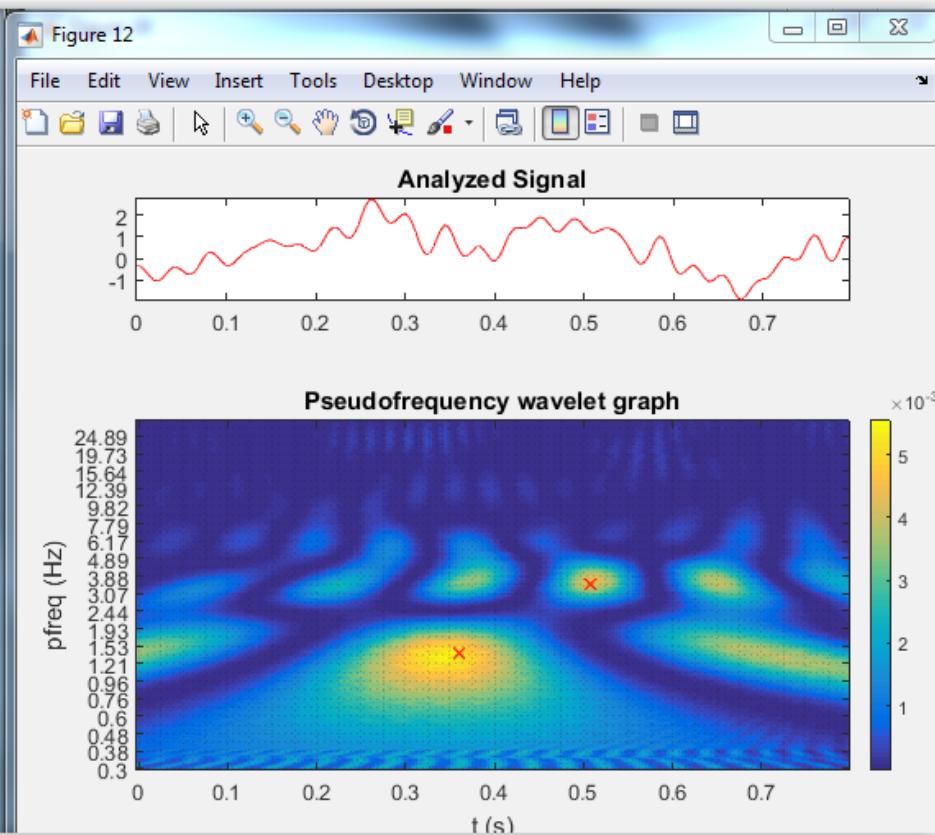
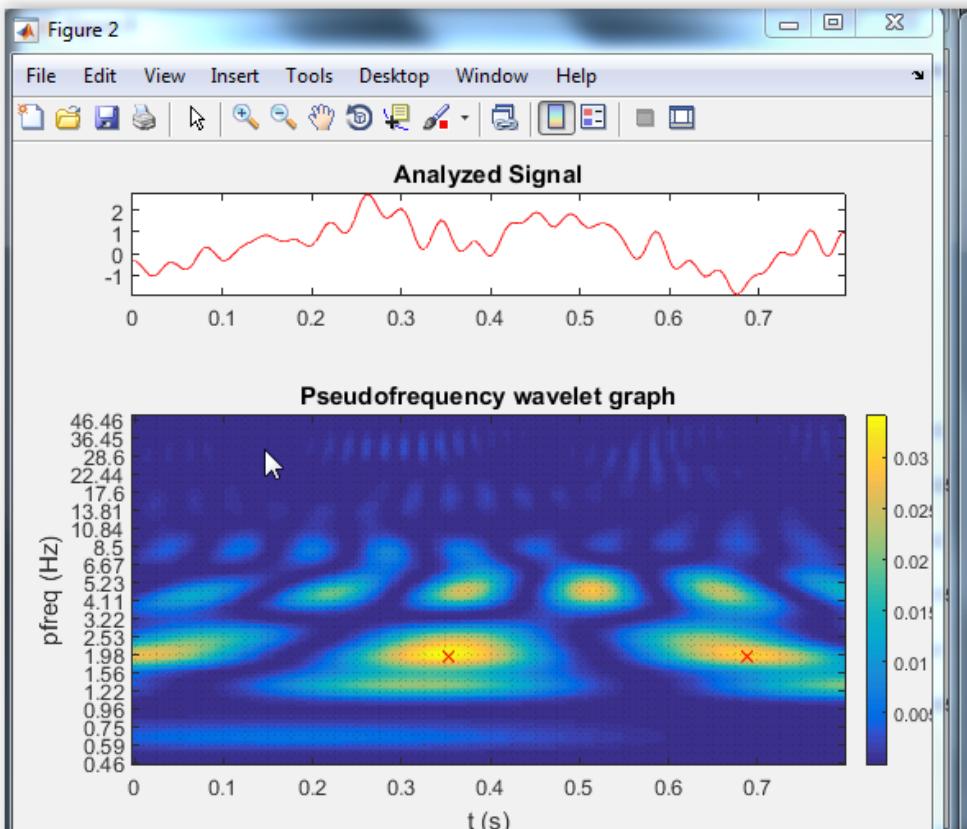
# Μετασχηματισμός Wavelet

- **cwt vs. cwtfft**
  - **cwt**
    - συνελικτική,  $O(n^2)$
    - “νερά” στις χαμηλές συχνότητες
    - Μεγάλη γκάμα mother wavelets (και pattern-based)
  - **cwtfft**
    - fft,  $O(n \log n)$
    - Διαφορετική κανονικοποίηση, πιο καθαρό αποτέλεσμα
    - Μικρή επιλογή mother wavelet: morlet, complex morlet, DOG, paul
- **Mother wavelet**
  - morlet

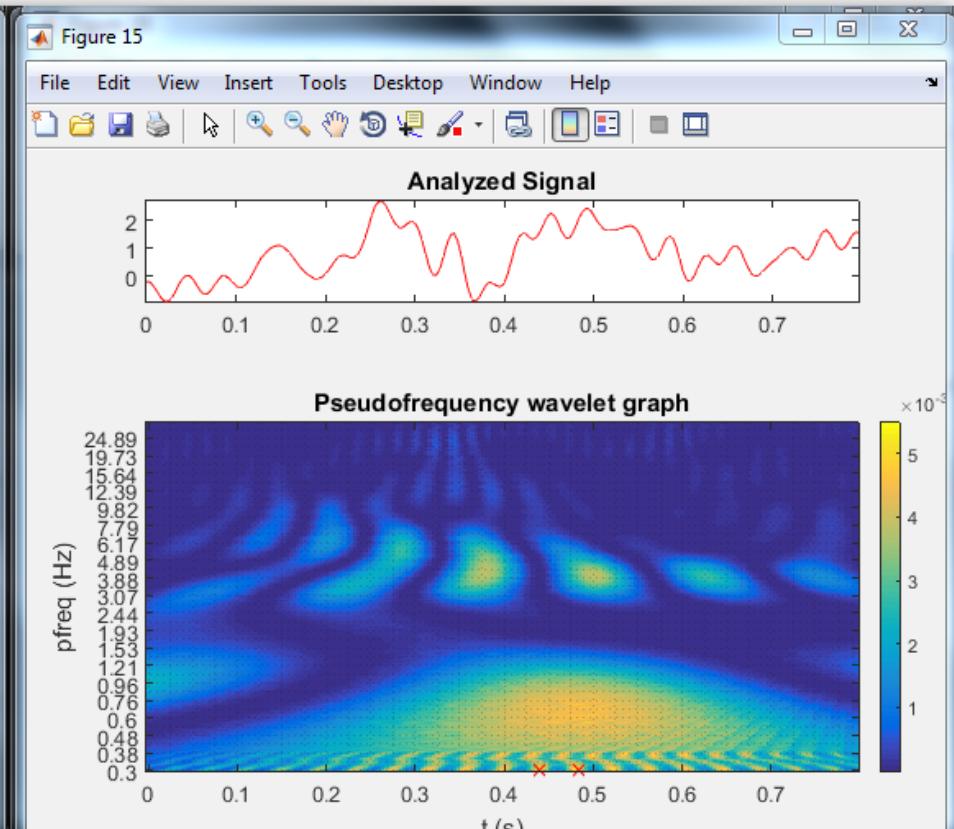
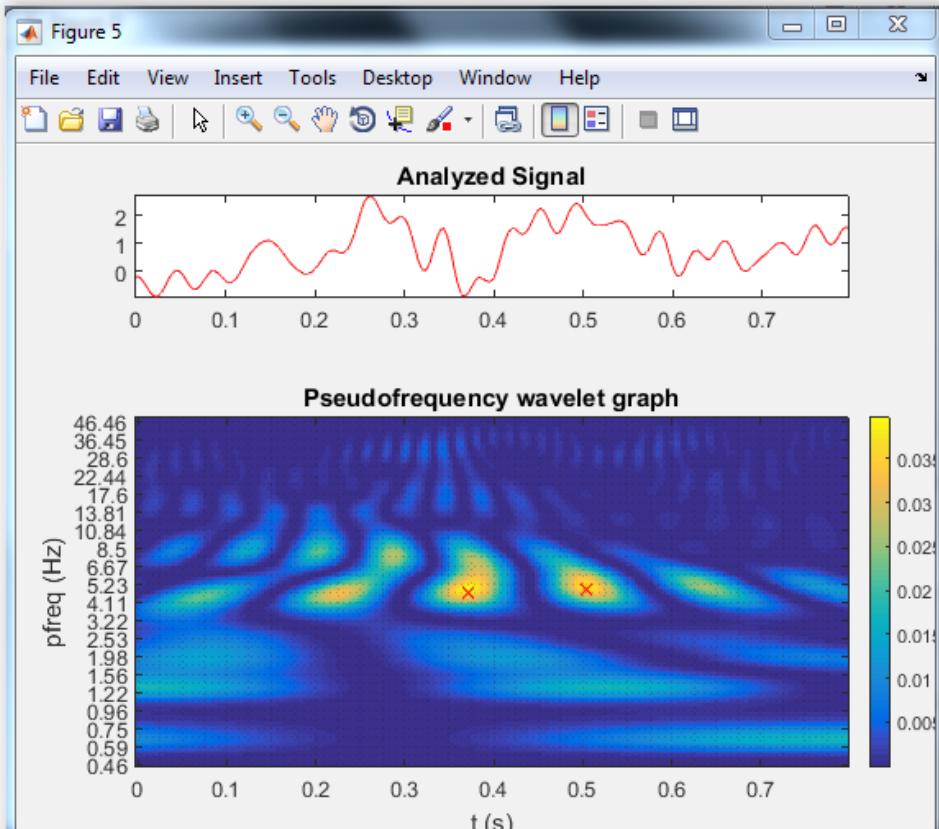
# cwtft vs. cwt



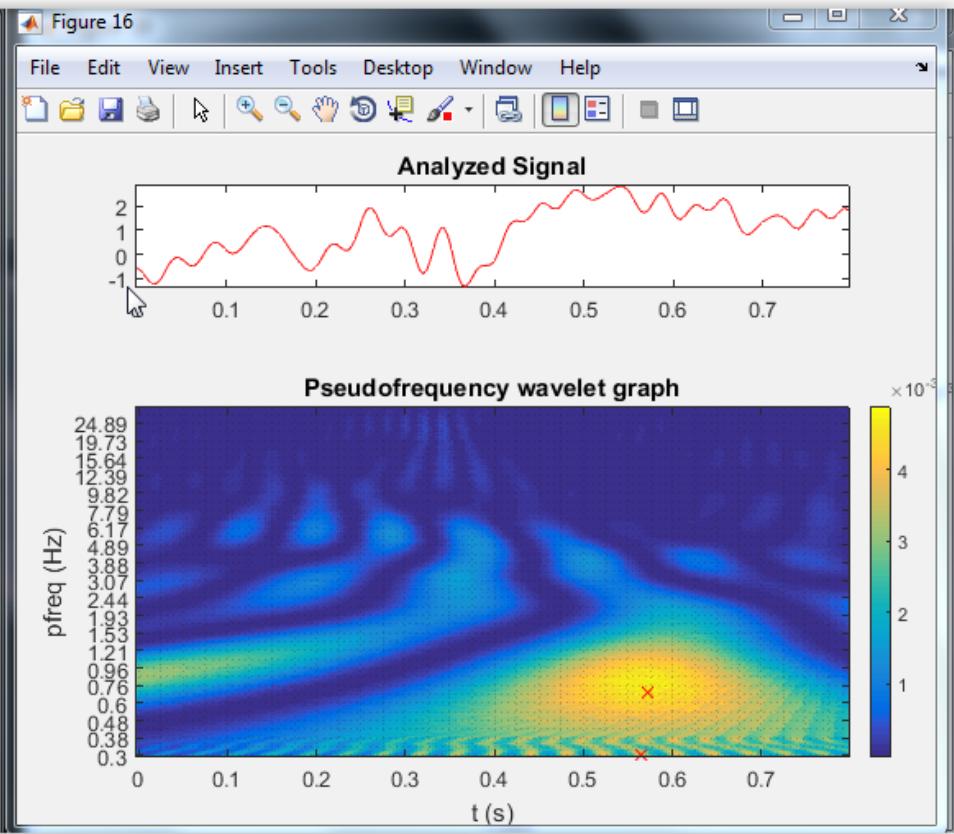
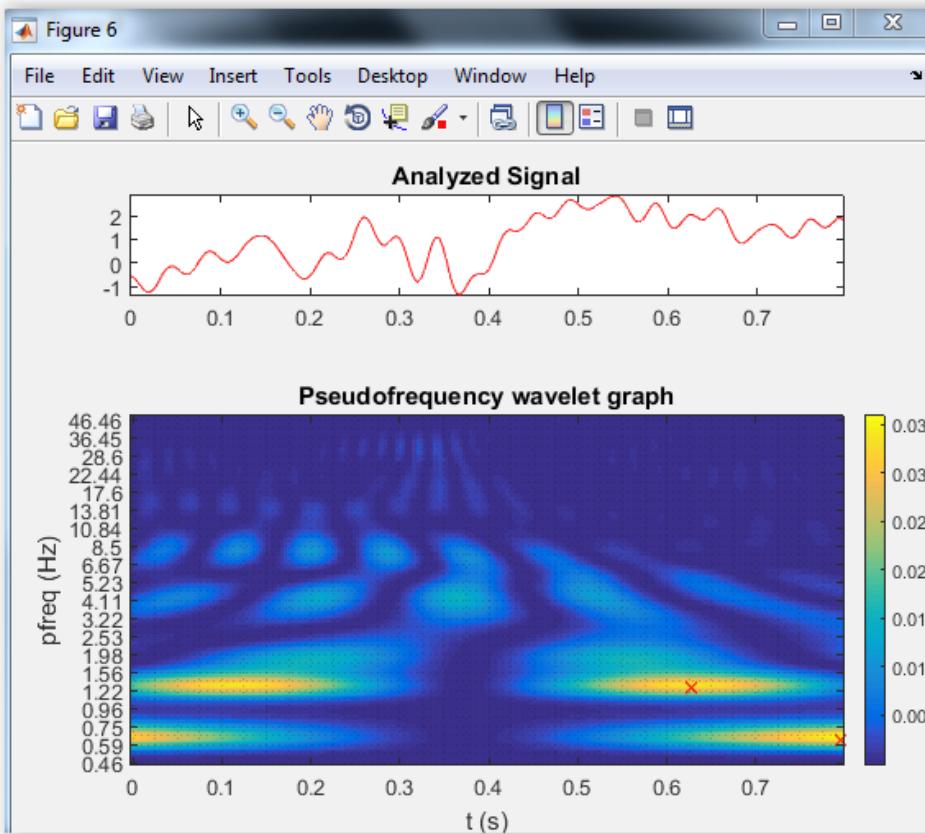
# cwtft vs. cwt



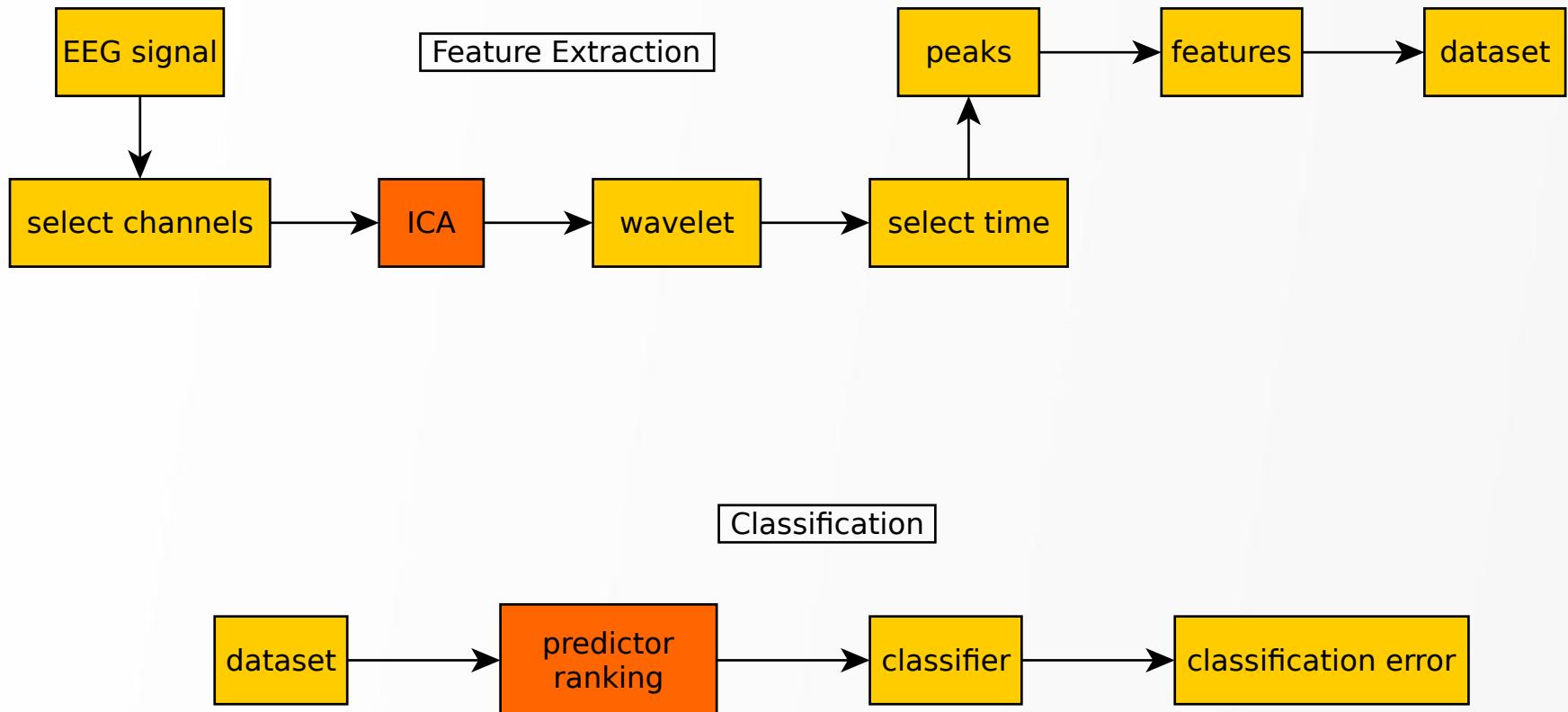
# cwtft vs. cwt



# cwtft vs. cwt



# Απ' το σήμα στο μοντέλο bullying

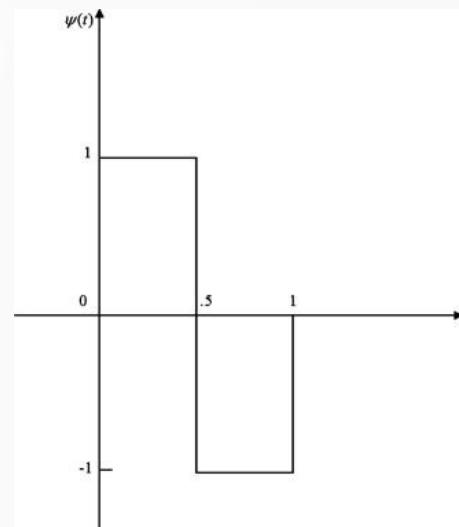
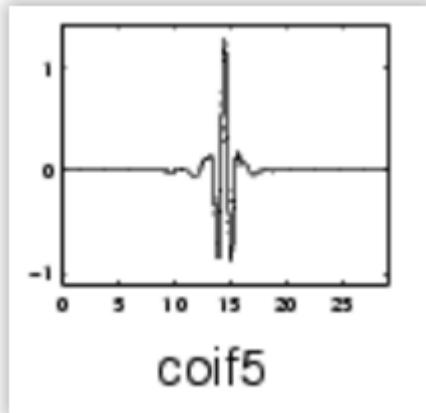


# Mother Wavelet

Γιατί όμως morlet;

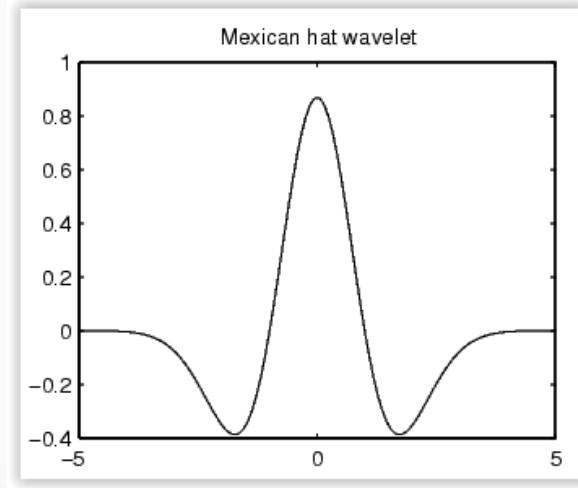
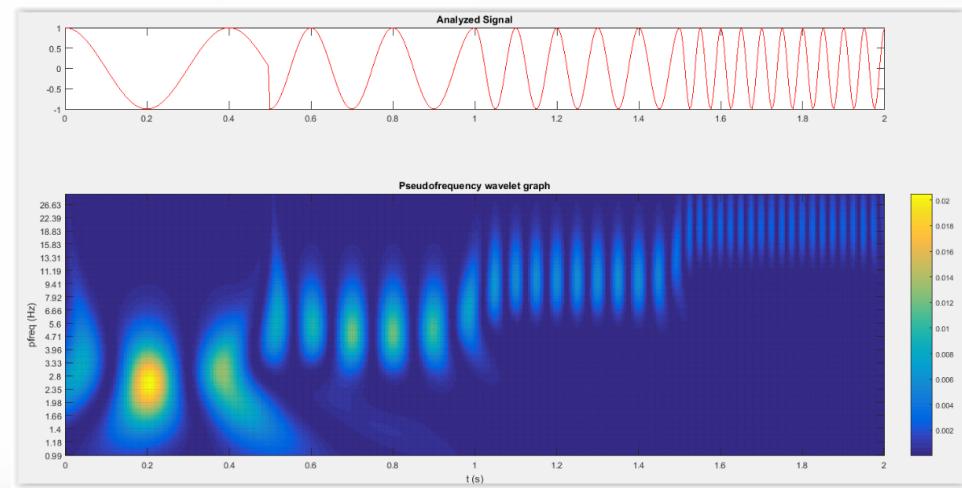
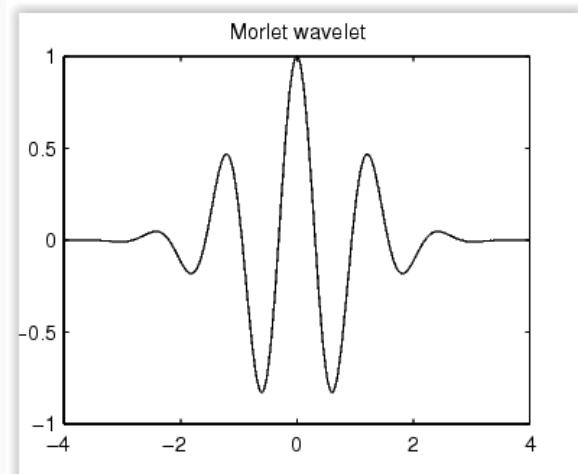
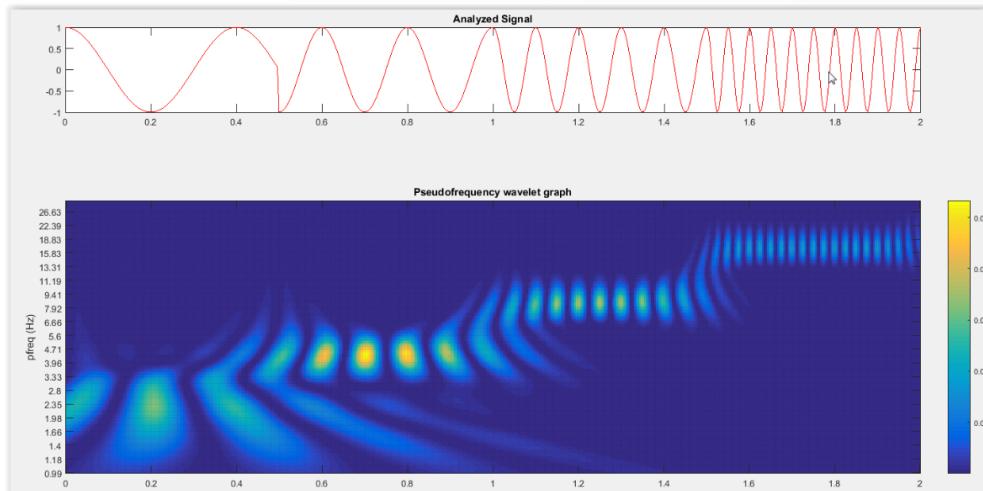
Τα ERPs είναι γενικά αργά στην μεταβολή τους. Άρα δεν θέλουμε ένα απότομο Wavelet, όπως για παράδειγμα το coif5.

Θέλουμε να έχουμε καλή αναλυτικότητα στον υπολογισμό. Άρα δεν θέλουμε ένα Wavelet σαν το απλό haar.



# Mother Wavelet

H cwtft υποστηρίζει:



# Mother Wavelet

- Mexican hat
  - Λιγότερες κυματώσεις
  - Σαφέστερες οι χαμηλές συχνότητες
  - Όχι ιδιαίτερα χρήσιμες
- Morlet
  - Σαφέστερες οι μέσες συχνότητες
  - Λεπτότερος χωρικός εντοπισμός

Επιλογή: **Morlet**

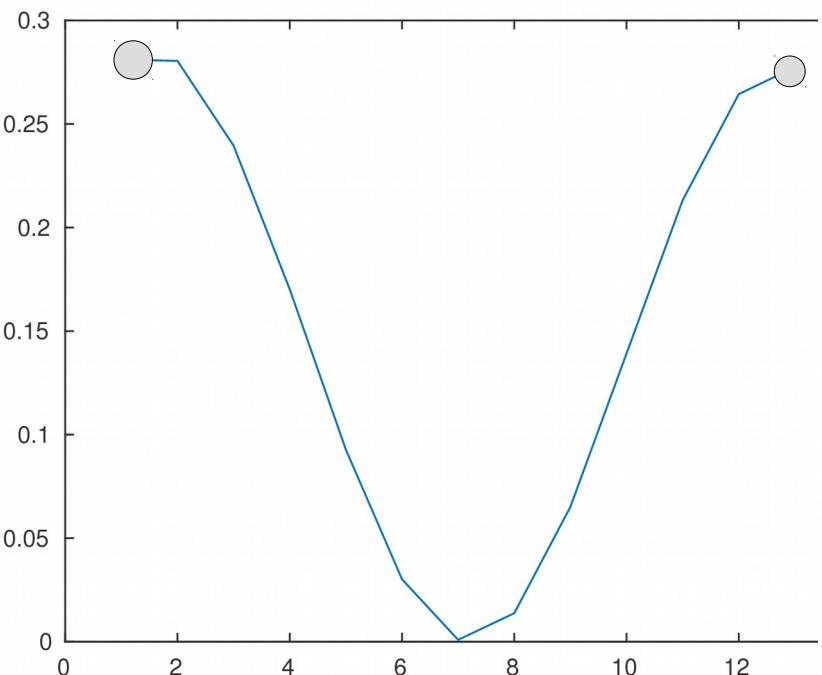
# Μετασχηματισμός Wavelet

- Παράμετροι
  - Συχνοτικό εύρος: [4.0, 30]Hz
    - 1 - 2 Hz: φαινόμενα áκρων, γιατί χρονικό μήκος 800ms
    - < 4 Hz: μόνο ρυθμός Δέλτα, που δεν αναμένεται να υπάρχει ή να είναι χρήσιμος. Οι υπόλοιποι ξεκινούν από τα 4 Hz
  - Μέθοδος επέκτασης σήματος: zero-padding
    - Επίσης: sym,asym,sp0,ppd
    - zpd πιο εύρωστη (κοντινό classification error στα περισσότερα dataset)

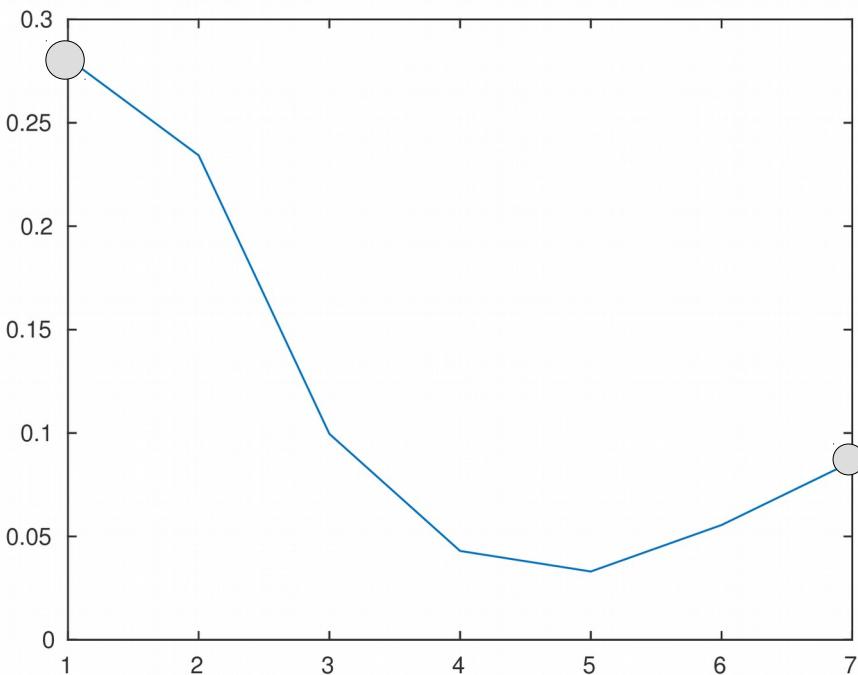
# Επιλογή Κ κορυφών

- Προεξέχουσα (prominent) κορυφή
  - Κοιλάδα ανάμεσα σε αυτήν και στην προηγούμενη
- Αρχικά: τοπικά μέγιστα
- 1η κορυφή: ολικό μέγιστο
- Οι υπόλοιπες επταγωγικά:
  - Έστω έχουμε την  $k$  κορυφή
  - Η  $k+1$  είναι το πιο προεξέχον ως προς αυτήν τοπικό μέγιστο
- Prominence: ύψος υποψήφιας – βάθος κοιλάδας
- Συμφωνεί με την υποκειμενική επιλογή

# Προεξέχουσα Κορυφή

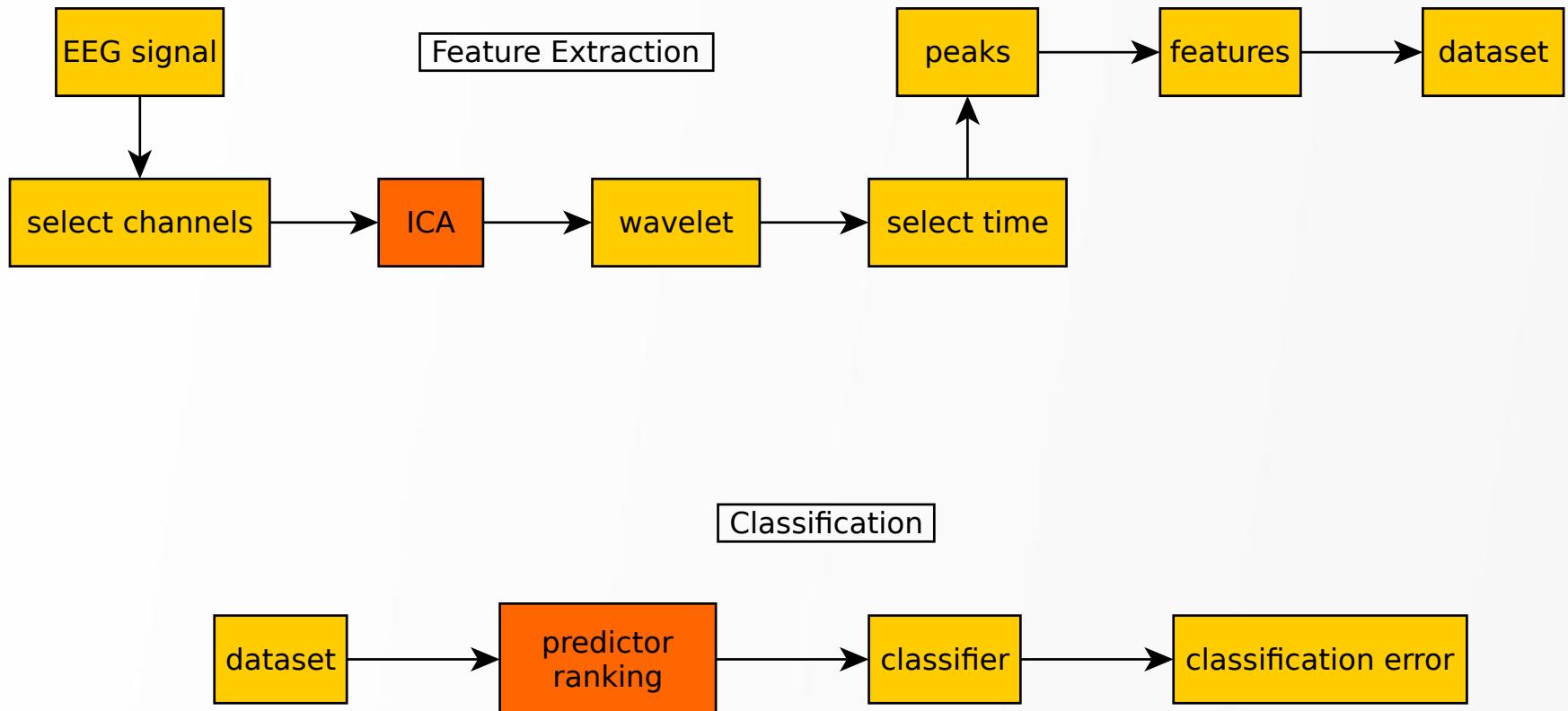


Προεξέχουσα

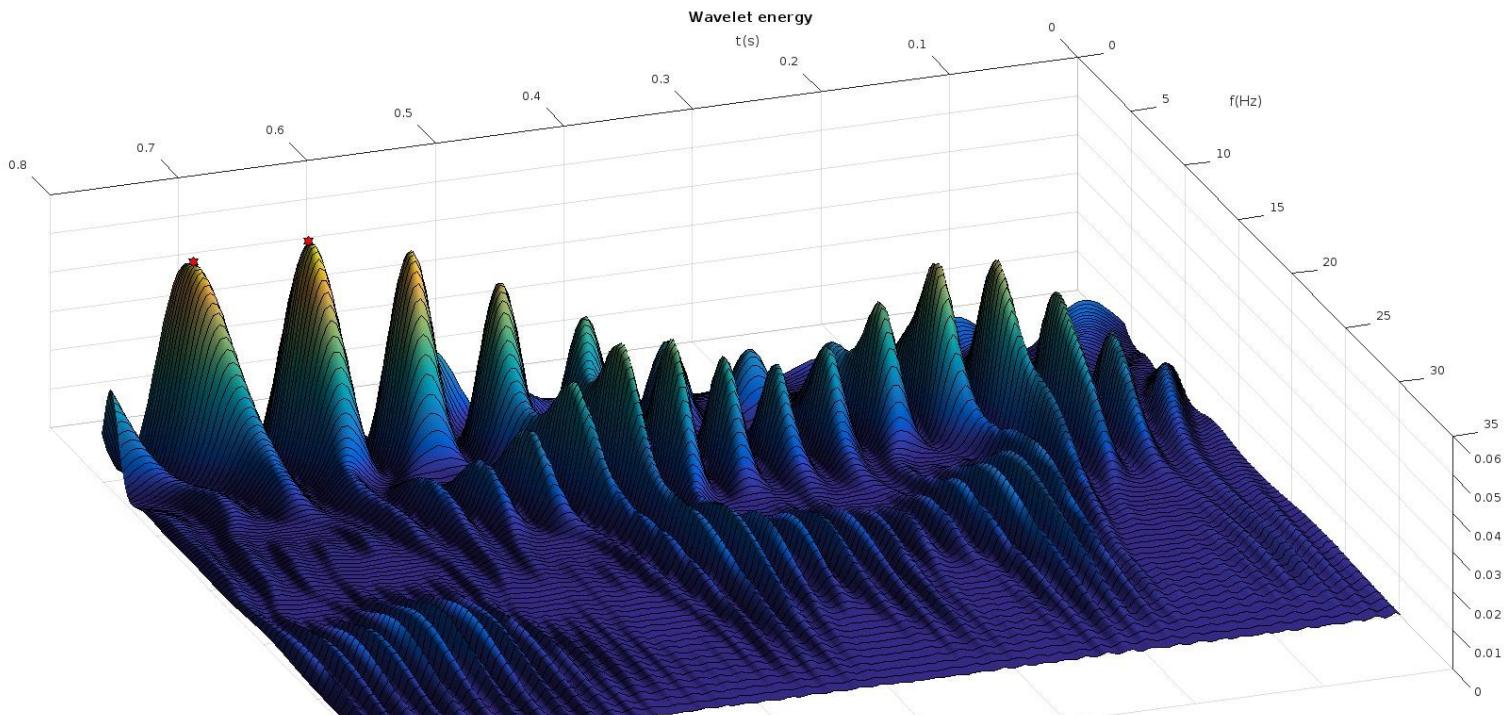


Μη προεξέχουσα

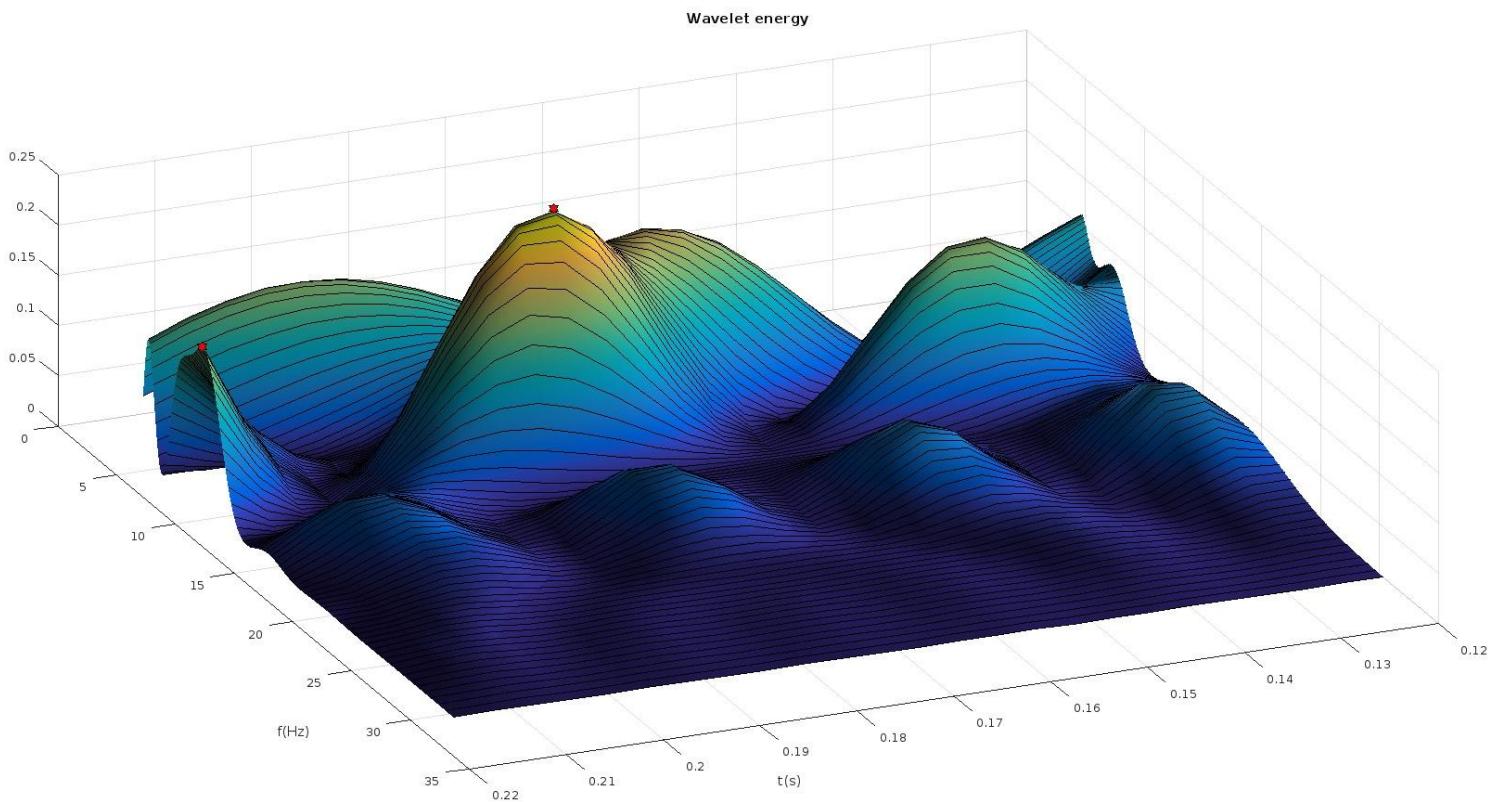
# Απ' το σήμα στο μοντέλο bullying



# Sample wavelets



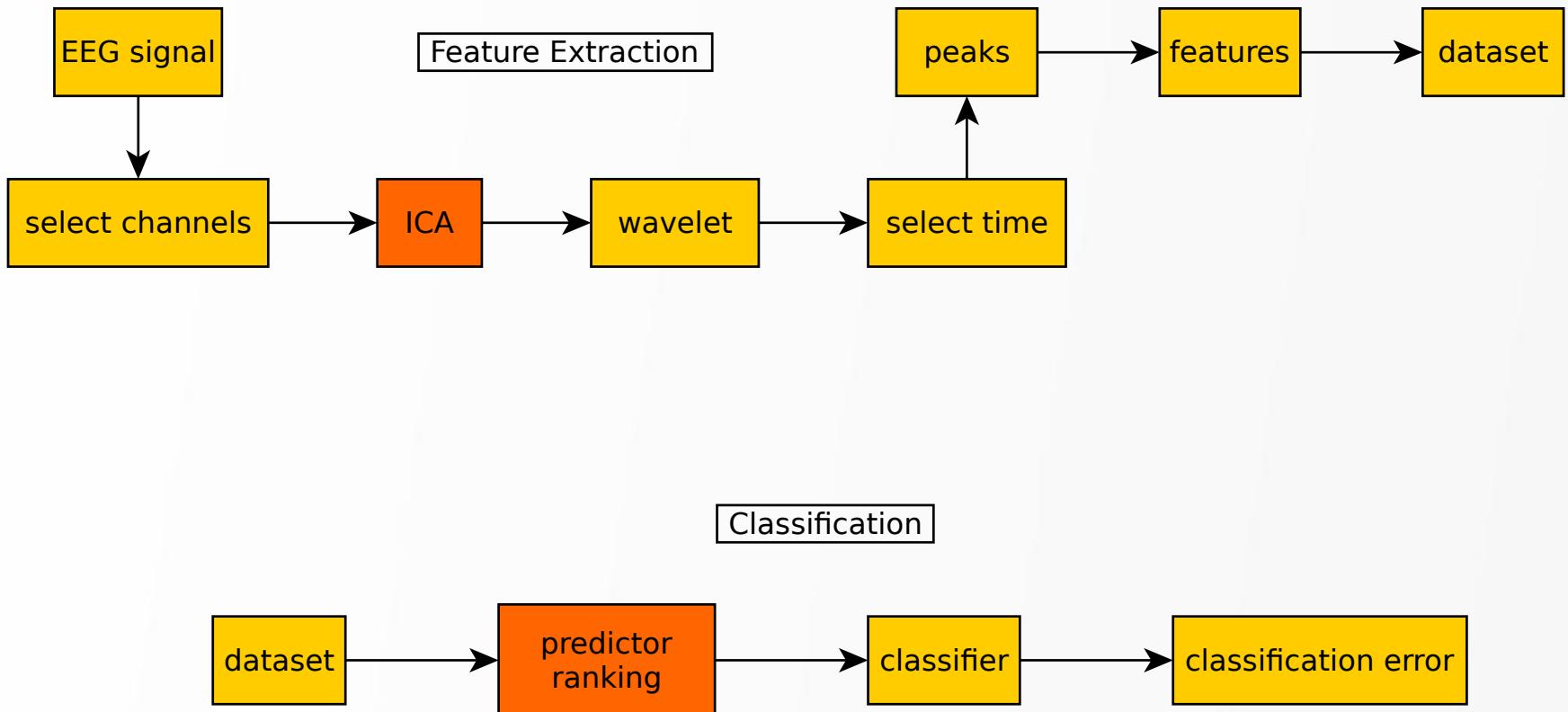
# Sample wavelets



# Dataset

- Features
  - Value, frequency, width
  - Για κάθε κορυφή
- Παρατηρήσεις
  - Κάθε επιλεγμένο κανάλι από κάθε υποκείμενο
    - 18 υποκείμενα και έστω για EPN 14 κανάλια
    - Συνολικές παρατηρήσεις:  $18 \times 14$
- Πίνακας [observations]x[predictors]

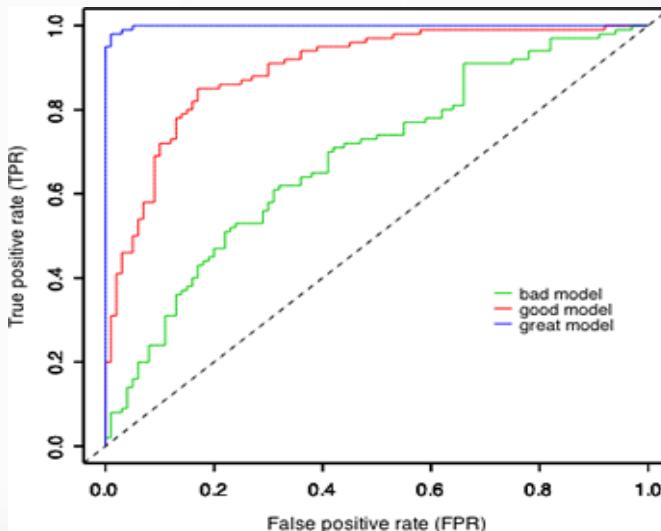
# Η μέθοδος ξανά



# Αξιολόγηση Classifier

## Confusion Matrix

		Condition (as determined by "Gold standard")		Positive predictive value = $\frac{\sum \text{True Positive}}{\sum \text{Test Outcome Positive}}$
		Condition Positive	Condition Negative	
Test Outcome	Test Outcome Positive	True Positive	False Positive (Type I error)	Negative predictive value = $\frac{\sum \text{True Negative}}{\sum \text{Test Outcome Negative}}$
	Test Outcome Negative	False Negative (Type II error)	True Negative	
		Sensitivity = $\frac{\sum \text{True Positive}}{\sum \text{Condition Positive}}$	Specificity = $\frac{\sum \text{True Negative}}{\sum \text{Condition Negative}}$	



# Αξιολόγηση Classifier

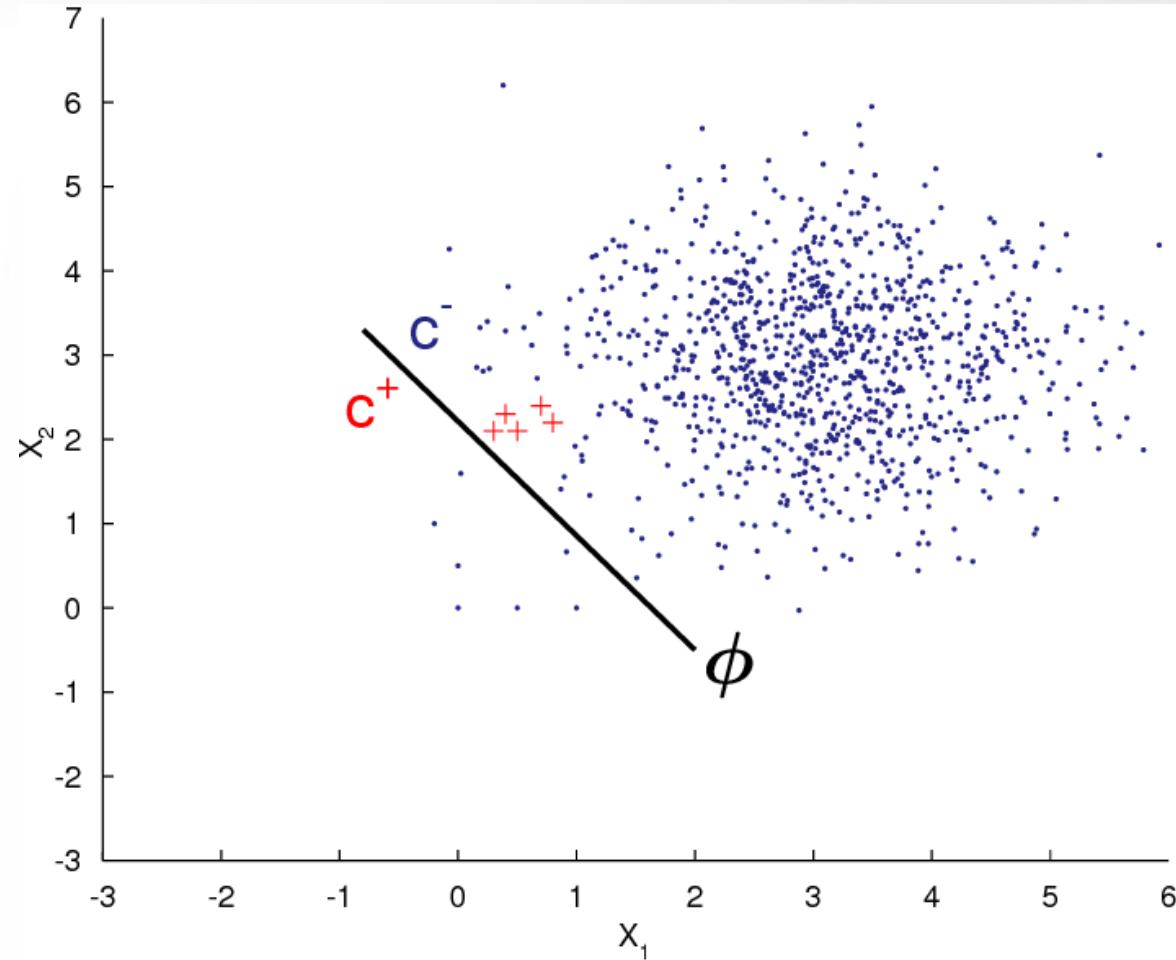
- 1) Επιλογή μετρικής
- 2) Εκτίμηση της τιμής της μετρικής
- 3) Στατιστική σύγκριση υποψήφιων μοντέλων

# Μετρική Αξιολόγησης

- Πολλές μετρικές
  - Classification error / accuracy
  - Precision / PPV
  - Recall / Sensitivity
  - Specificity
  - F-score
  - Area under ROC curve

		Condition (as determined by "Gold standard")		
		Condition Positive	Condition Negative	
Test Outcome	Test Outcome Positive	True Positive	False Positive (Type I error)	Positive predictive value = $\frac{\sum \text{True Positive}}{\sum \text{Test Outcome Positive}}$
	Test Outcome Negative	False Negative (Type II error)	True Negative	Negative predictive value = $\frac{\sum \text{True Negative}}{\sum \text{Test Outcome Negative}}$
		Sensitivity = $\frac{\sum \text{True Positive}}{\sum \text{Condition Positive}}$	Specificity = $\frac{\sum \text{True Negative}}{\sum \text{Condition Negative}}$	

# Μετρική Αξιολόγησης



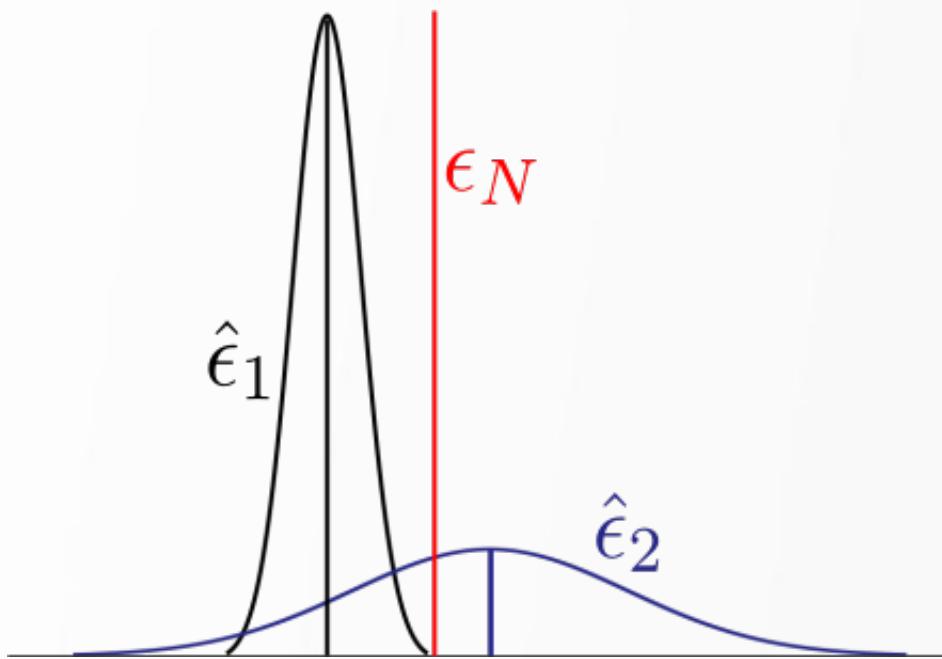
Ασυμμετρία  
κλάσεων!

# Μετρική Αξιολόγησης

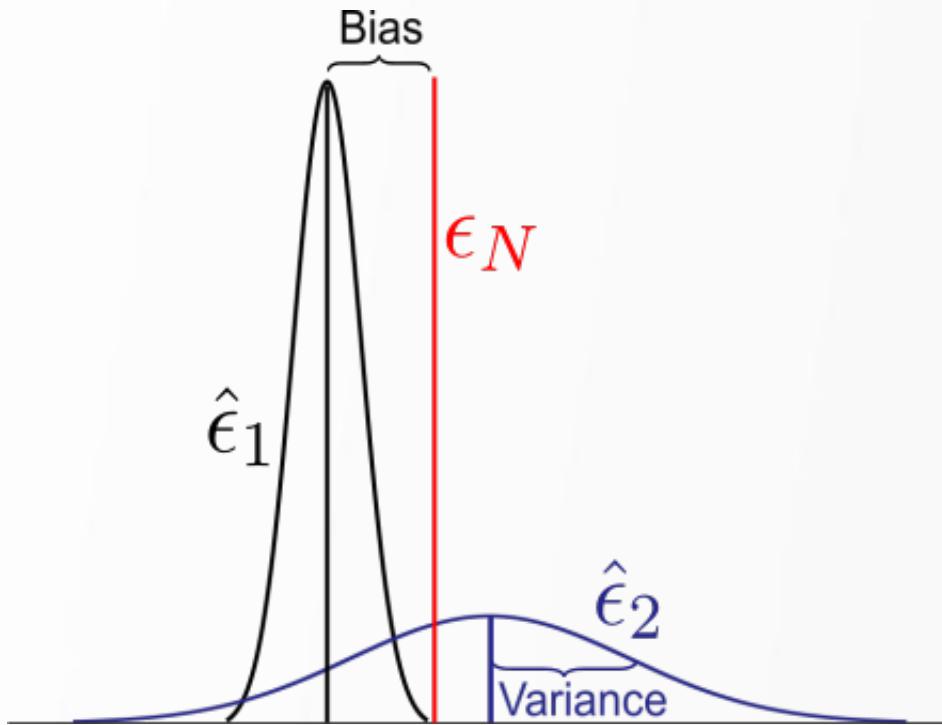
- Classification Error
  - Είναι κατάλληλο;
  - Συμμετρικό dataset
  - False Positives == False Negatives

Επιλογή: **Classification Error**

# Εκτίμηση Μετρικής

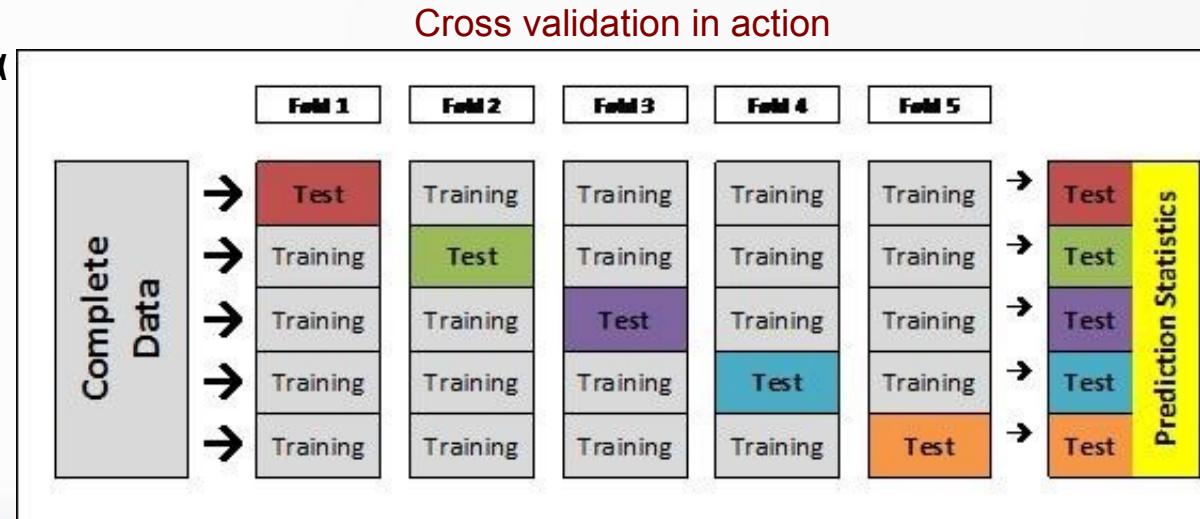


# Εκτίμηση Μετρικής



# Εκτίμηση Σφάλματος

- Training set (resubstitution)
  - Μεγάλη μεροληψία (bias)
  - Υπερεκπαίδευση
- Hold-out: χωρισμός σε training και test set
  - Επίσης μεγάλη μεροληψία, μειώνεται για πολλές παρατηρήσεις
- Cross-validation
  - Μικρότερη μεροληψία
  - Υψηλότερη διακύμανση



# Εκτίμηση Σφάλματος

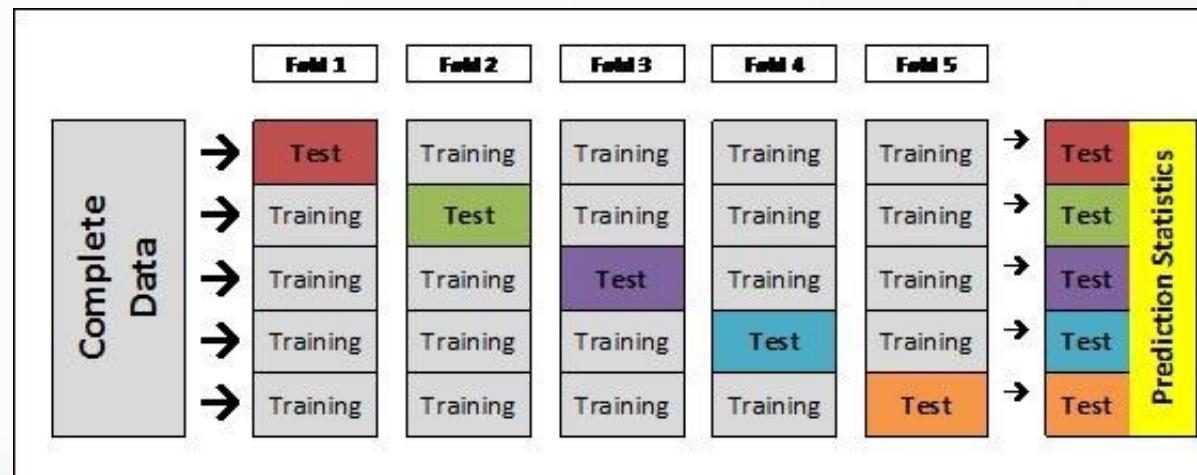
- Βελτιστοποίηση μοντέλου ως προς το εκτιμώμενο σφάλμα:
  - Ουσιαστικά, εκπαιδεύουμε μεταπαραμέτρους πάνω στα σύνολα δοκιμής!
  - Επιπλέον πηγή μεροληψίας!
  - Ιδανικά, ένα υποσύνολο των δεδομένων πρέπει να χρησιμοποιηθεί μόνο για την τελική δοκιμή
- Εκπαίδευση και μετα-εκπαίδευση πάνω στο T1, δοκιμή πάνω στο T2
  - Παρουσιάζουμε μοντέλα με κοντινή απόδοση και στα 2 πειράματα

# Αξιολόγηση Classifier

- Σύγκριση με άλλο classifier
  - Naive Bayes
  - Υπόθεση: ανεξάρτητοι predictors
  - Very naive!
- Πρέπει το SVM να είναι πάντα καλύτερο
  - Το SVM κινδυνεύει περισσότερο από το naive Bayes να υπερεκπαίδευτεί
  - Αν είναι χειρότερο
    - ή υπάρχει λάθος στον κώδικα
    - ή έχει υπερεκπαίδευτεί

# SVM Παράμετροι

- Πυρήνας: Gaussian
- 4-fold cross validation
- 3 επαναλήψεις
  - Τυχαίος (διαφορετικός) καταμερισμός δεδομένων κάθε φορά
  - Μέσος όρος των επαναλήψεων
- Κοντινό αποτέλεσμα με 10 φορές 25% holdout (εκφώνηση)



# Band

- Οργάνωση χρονοσειρών
- Averaging ανά epoch
  - 6 παρατηρήσεις ανά epoch
- SVM classification
- Kolmogorov-Smirnov 2-class test
  - Μη-παραμετρικό: Τα 2 datasets προέρχονται από την ίδια κατανομή;
  - 1D: κάθε χαρακτηριστικό ελέγχεται ανεξάρτητα
  - 3D: εξερευνήθηκε, αλλά δύσχρηστο κι αναξιόπιστο για λίγα δεδομένα
  - Μηδενική υπόθεση: οι παρατηρήσεις παράγονται από μία φυσική διεργασία

$$D_{n,n'} = \sup_x |F_{1,n}(x) - F_{2,n'}(x)|,$$

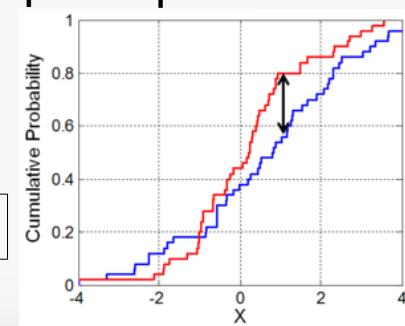
$$D_{n,n'} > c(\alpha) \sqrt{\frac{n+n'}{nn'}}.$$

Απόρριψη  
μηδενικής

$\alpha$	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005	0.001
$c(\alpha)$	1.22	1.36	1.48	1.63	1.73	1.95

Εξάρτηση δ.  
εμπιστοσύνης

Μετρική



# ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



# Αποτελέσματα

Δοκιμαστικά για υψηλότερη συχνότητα αποκοπής (4.4 Hz), για εντοπισμό των σημαντικότερων χαρακτηριστικών

-> Training model: T1 EPN both  
Peak 1-2 correlation: 0.21  
- Classification error: 17.3%

-> Training model: T2 EPN both  
Peak 1-2 correlation: 0.28  
- Classification error: 18.3%

-> Training model: T1 N170 both  
Peak 1-2 correlation: 0.29  
- Classification error: 21.4%

-> Training model: T2 N170 both  
Peak 1-2 correlation: 0.30  
- Classification error: 25.1%

-> Training model: T1 P300 both  
Peak 1-2 correlation: 0.83  
- Classification error: 34.1%

-> Training model: T2 P300 both  
Peak 1-2 correlation: 0.77  
- Classification error: 23.1%

-> Training model: T1 LPP both  
Peak 1-2 correlation: 0.84  
- Classification error: 29.1%

-> Training model: T2 LPP both  
Peak 1-2 correlation: 0.85  
- Classification error: 28.8%

Χωρίς width

> Training model: T1 EPN both  
Peak 1-2 correlation: 0.21  
- Classification error: 18.3%

-> Training model: T2 EPN both  
Peak 1-2 correlation: 0.28  
- Classification error: 20.3%

-> Training model: T1 N170 both  
Peak 1-2 correlation: 0.29  
- Classification error: 22.3%

-> Training model: T2 N170 both  
Peak 1-2 correlation: 0.30  
- Classification error: 25.7%

-> Training model: T1 P300 both  
Peak 1-2 correlation: 0.83  
- Classification error: 35.8%

-> Training model: T2 P300 both  
Peak 1-2 correlation: 0.77  
- Classification error: 26.3%

-> Training model: T1 LPP both  
Peak 1-2 correlation: 0.84  
- Classification error: 35.6%

-> Training model: T2 LPP both  
Peak 1-2 correlation: 0.85  
- Classification error: 29.2%

Χωρίς value

-> Training model: T1 EPN both  
Peak 1-2 correlation: 0.21  
- Classification error: 17.7%

-> Training model: T2 EPN both  
Peak 1-2 correlation: 0.28  
- Classification error: 19.7%

-> Training model: T1 N170 both  
Peak 1-2 correlation: 0.29  
- Classification error: 22.7%

-> Training model: T2 N170 both  
Peak 1-2 correlation: 0.30  
- Classification error: 28.4%

-> Training model: T1 P300 both  
Peak 1-2 correlation: 0.83  
- Classification error: 34.4%

-> Training model: T2 P300 both  
Peak 1-2 correlation: 0.77  
- Classification error: 23.3%

-> Training model: T1 LPP both  
Peak 1-2 correlation: 0.84  
- Classification error: 30.3%

-> Training model: T2 LPP both  
Peak 1-2 correlation: 0.85  
- Classification error: 28.4%

Κανονικά

# Αποτελέσματα

Βλέπουμε ότι τα αποτελέσματα χωρίς width είναι καλύτερα από τα κανονικά! Αυτό σημαίνει ότι το width μάλλον αποτελεί περιπτή πληροφορία δεδομένων των άλλων 2, και μπερδεύει. Οπότε μπορούμε να το αφαιρέσουμε από το χαρακτηριστικό διάνυσμα. Ένα παραπάνω πλεονέκτημα που έχουμε από την μείωση του διανύσματος κατά 2 θέσεις είναι ότι μπορούμε να κάνουμε training με πολύ λιγότερα δεδομένα, αφού μειώνουμε τις διαστάσεις του χώρου.

Και τα χωρίς value αποτελέσματα δεν είναι πολύ χειρότερα από τα κανονικά, ωστόσο θα προτιμήσουμε τα προηγούμενα. Γενικά τυπώνεται στο command window το αποτέλεσμα της ταξινόμησης για κάθε στοιχείο του feature vector ως παρακάτω:

```
-> Classification errors for using only 1 predictor(s)
1: val1 = 47.759104
2: frq1 = 35.784314
3: wid1 = 44.187675
4: val2 = 45.938375
5: frq2 = 28.851541
6: wid2 = 47.338936
```

Γενικά όμως αυτή η απόδοση δεν μας λέει κάτι για την απόδοση κάθε ενός στοιχείου σε συνδυασμό με άλλα, παρά μόνο μόνου του σε classification.

# Αποτελέσματα – Χωρίς Επιλογή Καναλιών

Δίνονται τα αποτελέσματα όπως τυπώνονται στο matlab:

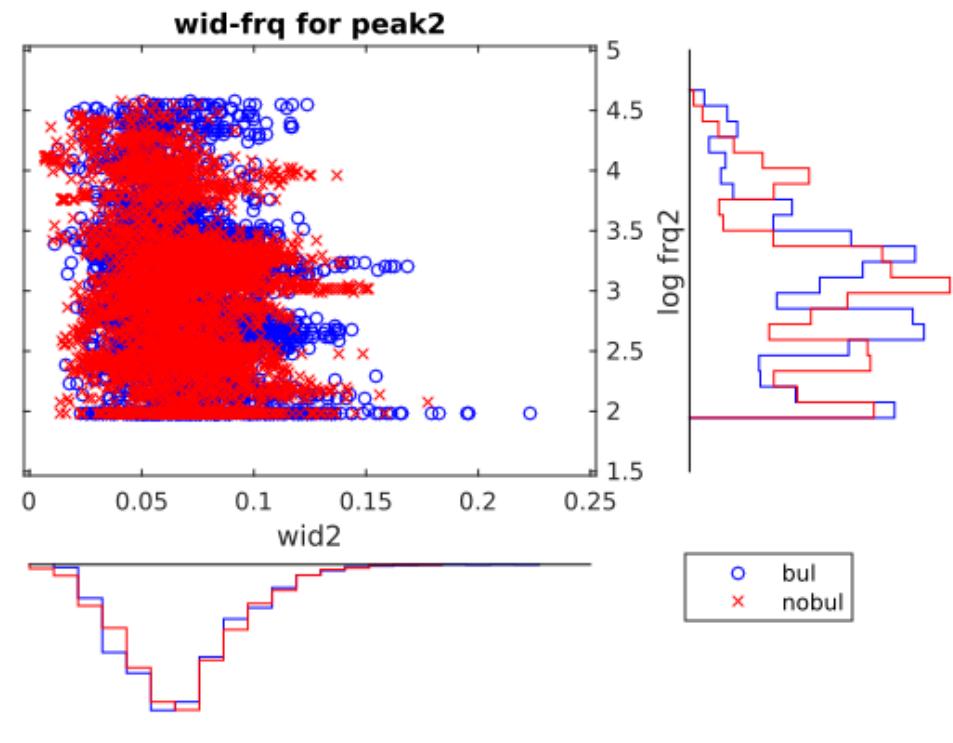
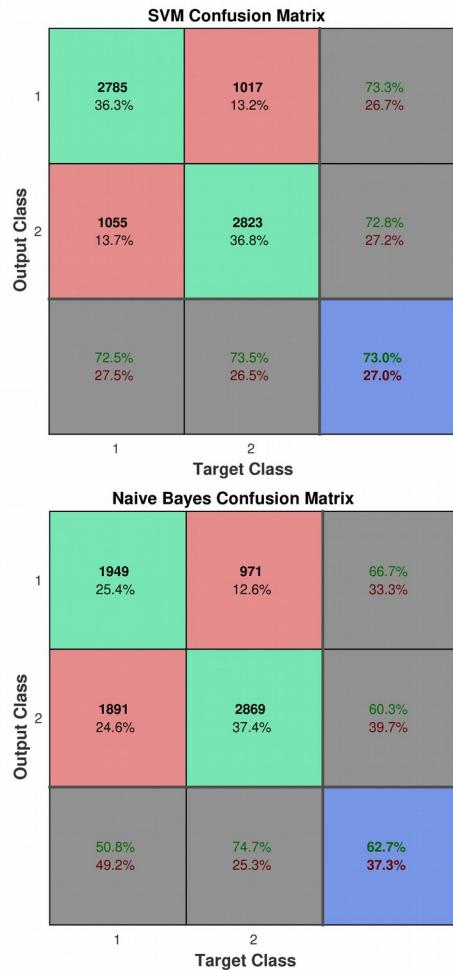
Αντιμετάθεση  
FP/FN

```
1 -> Training model: T1 EPN both
2 Peak 1-2 correlation: 0.15
3 - Classification error: 29.7%
4 Confusion matrix:
5          34.94      15.06
6          14.20      35.79
7
8
9 -> Training model: T2 EPN both
10 Peak 1-2 correlation: 0.26
11 - Classification error: 24.6%
12 Confusion matrix:
13          38.53      11.47
14          13.10      36.90
15
16
17 -> Training model: T1 N170 both
18 Peak 1-2 correlation: 0.26
19 - Classification error: 28.7%
20 Confusion matrix:
21          36.22      13.79
22          14.50      35.49
23
24
25 -> Training model: T2 N170 both
26 Peak 1-2 correlation: 0.26
27 - Classification error: 24.1%
28 Confusion matrix:
29          37.25      12.75
30          11.22      38.78
```

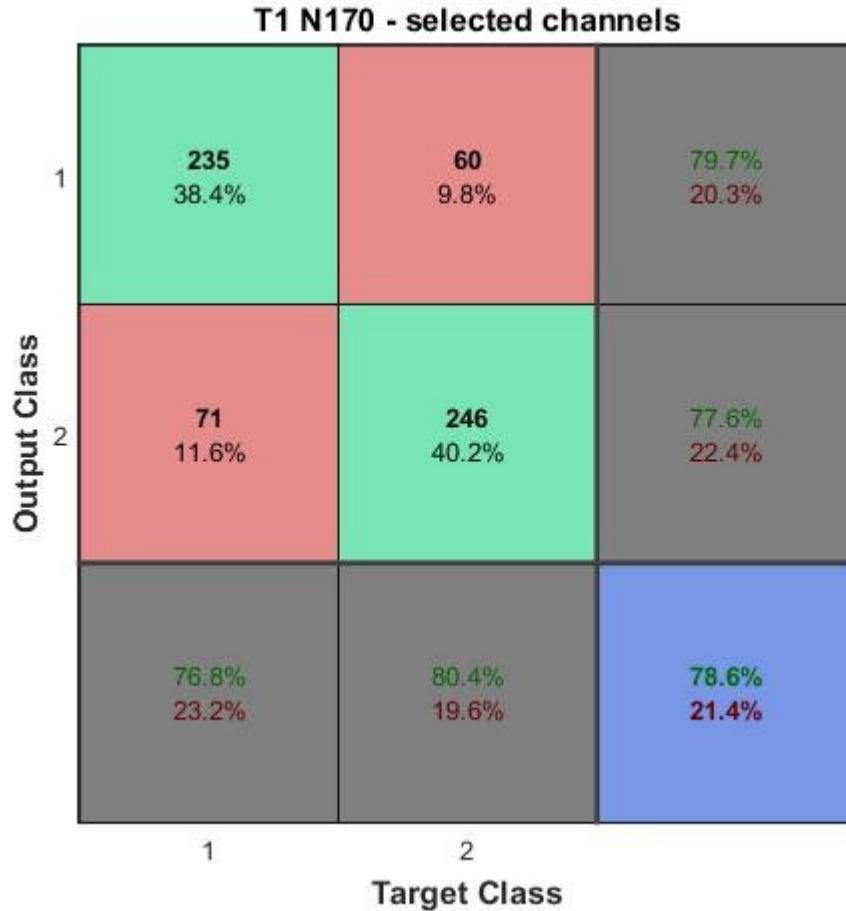
```
33 -> Training model: T1 P300 both
34 Peak 1-2 correlation: 0.82
35 - Classification error: 34.5%
36 Confusion matrix:
37          34.40      15.60
38          18.67      31.33
39
40
41 -> Training model: T2 P300 both
42 Peak 1-2 correlation: 0.76
43 - Classification error: 26.7%
44 Confusion matrix:
45          37.95      12.05
46          14.67      35.33
47
48
49 -> Training model: T1 LPP both
50 Peak 1-2 correlation: 0.87
51 - Classification error: 35.4%
52 Confusion matrix:
53          31.30      18.70
54          17.28      32.72
55
56
57 -> Training model: T2 LPP both
58 Peak 1-2 correlation: 0.88
59 - Classification error: 30.3%
60 Confusion matrix:
61          34.77      15.23
62          14.84      35.16
```

# Αποτελέσματα – Χωρίς Επιλογή Καναλιών

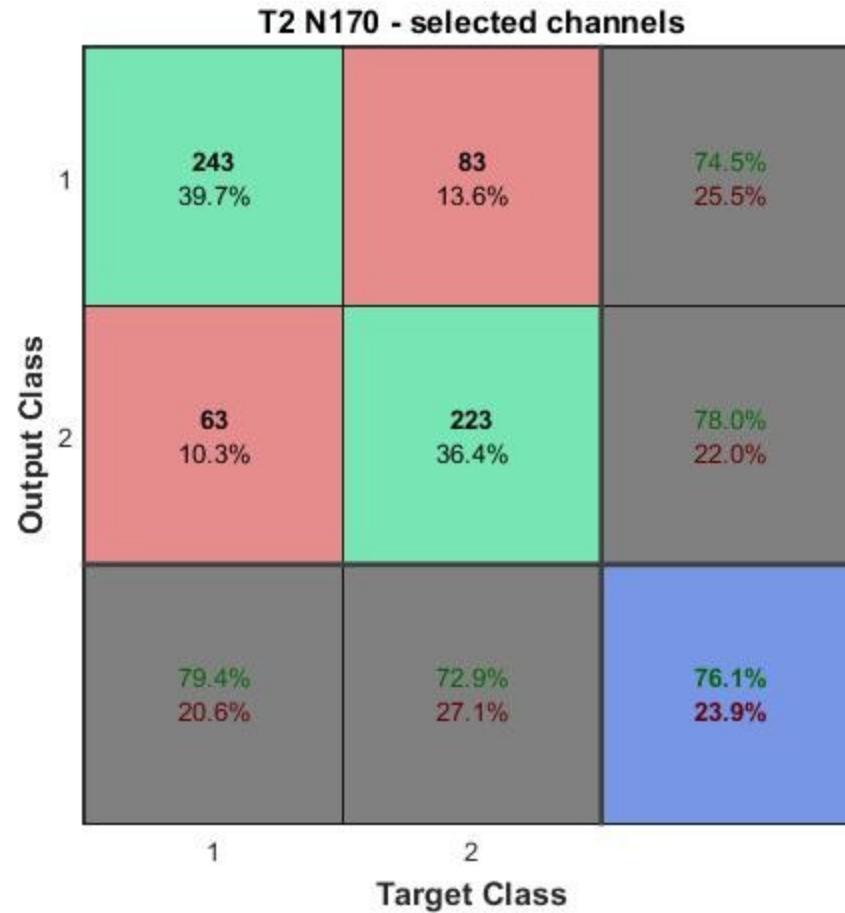
## N170-T1 all channels (best results)



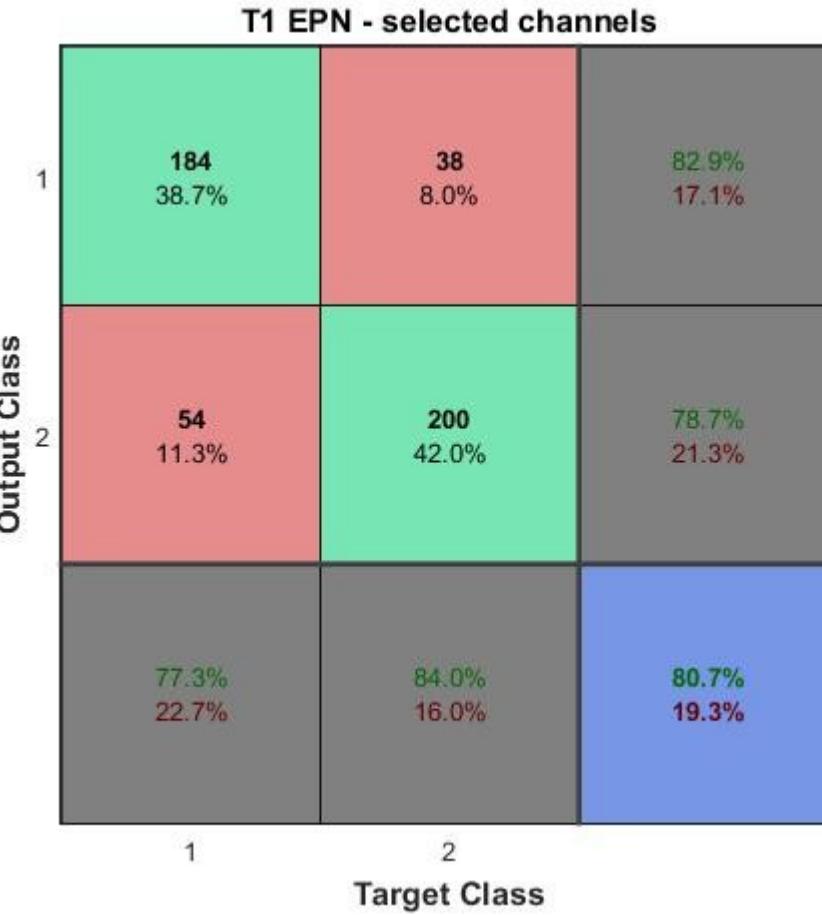
# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών



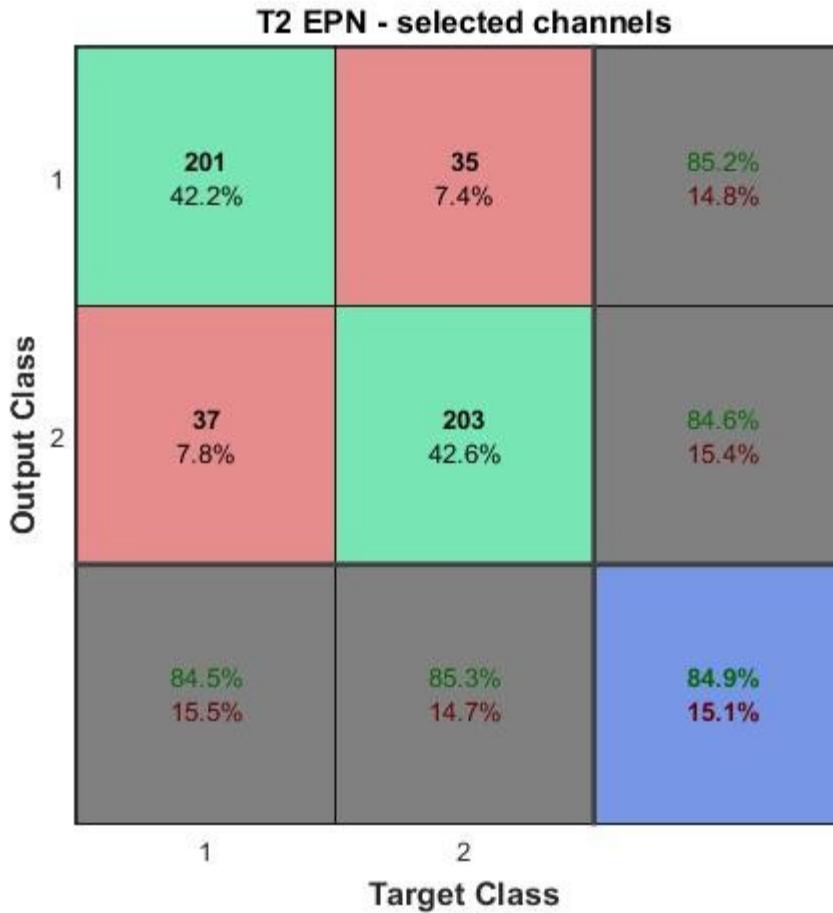
# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών



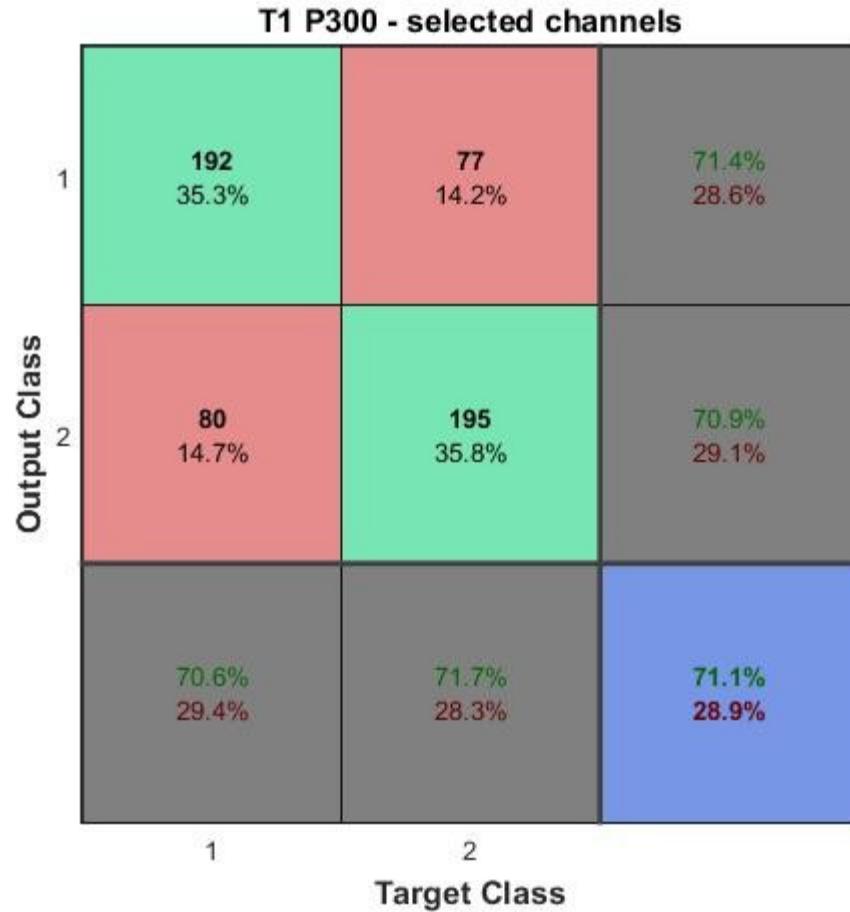
# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών



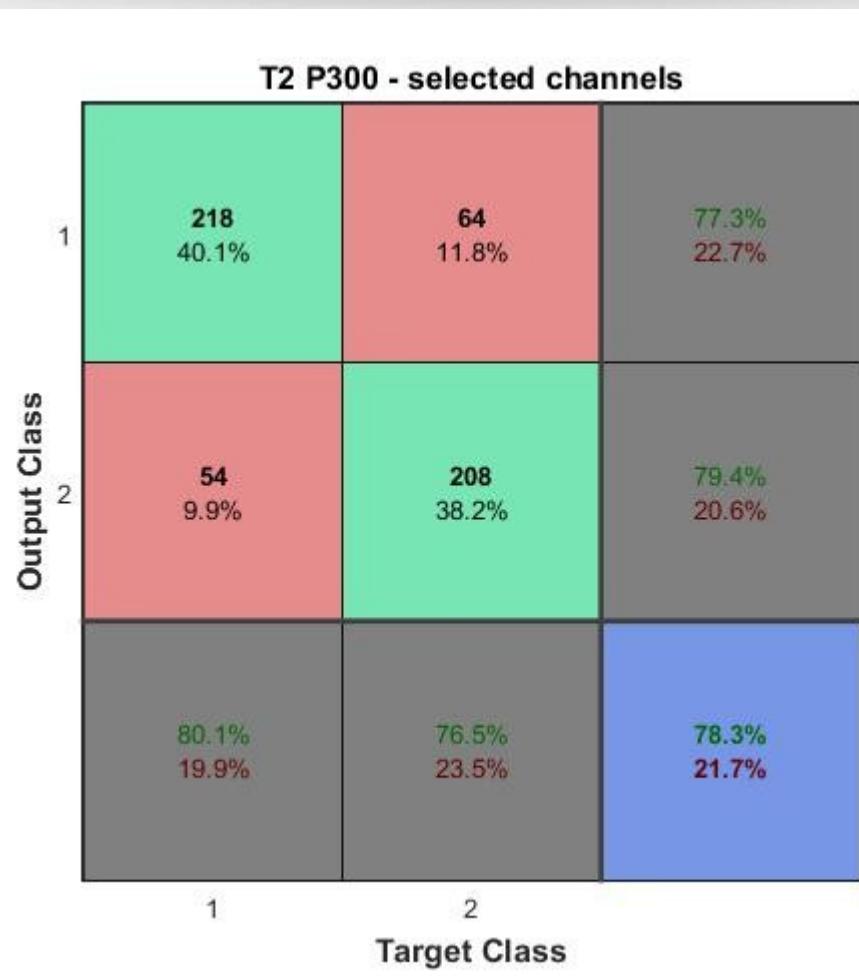
# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών



# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών



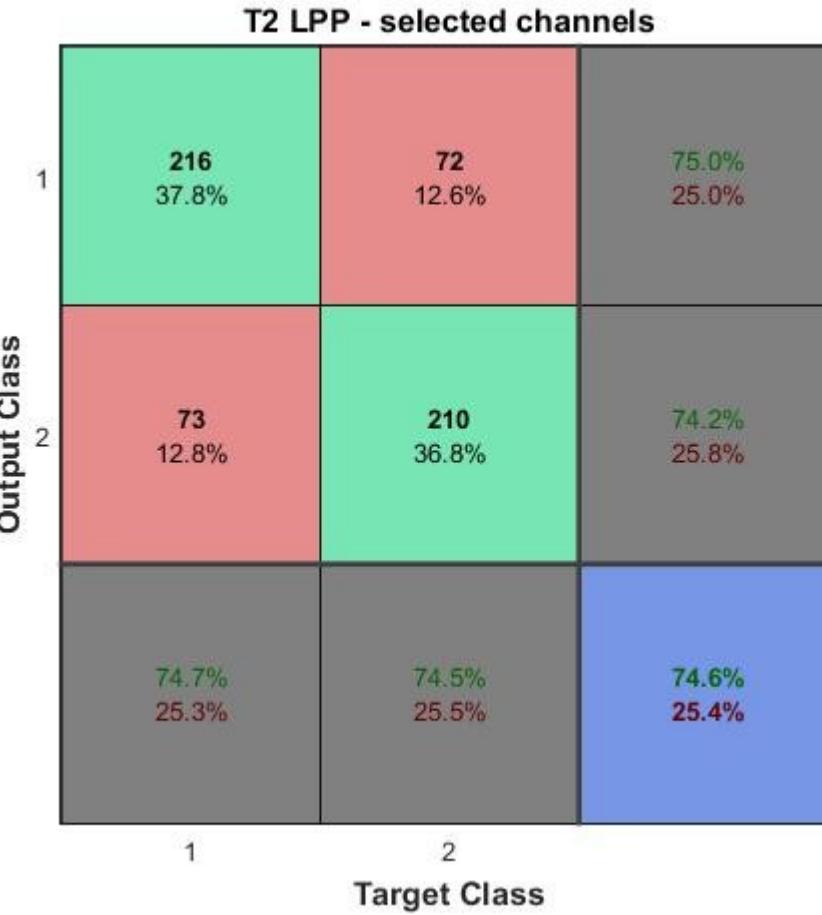
# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών



# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών



# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών

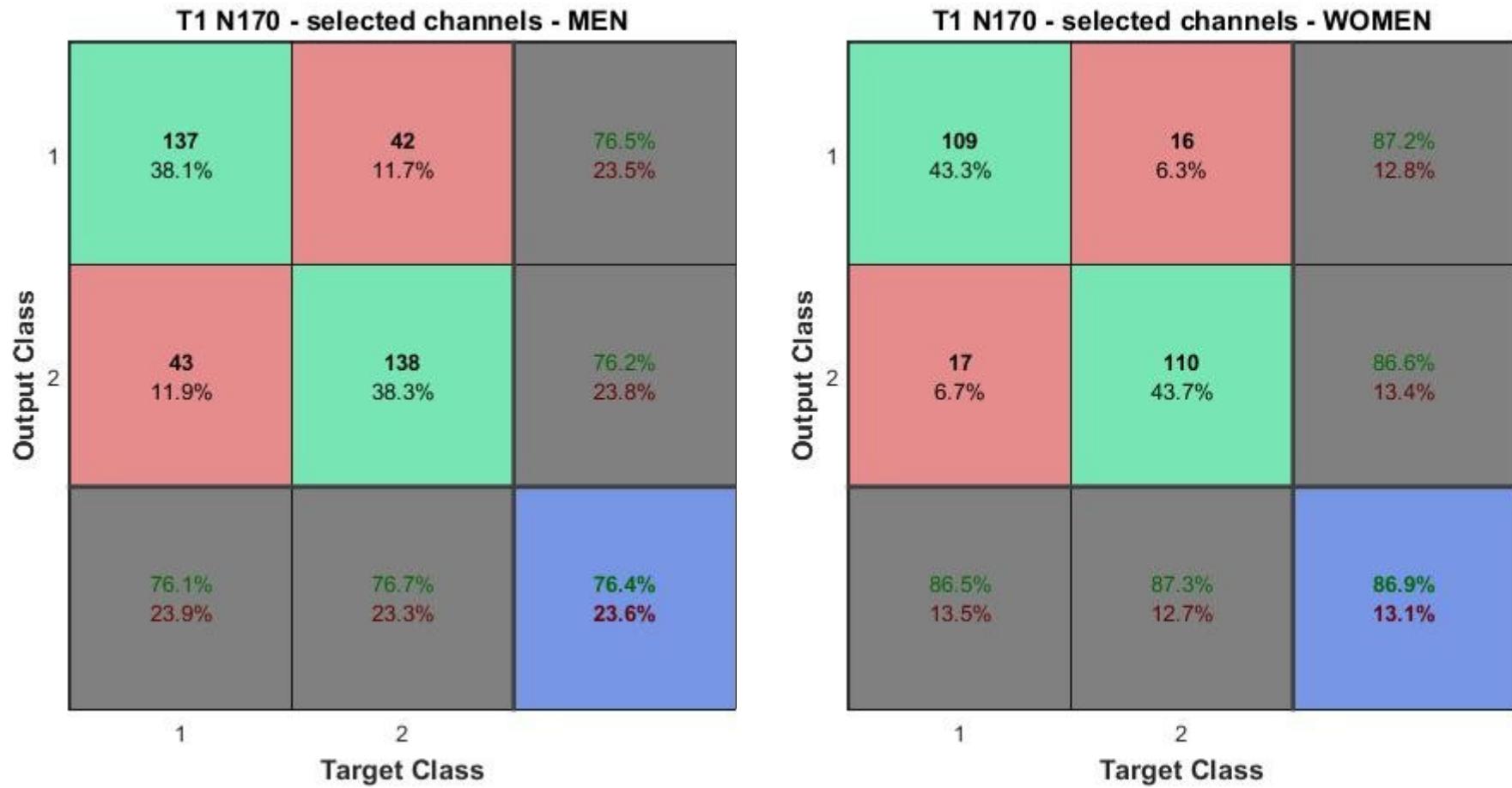


# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών

Τα N170 και EPN συνεχίζουν να δίνουν το καλύτερο classification.

Τα αποτελέσματα μετά την επιλογή καναλιών είναι καλύτερα, όπως θα περιμέναμε. Δεν είναι όμως δραματικά καλύτερα. Ειδικά για τα P300 και LPP που έδιναν τα χειρότερα αποτελέσματα οι διαφορές δεν είναι πολύ μεγάλες.

# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών και κατά Φύλο

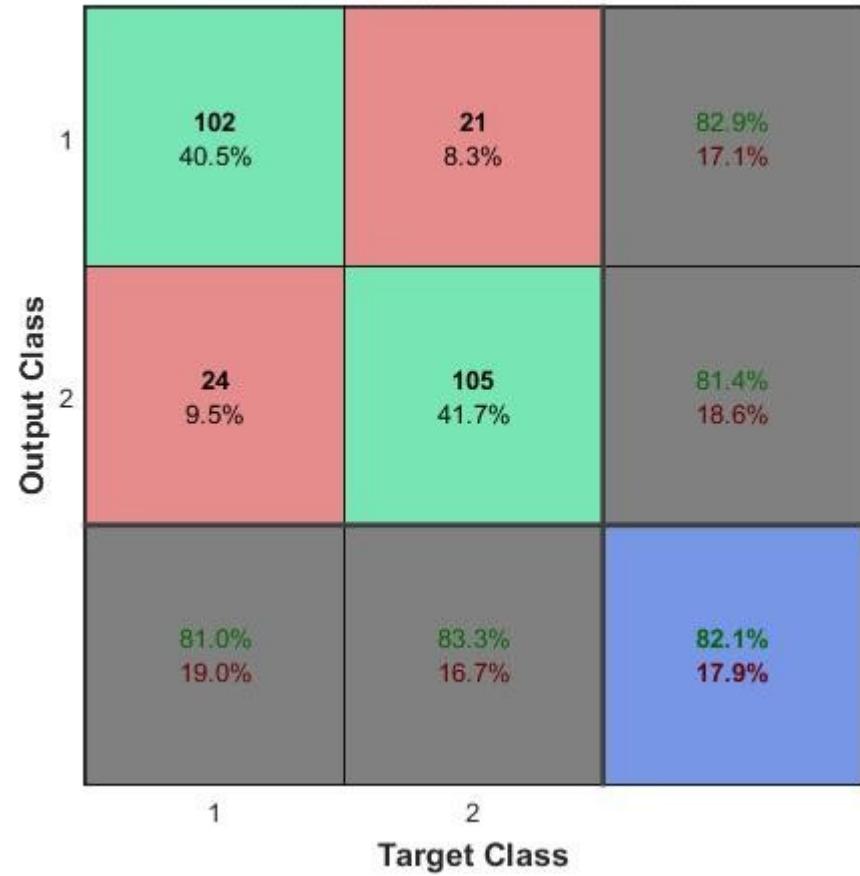


# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών και κατά Φύλο

T2 N170 - selected channels - MEN



T2 N170 - selected channels - WOMEN

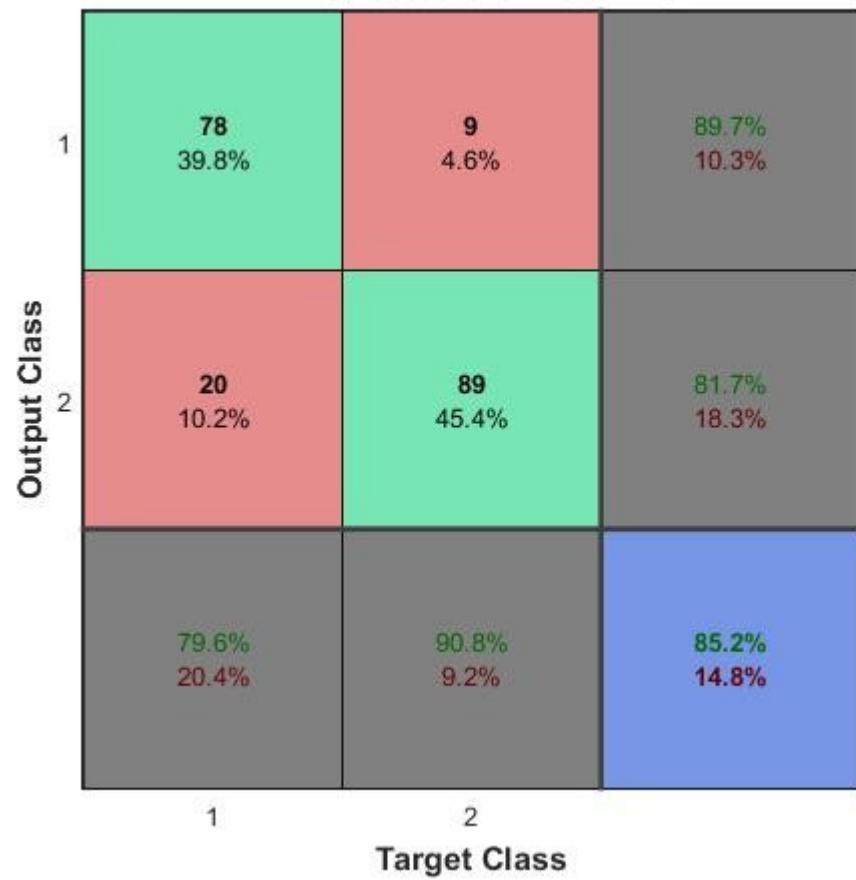


# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών και κατά Φύλο

T1 EPN - selected channels - MEN



T1 EPN - selected channels - WOMEN

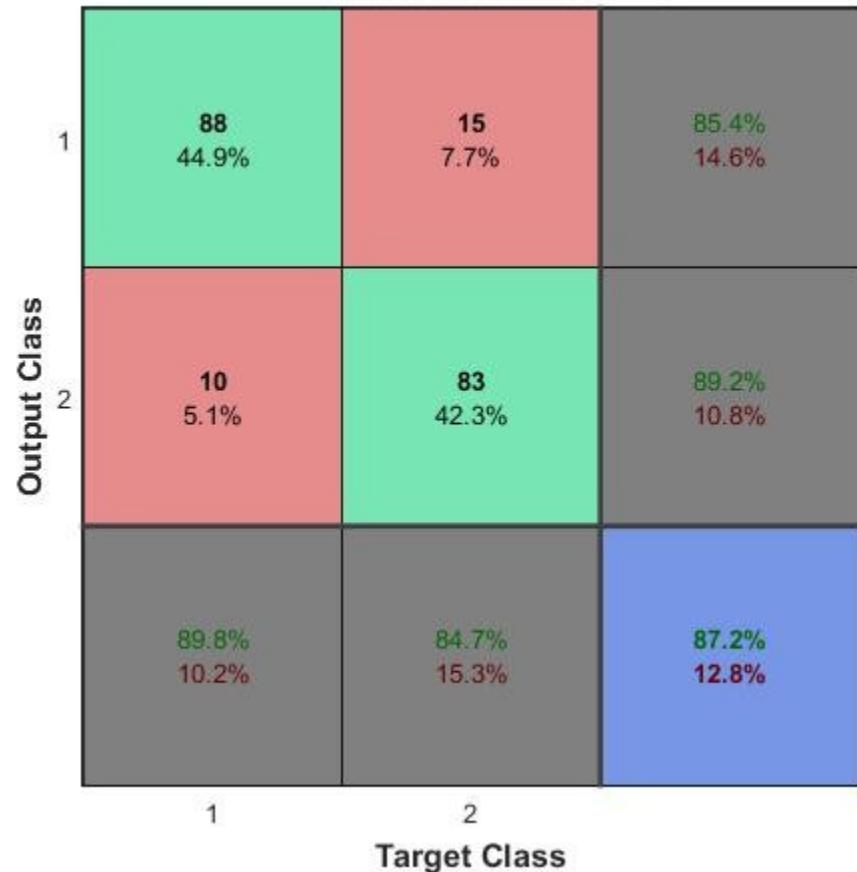


# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών και κατά Φύλο

T2 EPN - selected channels - MEN



T2 EPN - selected channels - WOMEN

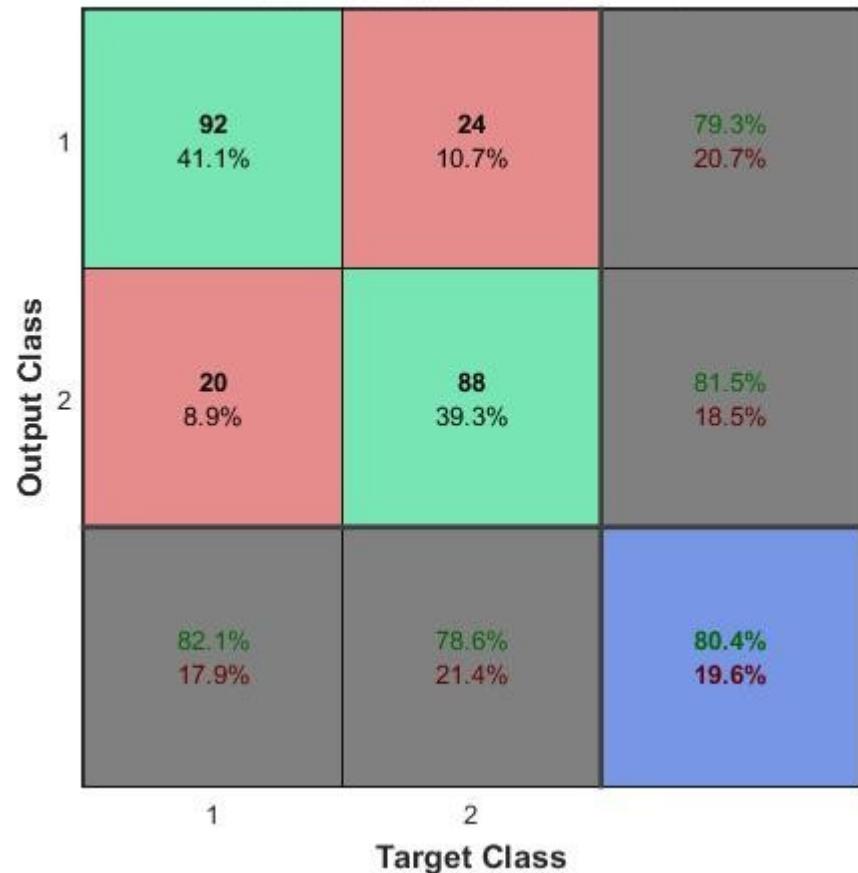


# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών και κατά Φύλο

T1 P300 - selected channels - MEN

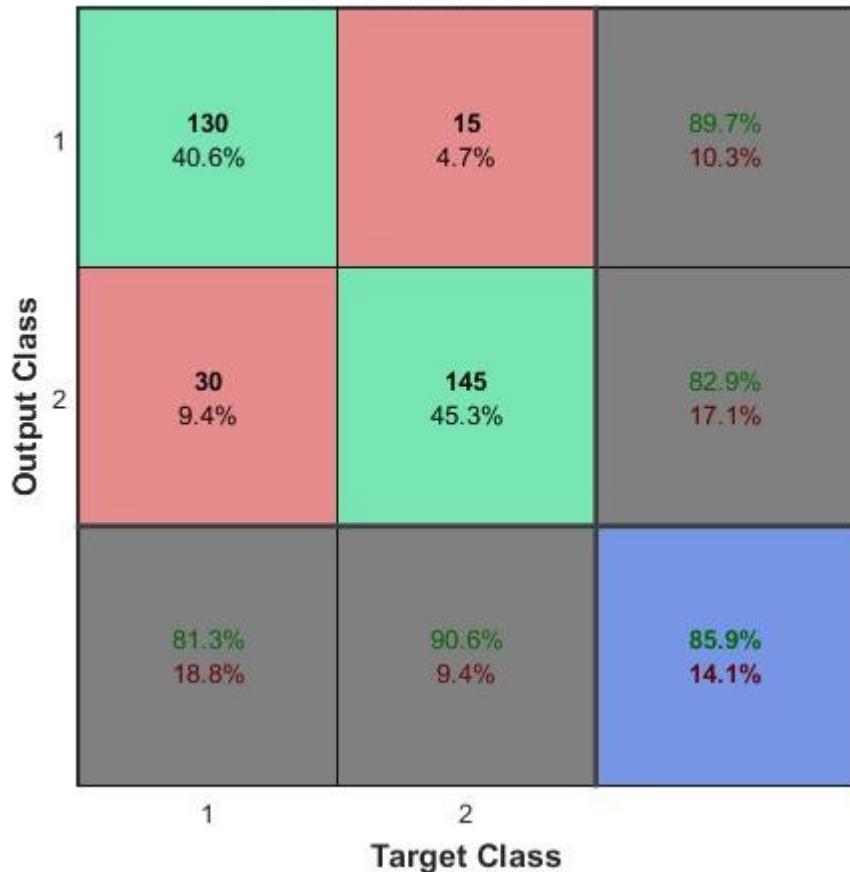


T1 P300 - selected channels - WOMEN

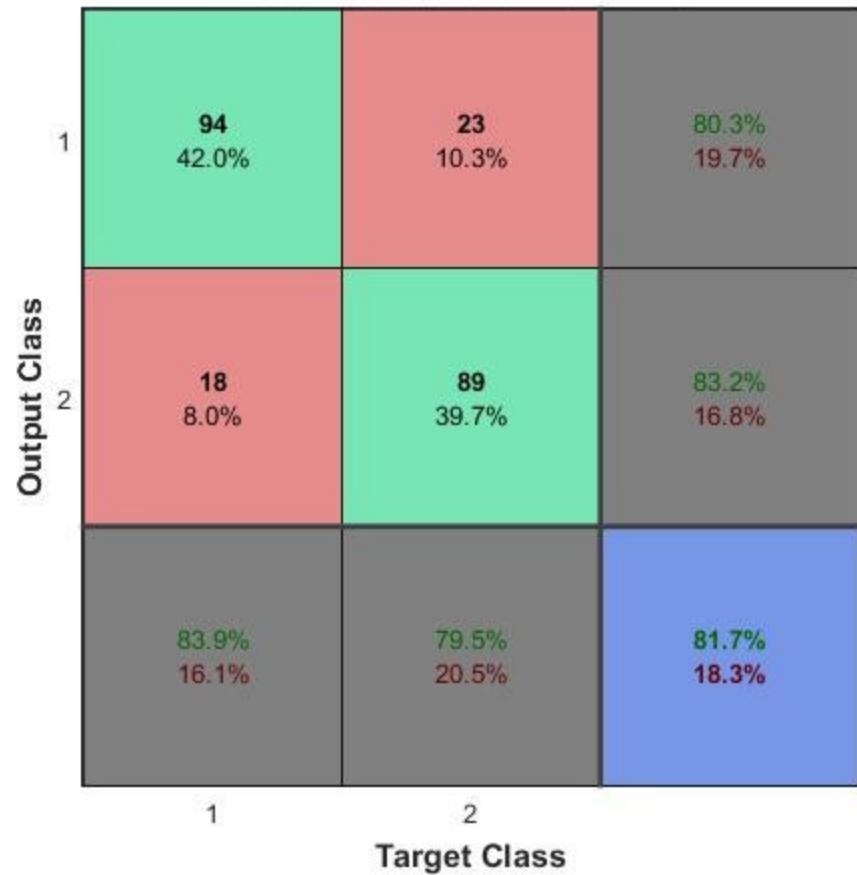


# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών και κατά Φύλο

T2 P300 - selected channels - MEN

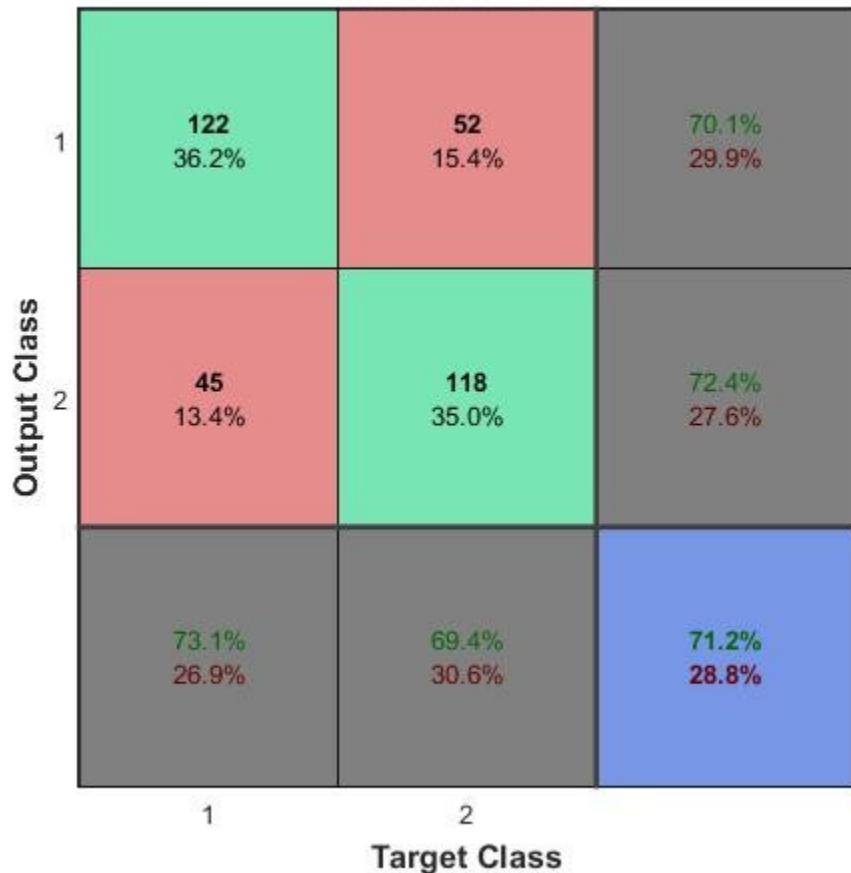


T2 P300 - selected channels - WOMEN



# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών και κατά Φύλο

T1 LPP - selected channels - MEN



T1 LPP - selected channels - WOMEN

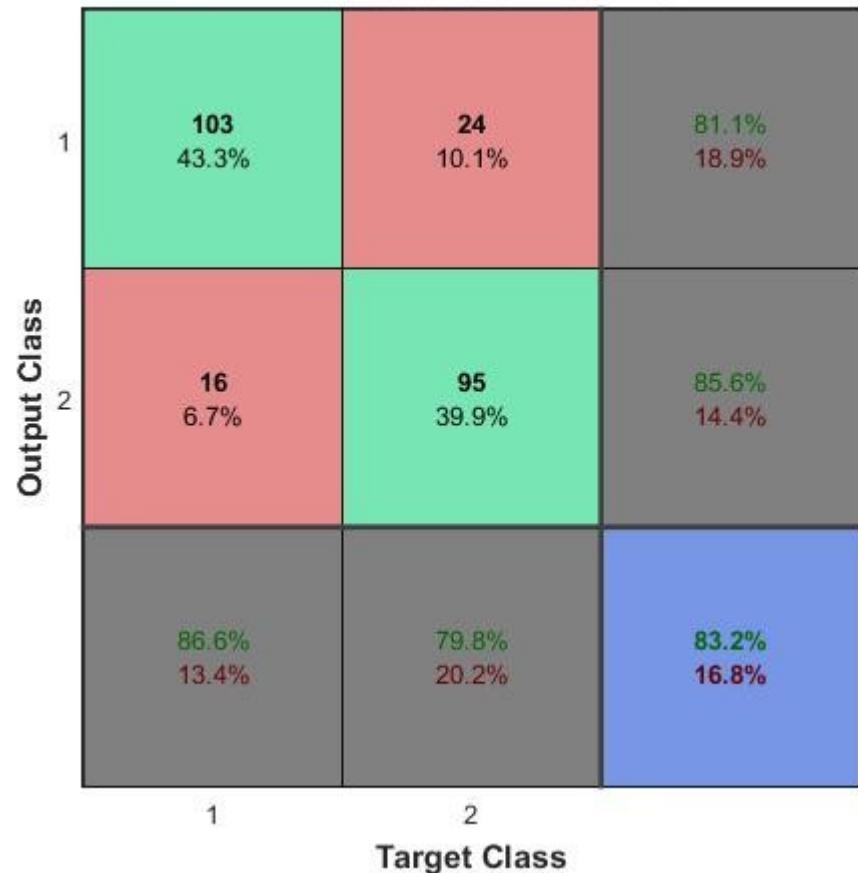


# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών και κατά Φύλο

T2 LPP - selected channels - MEN



T2 LPP - selected channels - WOMEN



# Αποτελέσματα με Επιλογή Καναλιών και κατά Φύλο

Παρατηρώντας τα αποτελέσματα, βλέπουμε ότι συνήθως οι γυναίκες προσφέρουν καλύτερο classification, και συχνά με μεγάλη διαφορά. Αυτό παρατηρείται σε όλα σχεδόν τα ERPs. Αυτό ίσως να σημαίνει ότι οι συναισθηματικές αντιδράσεις των γυναικών είναι πιο έντονες, άρα πιο ανιχνεύσιμες, άρα πιο ταξινομήσιμες. Επίσης παρατηρούμε ότι συχνά το classification χωριστά των γυναικών-ανδρών δίνει καλύτερα αποτελέσματα και για τους μεν και για τους δε, από ότι όταν τρέχει και για τους 2 (ή των ανδρών είναι λίγο χειρότερο, ενώ των γυναικών αρκετά καλύτερο). Αυτό σημαίνει ότι η εξέταση χωριστά αυτών των 2 set (άνδρες-γυναίκες) βοηθάει στο να διακρίνουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια την συναισθηματική κατάσταση των συμμετεχόντων, άρα αυτός ο χωρισμός έχει νόημα. Επίσης μπορεί να σημαίνει ότι θα χρειαστούν διαφορετικές μεθοδολογίες στους μεν και τους δε, αν θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα brain-computer interface.

# Συσχέτιση των ERPs

Θέλουμε να εξετάσουμε την συσχέτιση των ERPs, στα καθορισμένα πλαίσια όμως που αφορούν το πείραμα αυτό. Θα επιλέξουμε λοιπόν τα ERPs τα οποία μας δίνουν με καλύτερη ακρίβεια πρόβλεψη για την συναισθηματική κατάσταση. Αυτά είναι με βάση τα προηγούμενα αποτελέσματα το EPN και το N170.

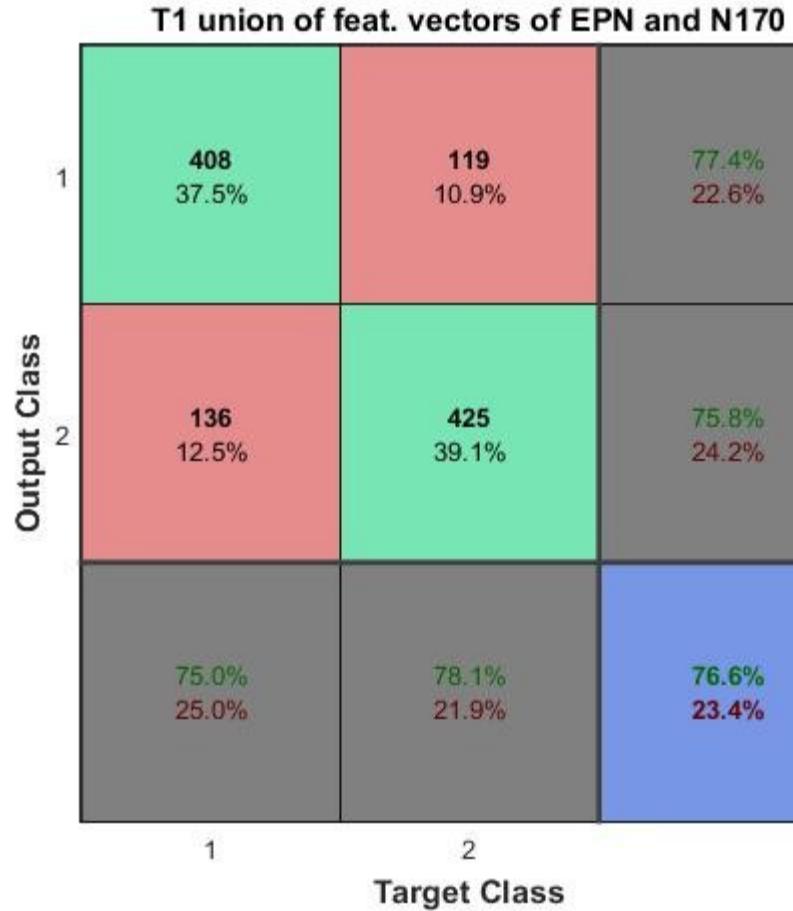
Να σημειωθεί ότι στην βιβλιογραφία βρήκαμε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του LPP και του EPN. Όμως δεν μελετήθηκε αυτό το ζεύγος καθώς τα αποτελέσματα για το LPP δεν ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά.

# Συσχέτιση των ERPs

Θα ακολουθήσουμε συνολικά 5 μεθόδους, σαν διαφορετικές προσεγγίσεις του ερωτήματος της συσχέτισης:

- Μέθοδος 1: Έστω  $X$  το dataset του ERP A και  $Y$  το dataset του ERP B. Θα δημιουργηθεί το  $Z=[X;Y]$  και με αυτό θα προκύψει ένα error.
- Μέθοδος 2: Παίρνω τα κανάλια και των δύο, τον χρόνο και των δύο και βγάζω 2 κορυφές από αυτό το συνολικό σήμα.
- Μέθοδος 3: Παίρνω τα κανάλια και των δύο, τον χρόνο του κάθε ενός ξεχωριστά, βγάζω μία κορυφή για το καθένα και ενώνω σε ομόλογα κανάλια.
- Μέθοδος 4: Παίρνω τα κανάλια και τον χρόνο του καθενός (μειώνω τα κανάλια του ενός ώστε να είναι ίδια σε αριθμό) και παίρνω μία κορυφή από τα features του καθενός και φτιάχνω καινούριο vector, το οποίο όμως δεν αντιστοιχεί σε ένα συγκεκριμένο κανάλι
- Μέθοδος 5: Παρατήρηση των ίδιων των κυματομορφών στα επιλεγμένα κανάλια.

# Συσχέτιση των ERPs – Μέθοδος 1



```
-> Classification errors for using only 1 predictor(s)
1: val1 = 48.131127
2: frq1 = 35.845588
3: wid1 = 46.139706
4: val2 = 47.579657
5: frq2 = 38.878676
6: wid2 = 45.802696
```

# Συσχέτιση των ERPs – Μέθοδος 2

T1 total time (consecutive) and total channels of EPN and N170



-> Classification errors for using only 1 predictor(s)

```
1: vall = 44.944853
2: frq1 = 37.653186
3: wid1 = 47.794118
5: frq2 = 41.115196
6: wid2 = 45.802696
```

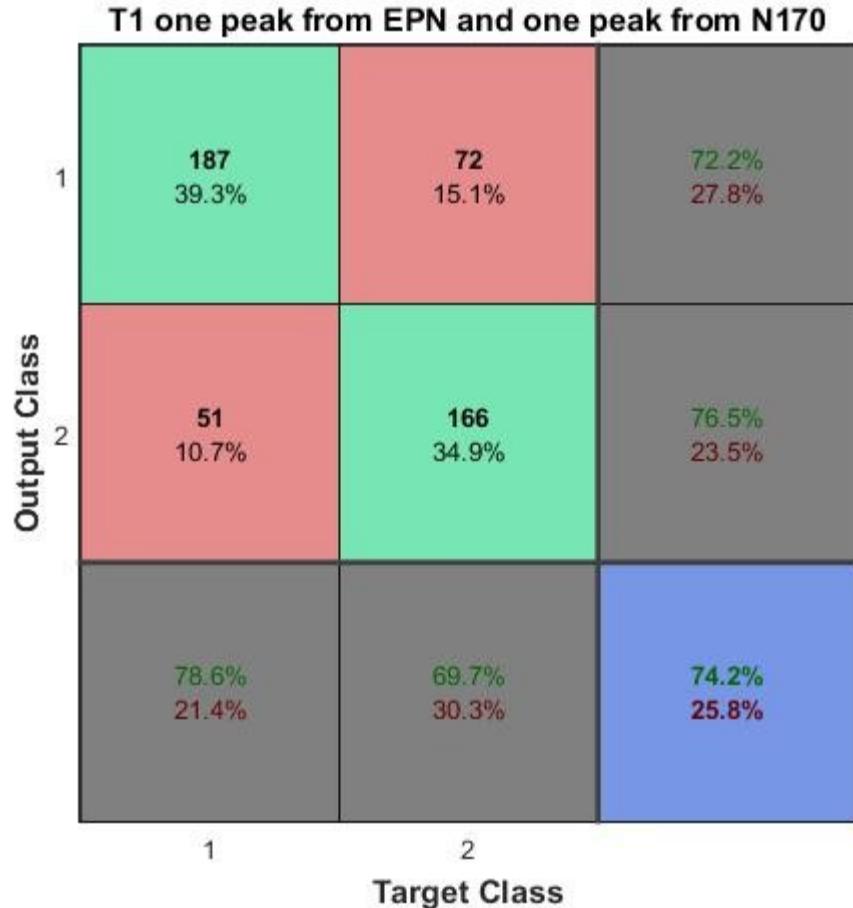
# Συσχέτιση των ERPs – Μέθοδος 3

T1 one peak from EPN and one peak from N170 correct channels:



```
-> Classification errors for using only 1 predictor(s)
1: val1 = 48.927696
2: frq1 = 37.775735
3: wid1 = 45.986520
4: val2 = 48.069853
5: frq2 = 39.399510
6: wid2 = 47.518382
```

# Συσχέτιση των ERPs – Μέθοδος 4



```
-> Classification errors for using only 1 predictor(s)  
1: val1 = 40.616246  
2: frq1 = 32.352941  
3: wid1 = 43.207283  
4: val2 = 48.739496  
5: frq2 = 34.173669  
6: wid2 = 49.719888
```

# Συσχέτιση των ERPs – Μέθοδος 4

Σε αυτό το παράδειγμα παίρνουμε την δεύτερη κορυφή του EPN:

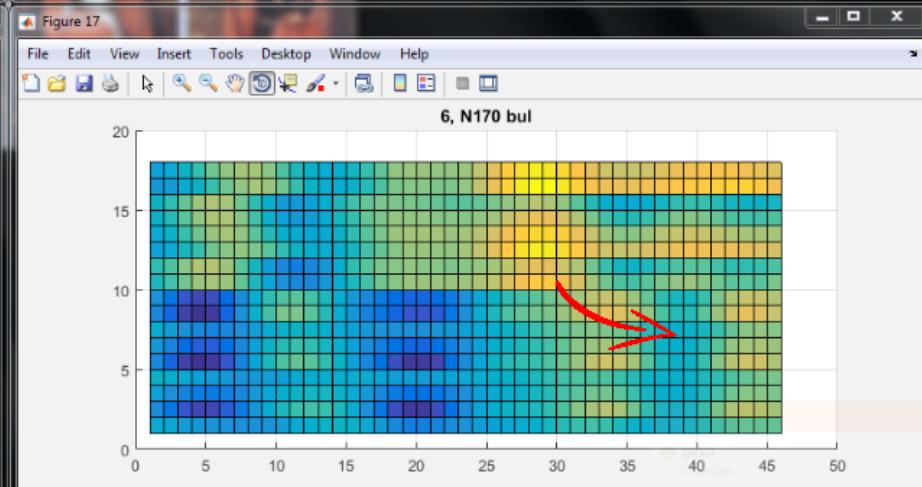
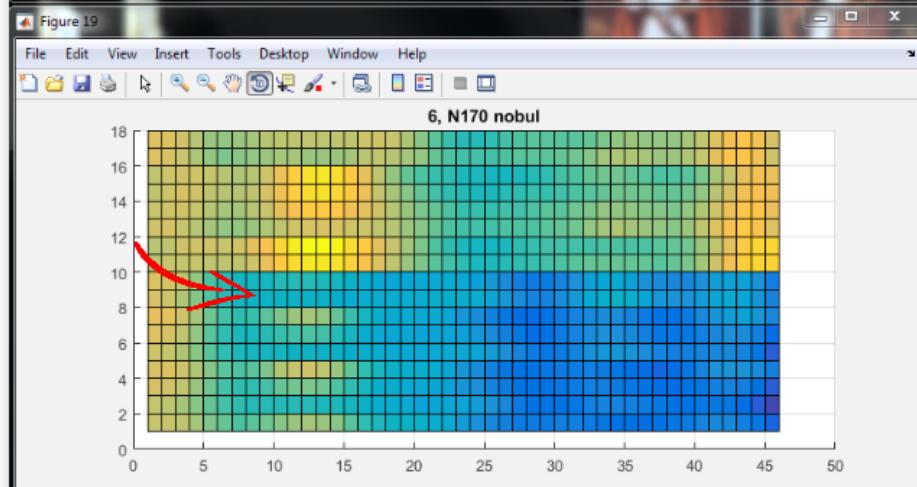
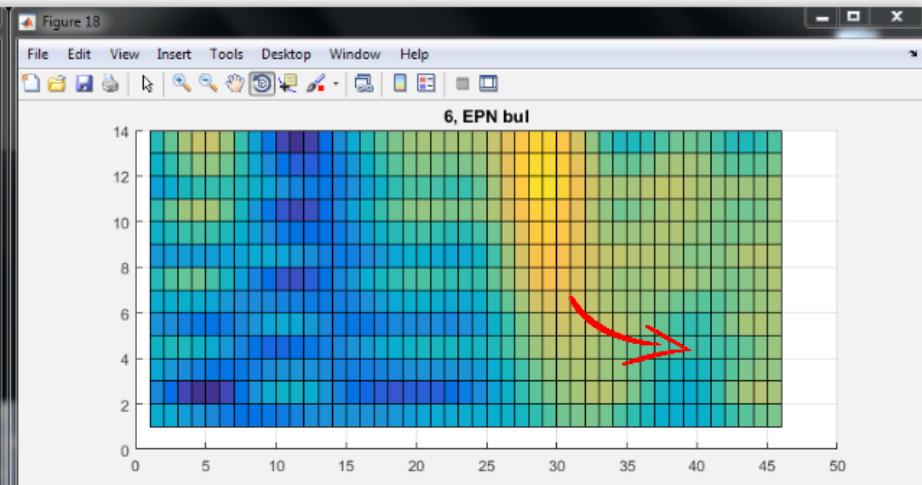
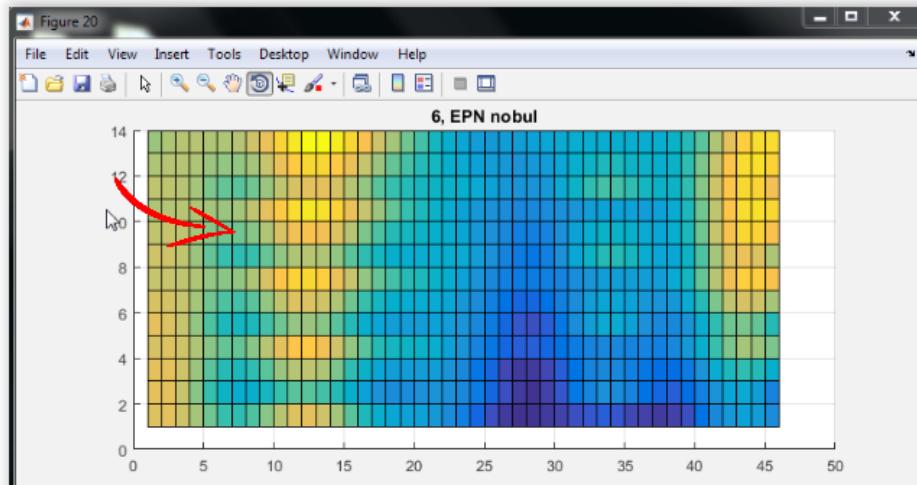
T1 one peak from EPN and one peak from N170



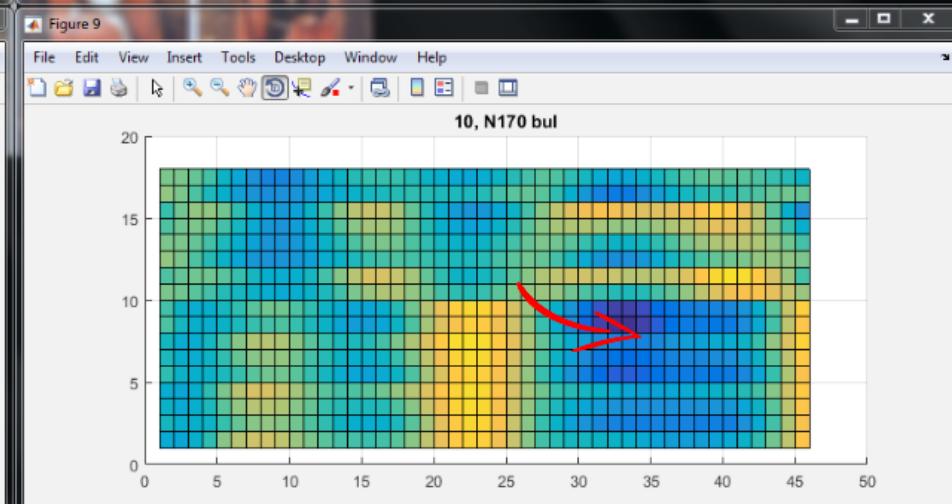
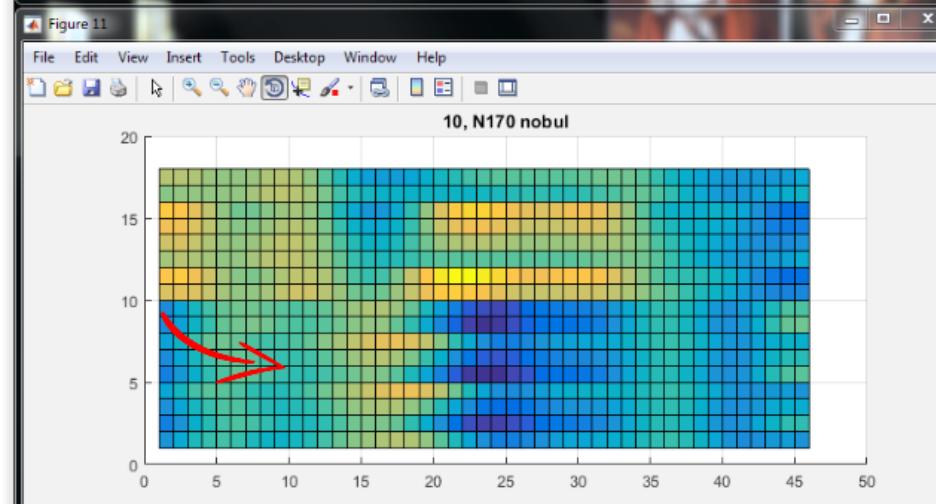
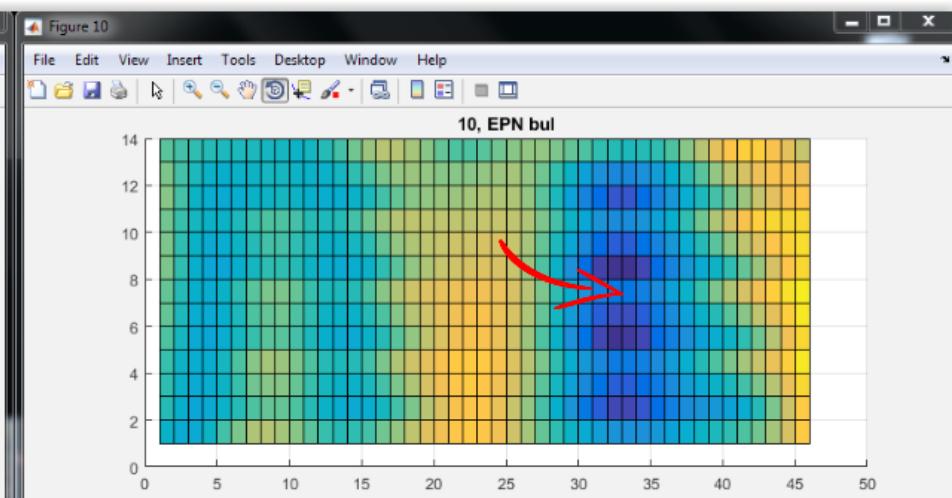
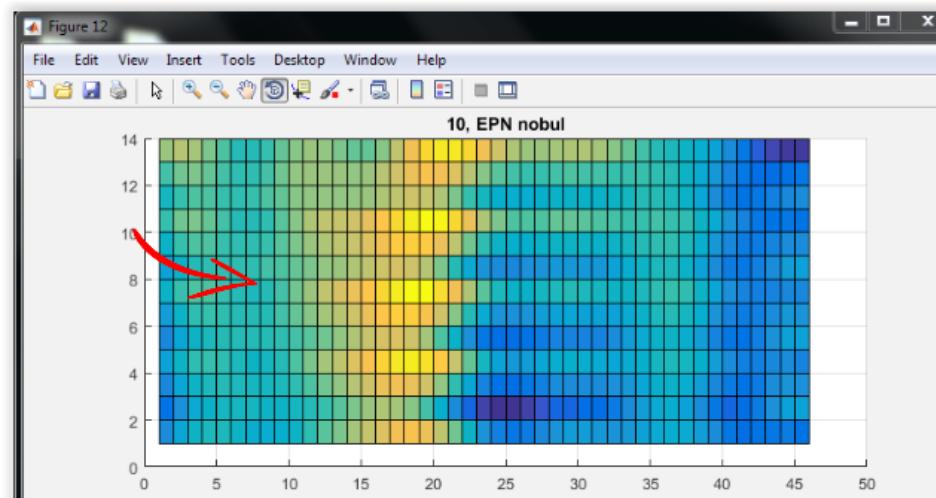
```
-> Classification errors for using only 1 predictor(s)
1: val1 = 40.616246
2: frq1 = 32.352941
3: wid1 = 43.207283
4: val2 = 45.728291
5: frq2 = 36.274510
6: wid2 = 43.417367
```

# Συσχέτιση των ERPs – Μέθοδος 5

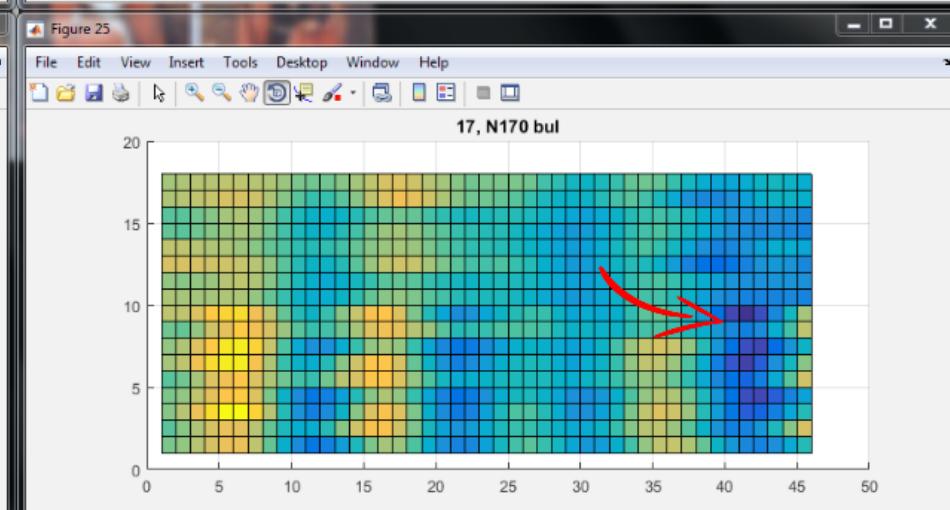
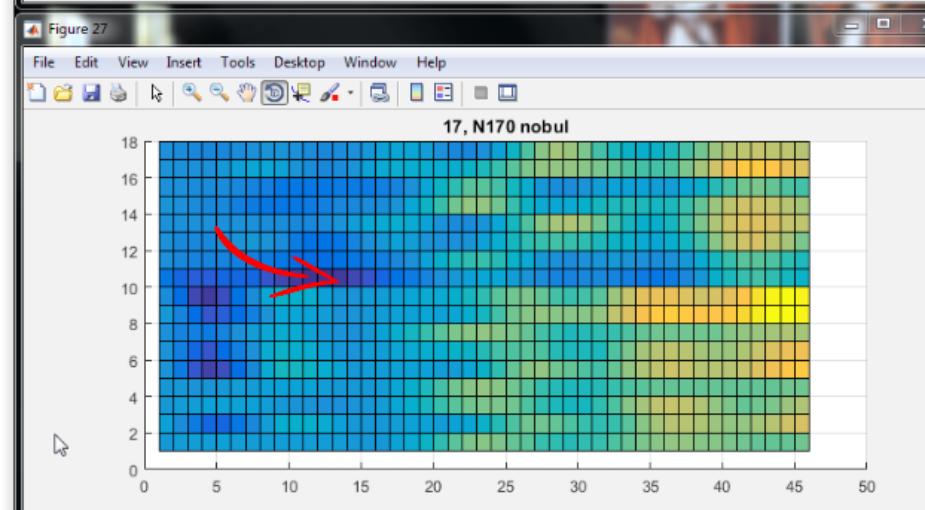
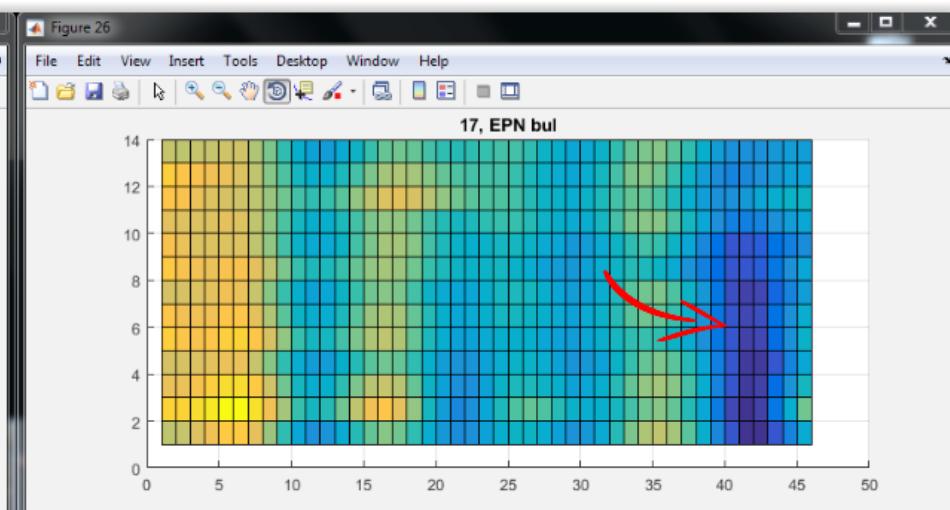
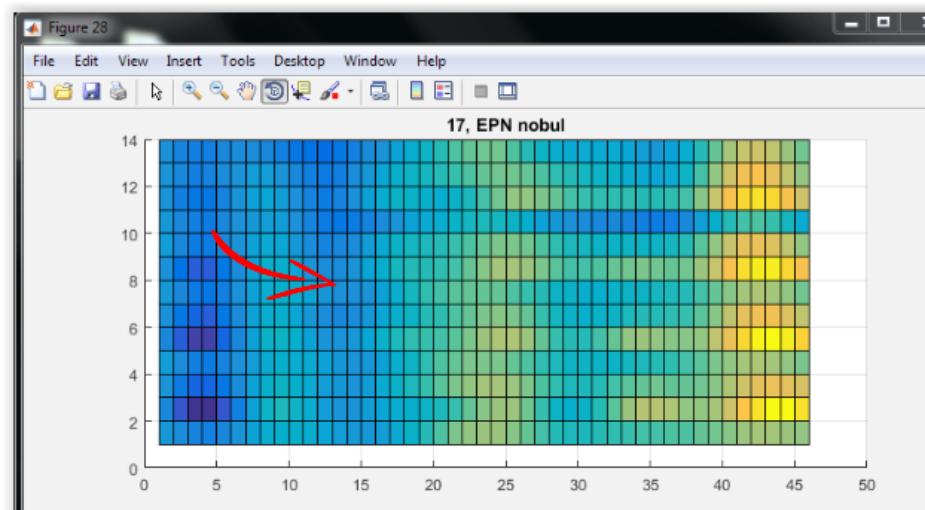
Παρατήρηση για το T1-EPN και N170 – Men (120-300 ms)



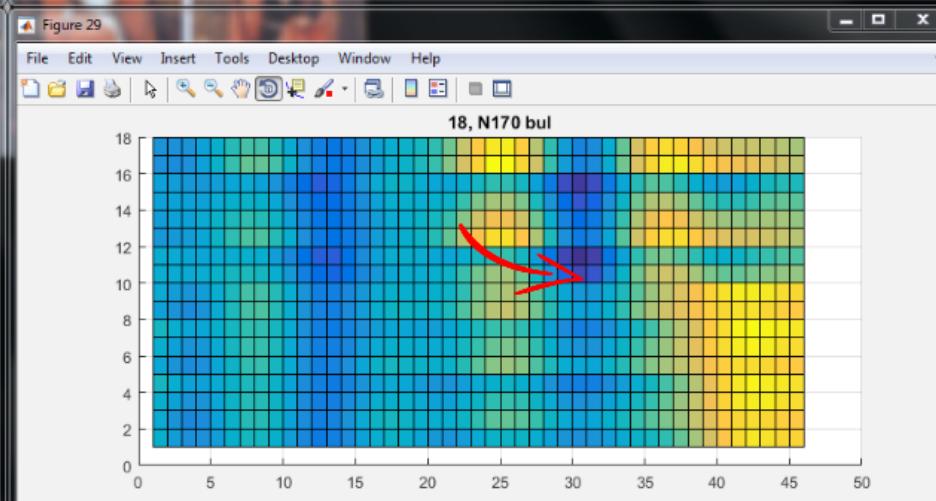
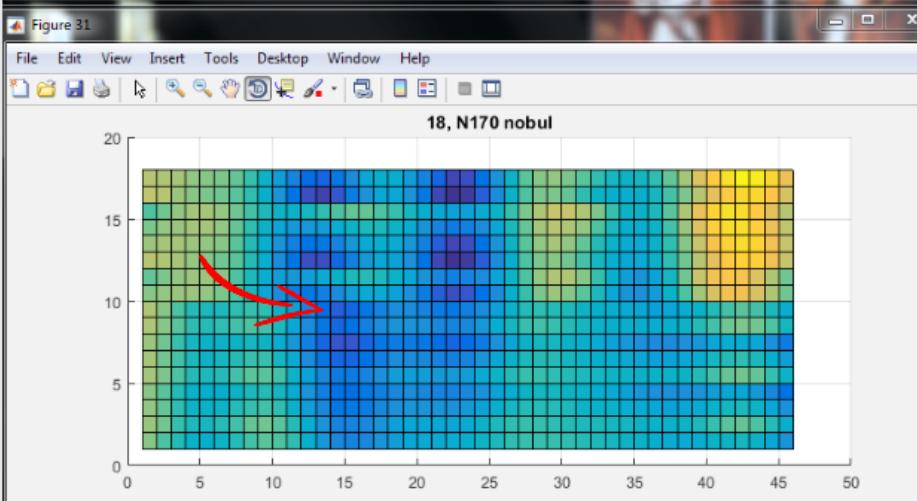
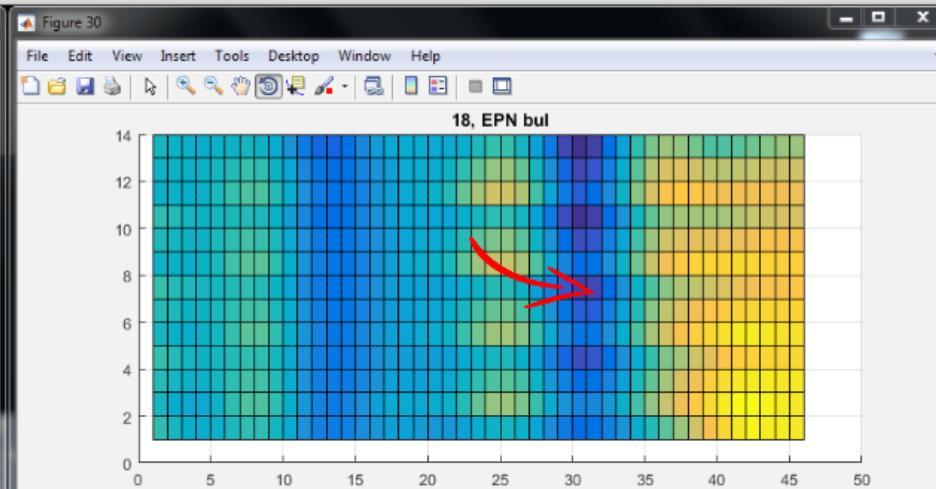
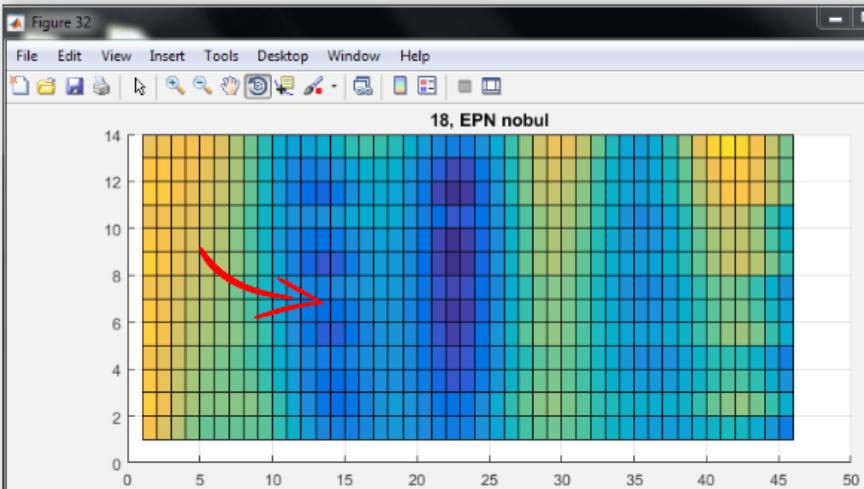
# Συσχέτιση των ERPs – Μέθοδος 5



# Συσχέτιση των ERPs – Μέθοδος 5

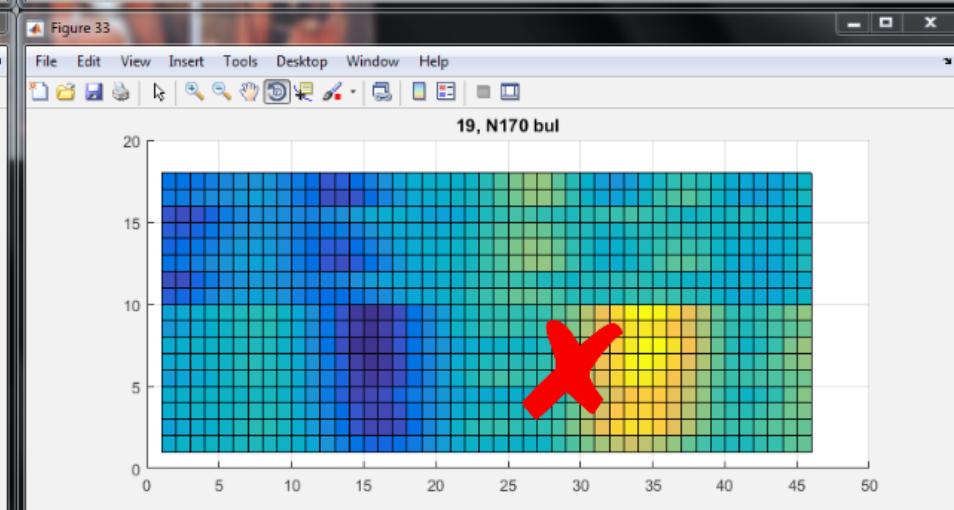
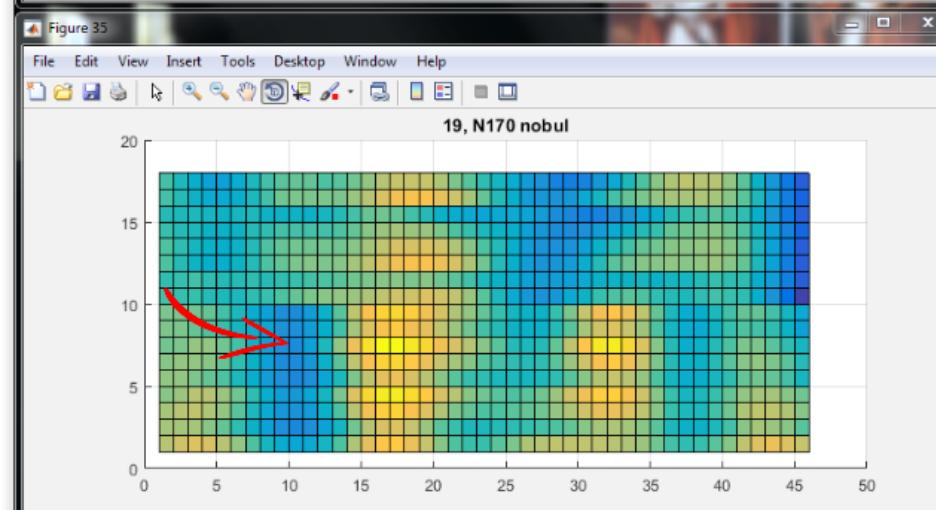
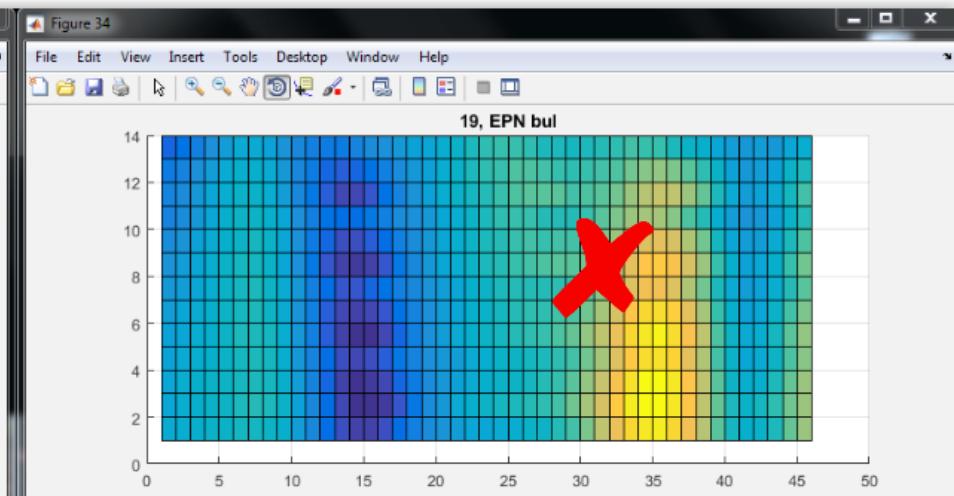
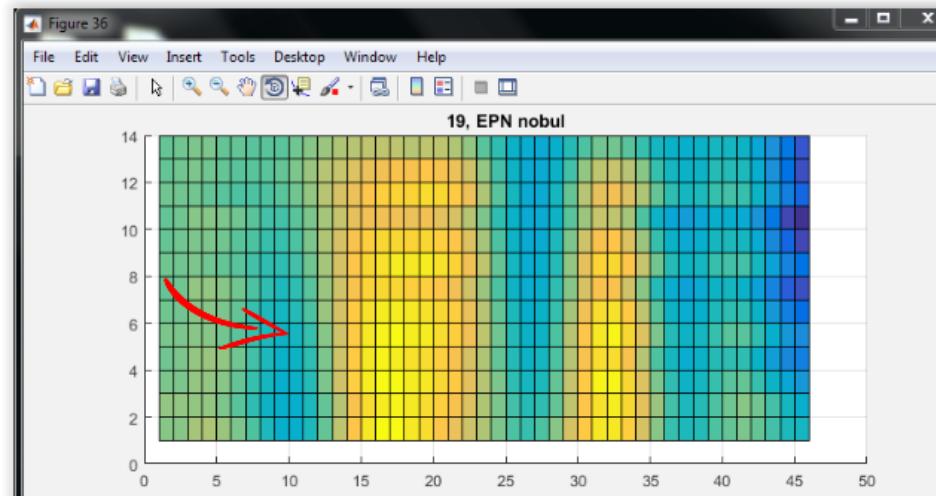


# Συσχέτιση των ERPs – Μέθοδος 5



# Συσχέτιση των ERPs – Μέθοδος 5

Όμως:



# Συσχέτιση των ERPs – Συμπεράσματα

Σε σχέση με τα αποτελέσματα των EPN και N170 στο T1 χωριστά, είδαμε ότι οι μέθοδοι αυτές έδωσαν χειρότερα αποτελέσματα από τα καλύτερα αποτελέσματα των 2. Αν υπήρχε συσχέτιση μεταξύ των ERPs θα περιμέναμε να βελτιώνεται με αυτές τις μεθόδους το classification αισθητά, κάτι που δεν συνέβει. Οπότε μπορούμε να υποθέσουμε ότι τουλάχιστον όσων αφορά αυτούς τους τρόπους προσέγγισης, δεν φαίνεται να υπάρχει συσχέτιση μεταξύ τους.

Το ίδιο προκύπτει και από την παρατήρηση των κυματομορφών. Ακόμα και για το πιο συχνό pattern που παρατηρήσαμε, αυτό δεν υπήρχε παντού, και υπήρχαν και αντιπαραδείγματα αυτού.

# Στατιστική διαφορά διανυσμάτων T1 και T2

Ένας τρόπος να ελεγχθεί αυτό, χωρίς να χρειαστεί περαιτέρω επεξεργασία, είναι να αναφερθούμε κατ'ευθείαν στην δυνατότητα classification. Αν αυτή διαφέρει για ένα δεδομένο ERP και φύλο μεταξύ των 2 πειραμάτων, τότε θα υπάρχει και στατιστική διαφορά μεταξύ των διανυσμάτων. Θα επιλέξουμε το καλύτερο classification, που έγινε για το T1-EPN-Women.

Εδώ παρατηρήσαμε και κάτι ακόμα, από τα αρχεία των epochs που είδαμε λόγω της μελέτης των band. Υπήρχε πρόβλημα σε κάποιες καταγραφές, καθώς συνεχόμενα bul και nobul βρισκόντουσαν σε αποστάσεις μερικών ms, με αποτέλεσμα να έχουν ουσιαστικά ίδιες καταγραφές τα eeg των bul και των nobul. Αυτό συμβαίνει για τους συμμετέχοντες 11 και 12, που είναι και οι 2 γυναίκες. Αφαιρέθηκαν λοιπόν αυτές από τα δεδομένα, καθώς υποβίβαζαν την ποιότητά τους, και βρέθηκαν:

# Στατιστική διαφορά διανυσμάτων T1 και T2

```
9 -> Training model: T1 EPN WOMEN  
10 Peak 1-2 correlation: 0.26  
11 - Classification error: 10.2%  
12 Confusion matrix:  
13      45.71      4.29  
14      4.29      45.71
```

```
25 -> Training model: T2 EPN WOMEN  
26 Peak 1-2 correlation: 0.54  
27 - Classification error: 14.5%  
28 Confusion matrix:  
29      48.57      1.43  
30      14.29      35.71
```

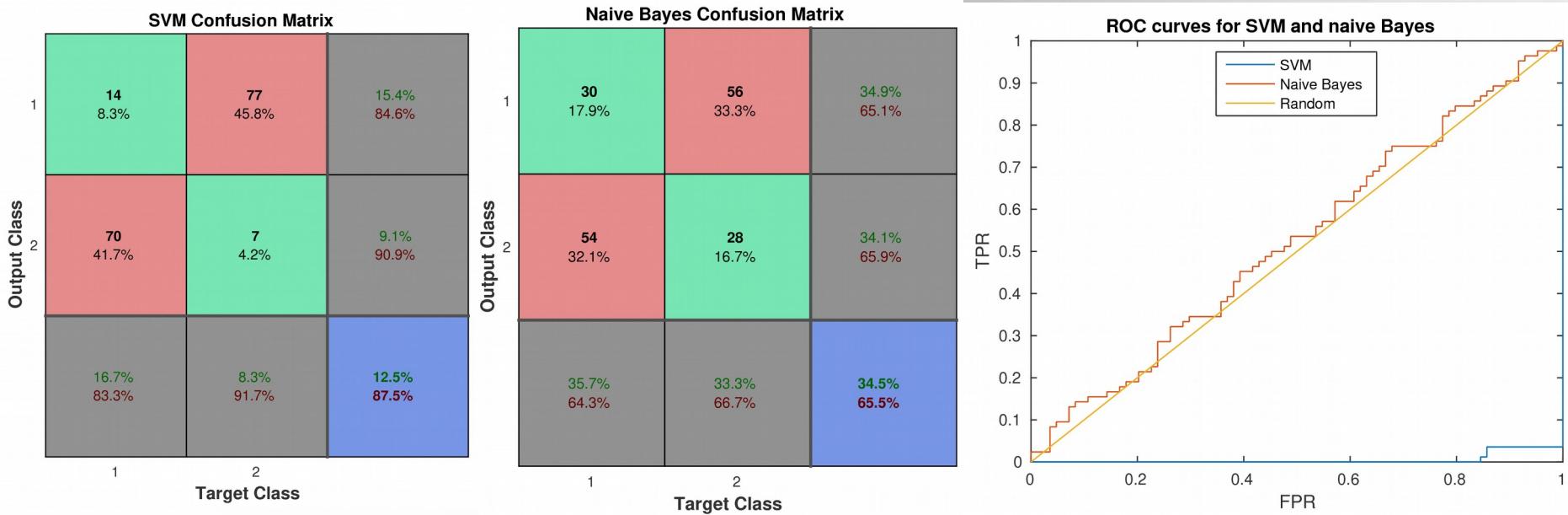
Όταν τα αποτελέσματα πριν την αλλαγή ήταν:

```
9 -> Training model: T1 EPN WOMEN  
10 Peak 1-2 correlation: 0.35  
11 - Classification error: 14.6%  
12 Confusion matrix:  
13      43.88      6.12  
14      9.69      40.31
```

```
25 -> Training model: T2 EPN WOMEN  
26 Peak 1-2 correlation: 0.50  
27 - Classification error: 16.7%  
28 Confusion matrix:  
29      37.24      12.76  
30      6.12      43.88
```

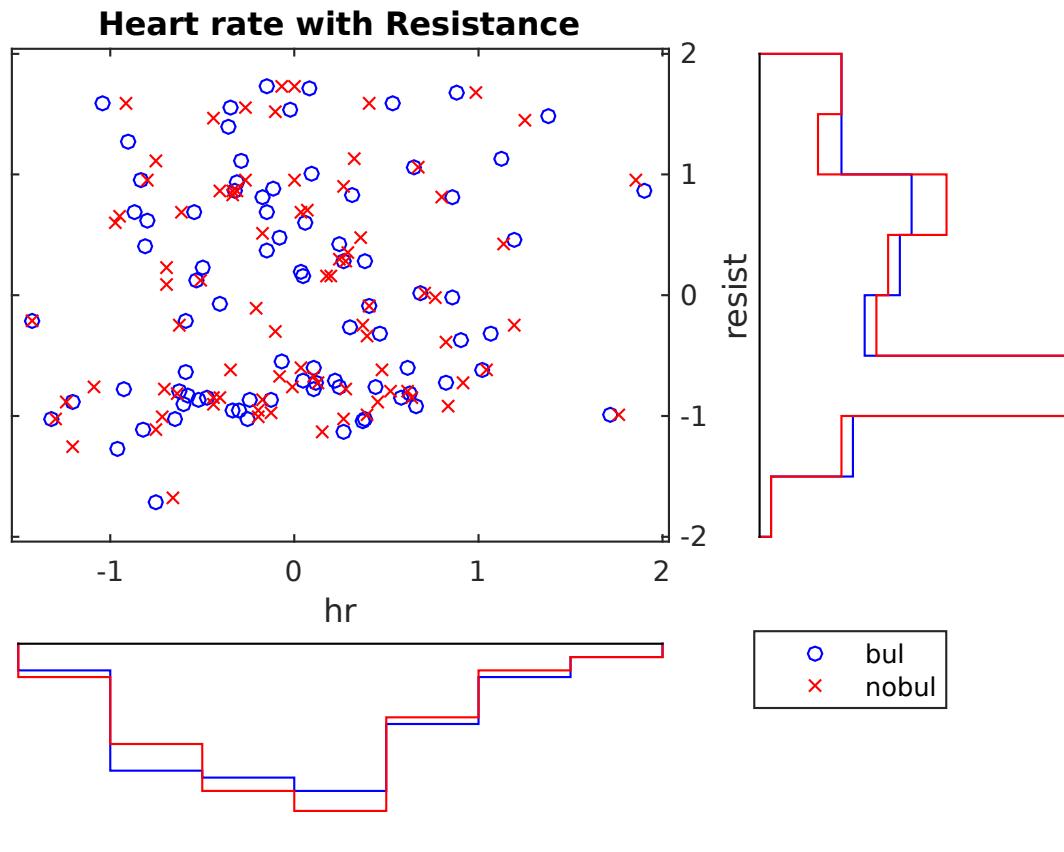
Κατ'αρχάς η βελτίωση είναι ξεκάθαρή, ακόμη και αν πριν είχαμε καλά αποτελέσματα, και ας μειώνουμε και το dataset. Παρατηρούμε επίσης ότι υπάρχει διαφορά στο classification, άρα υπάρχει και στατιστική διαφορά. Πολύ συχνά το T2 δίνει χειρότερα αποτελέσματα από το T1, αλλά μπορεί να συμβεί και το αντίθετο, όπως εδώ. Γενικά, το σίγουρο είναι ότι υπάρχουν κάποιες διαφορές στα αποτελέσματα που δίνουν τα 2 πειράματα, συχνά σημαντικές.

# Μετρήσεις Band

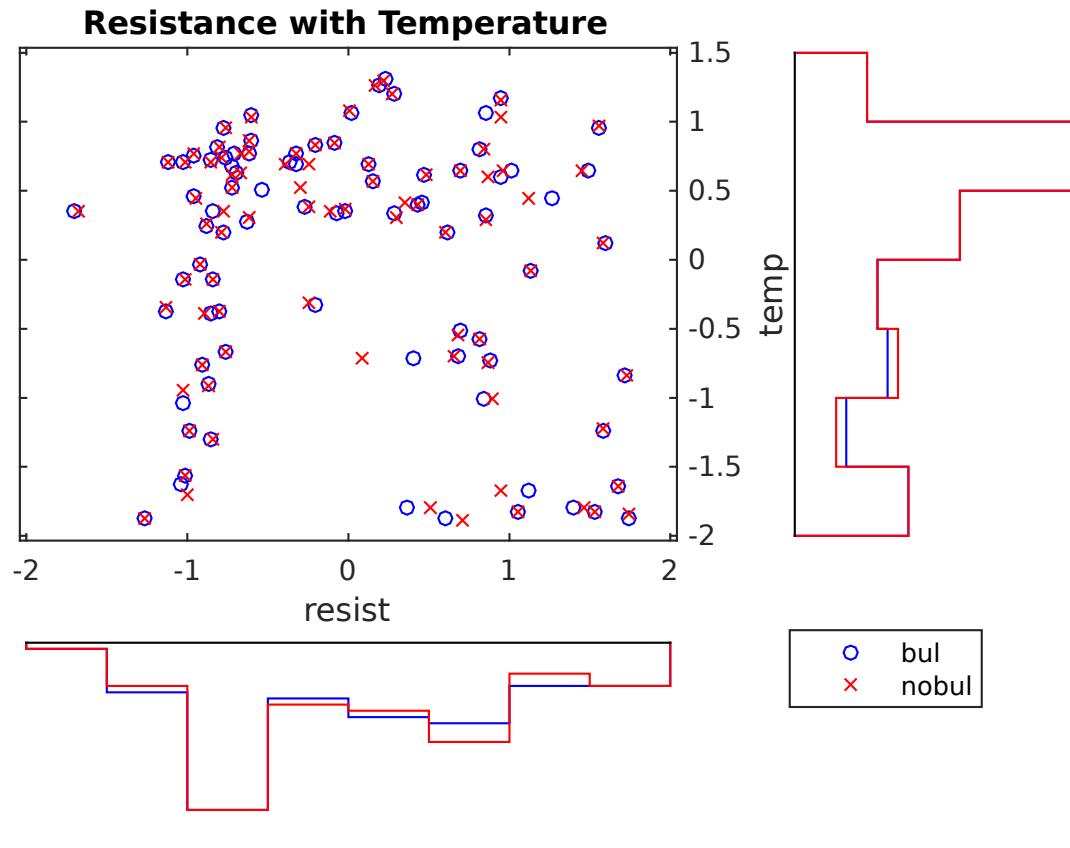


- Σφάλμα μεγαλύτερο της τυχαίας επιλογής!
- Αν πάρουμε το αντίστροφο συμπέρασμα;
- Πώς εξηγείται;
  - Εκπαίδευση σε θόρυβο, όχι πραγματική πληροφορία
  - Το μοντέλο “νομίζει ότι γνωρίζει”

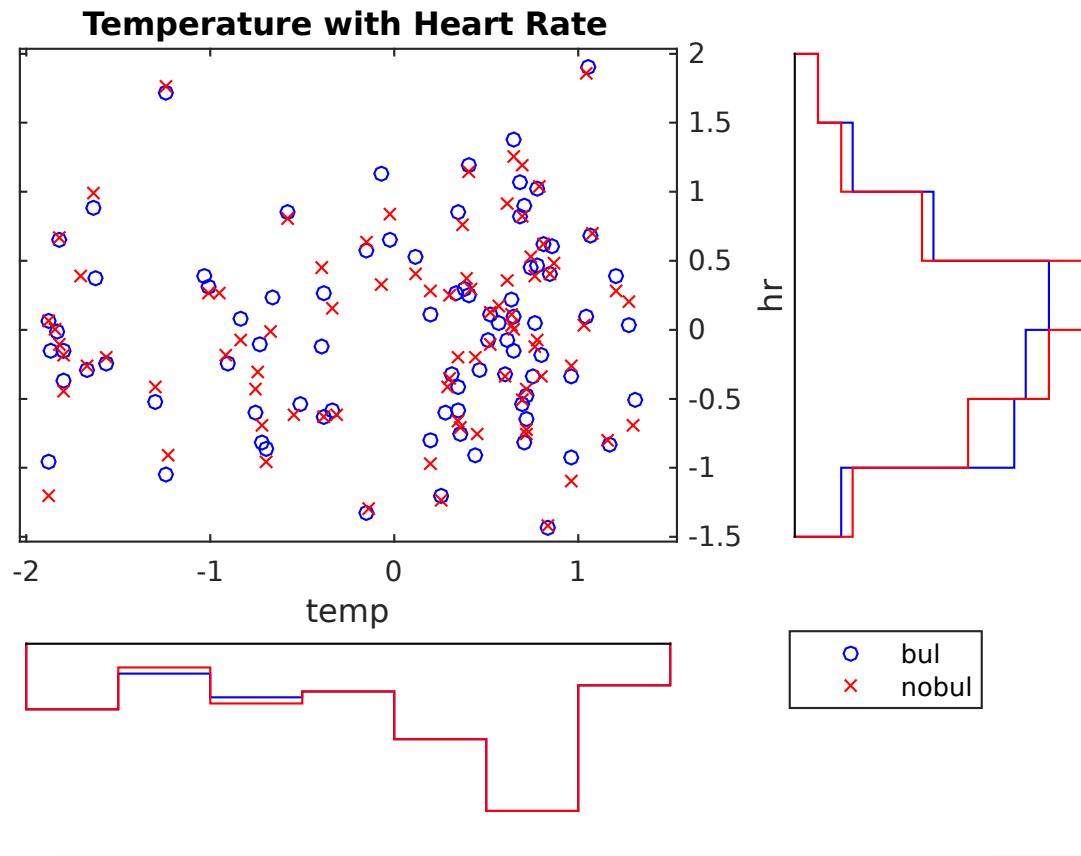
# Μετρήσεις Band



# Μετρήσεις Band



# Μετρήσεις Band



# Στατιστική διαφορά μετρήσεων band

## Kolmogorov–Smirnov test

Έξτρα παράμετρος: παράμετρος  $p = \eta$  πιθανότητα το D να παίρνει μία τιμή ή μεγαλύτερη για 2 δεδομένα dataset, εφόσον η null hypothesis δεν απορρίπτεται.

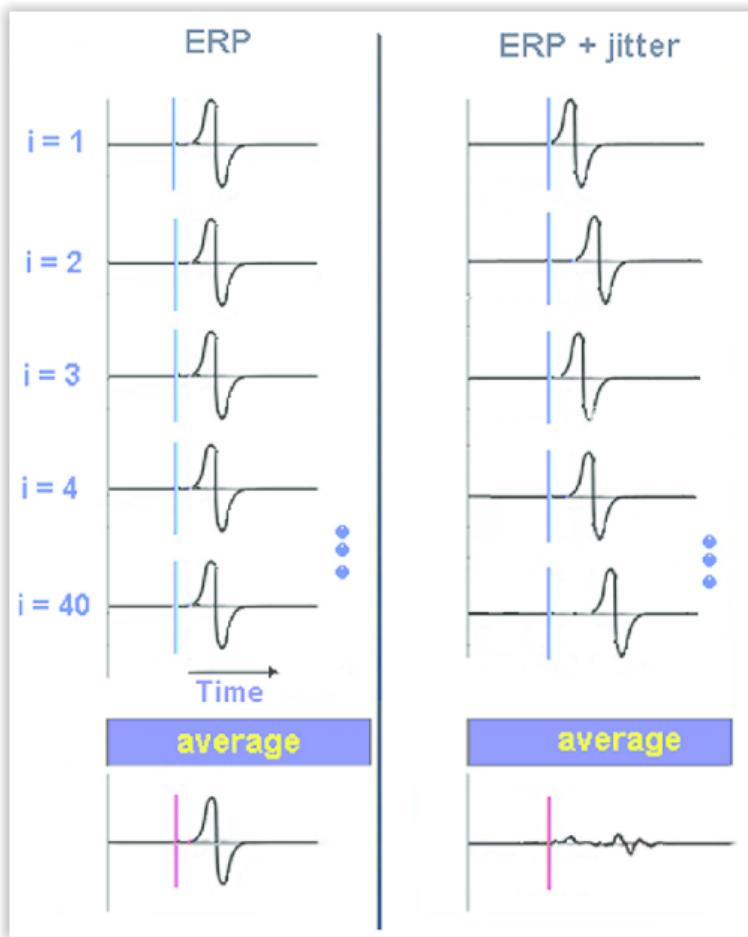
**Matlab:** [H, pValue, KSstatistic] = kstest2(x1, x2, varargin)

Δοκιμάσαμε να πάρουμε τα παραπάνω H για το heart rate, την αντίσταση δέρματος και την θερμοκρασία σε bul και no bul. Κάναμε 2 προσεγγίσεις, μία που παίρναμε όλες τις τιμές για κάθε epoch (6) και μία που παίρναμε τη μέση τιμή τους. Και οι 2 έδωσαν  $H = 0$  (**μη απόρριψη** της null hypothesis) για όλες τις τιμές και για πολύ μικρές τιμές του a. Οπότε συμπεραίνουμε ότι δεν μπορούμε από αυτές τις μετρήσεις να βγάλουμε συμπεράσματα για bul-nobul. Κάτι τέτοιο ήταν αναμενόμενο, καθώς για να μεταβληθούν αυτές οι ποσότητες από τέτοια ερεθίσματα απαιτούνται πολύ έντονα ερεθίσματα.

# Συζήτηση Εικασίες



# Βοήθησε όμως το epoch averaging?



# Τι ακριβώς μοντελοποιούμε;

- Τι αλλάζει ανάμεσα στα διαφορετικά bullying events που έχουν καταγραφεί στο EEG;
  - “Νοητική κατάσταση”: ελλιπής πληροφόρηση από EEG
  - Η νοητική κατάσταση εξελίσσεται στο χρόνο
  - *Όλα τα κανάλια καταγράφουν την ίδια χρονική στιγμή την ίδια νοητική κατάσταση*
- Στόχος η ταξινόμηση νοητικής κατάστασης σε bullying ή όχι
- Dataset από πολλές διαφορετικές καταστάσεις!
  - Συμψηφισμός όλων των καναλιών σε μία παρατήρηση
    - Πολύ περισσότεροι predictors – πρέπει να γίνει “περίληψη”
    - Μέσος όρος όλων των καναλιών ενός ERP;

# Μέσος όρος καναλιών

-> Training model: T1 EPN both

Peak 1-2 correlation: -0.22

- Classification error: 37.8% std: 6.94

Confusion matrix:

26.67	16.67
23.33	33.33

Note the high variance



- Naive Bayes error: 35.6% std: 10.18

Naive Bayes confusion matrix:

33.33	10.00
16.67	40.00

-> Training model: T2 EPN both

Peak 1-2 correlation: -0.03

- Classification error: 36.7% std: 5.77

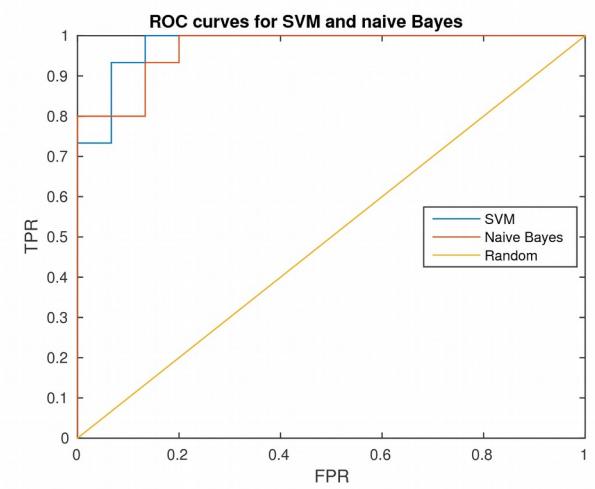
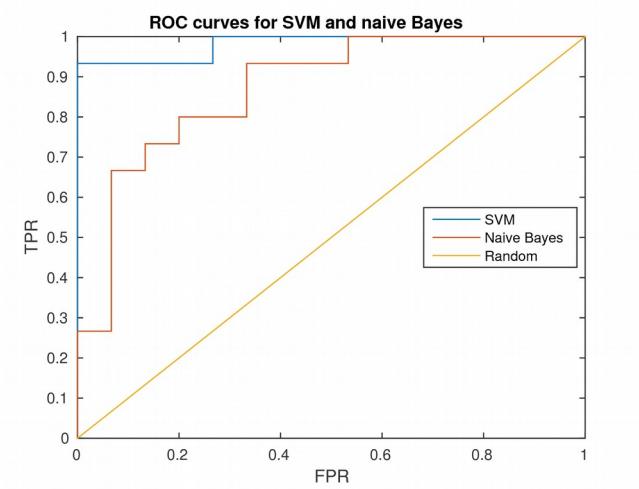
Confusion matrix:

33.33	16.67
16.67	33.33

- Naive Bayes error: 57.8% std: 6.94

Naive Bayes confusion matrix:

16.67	30.00
33.33	20.00



# Σχεδιασμός πειράματος

- Τα αποτελέσματα μπορεί να ήταν σαφέστερα με ορισμένες αλλαγές στο πείραμα
- Παρατηρήσεις
  - Αρκετά ήπιο θέαμα για να τραβήξει την προσοχή πολλών συμμετεχόντων, σε κάποια σημεία μη πειστικό
  - Η προσοχή και το ενδιαφέρον για συναισθηματική σύνδεση με το θέαμα διαφορετικά για κάθε συμμετέχοντα
  - Προβλήματα στα δεδομένα EEG
    - Κενά στοιχεία στον 8/T1
    - Επικαλύψεις των χρονικών στιγμών bul/nobul, στα 11/T1, 12/T2
    - Καταγραφές από άλλα συμβάντα (D246,D247) στον 20
- Προτάσεις
  - Προβολή σκηνών με σκοπό την εγρήγορση & προετοιμασία των συμμετεχόντων
  - Ρεαλιστικότερες σκηνές