

Συστοιχίες Μικροφώνων (Microphone Arrays) και Πολυκαναλακή Επεξεργασία Σηµάτων (Multichannel Signal Processing)

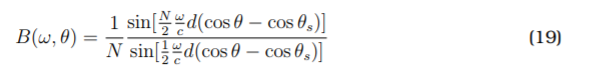
3η εργαστηριακη ασκηση

**Θεοδωρίδης Αριστομένης | 03115632**

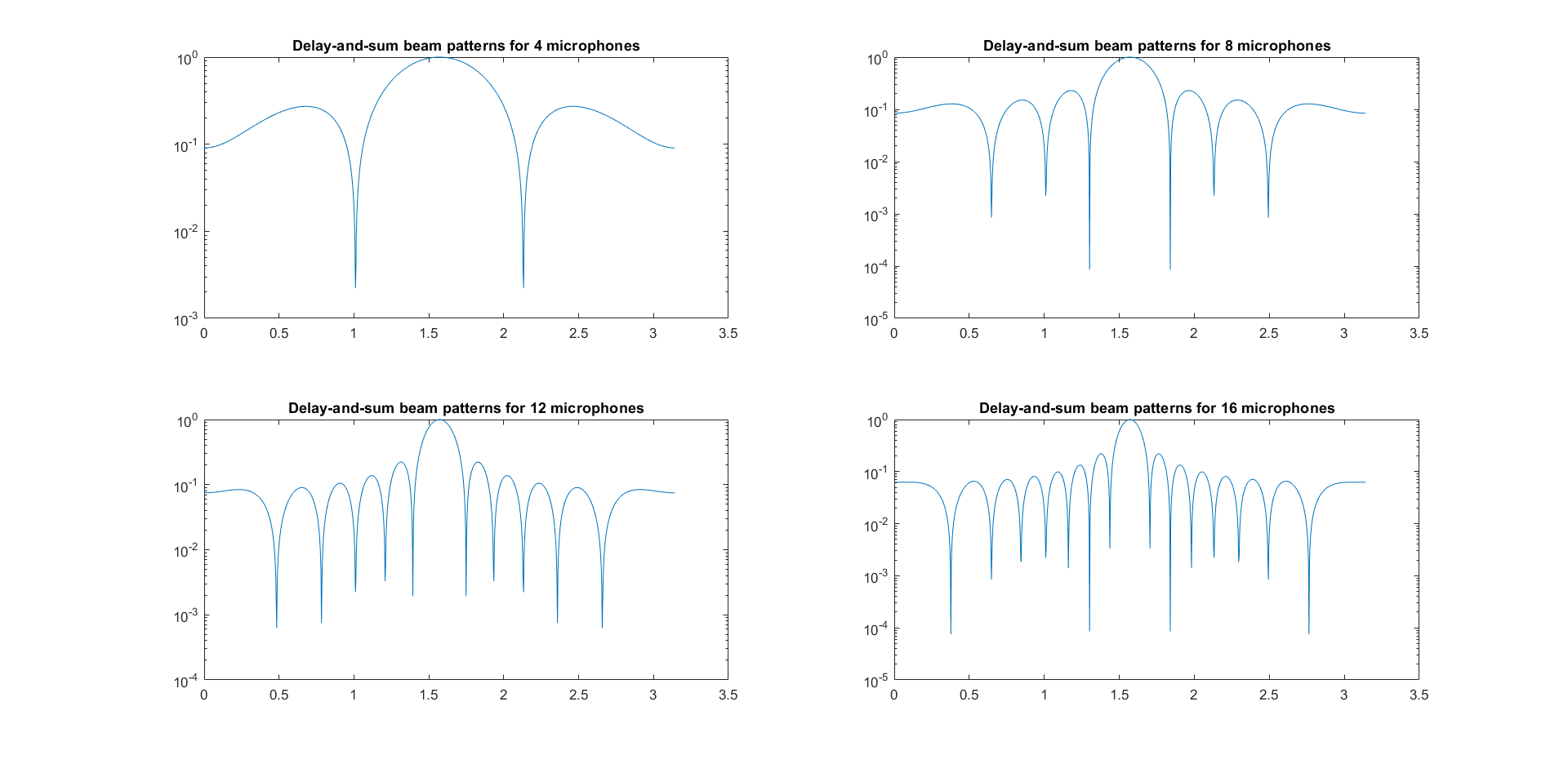
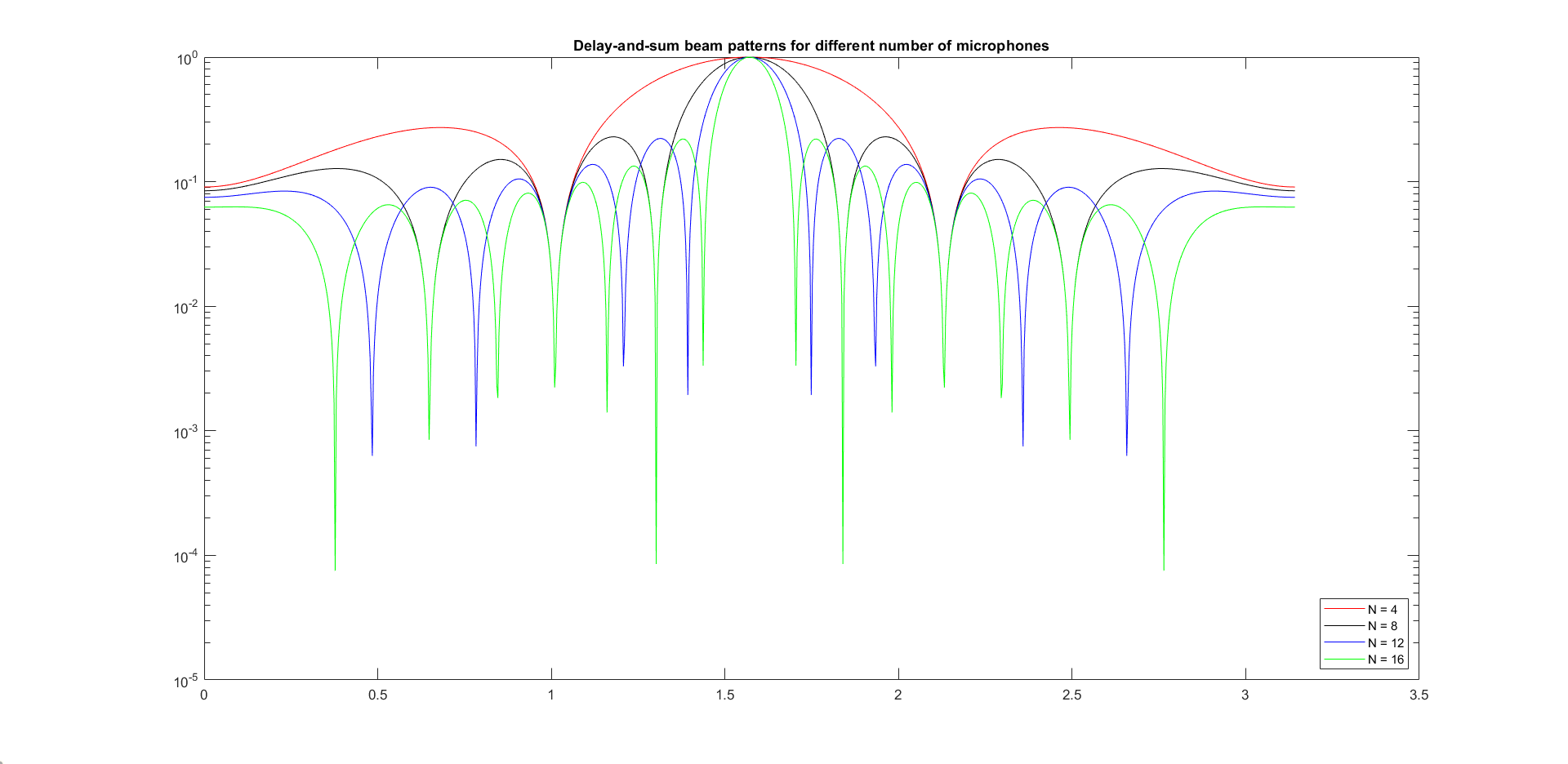
**Αβδελάς Λεωνίδας | 03113182**

# Μέρος 1-Συστοιχίες Μικροφώνων και Χωρικό Φιλτράρισμα (Spatial Filtering)

## Ερώτημα 1

Για να σχεδιάσουμε το μέτρο του delay-and-sum beam pattern σε λογαριθμική κλίμακα (dB), φτιάξαμε μια συνάρτηση που το υπολογίζει χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση της εκφώνησης:

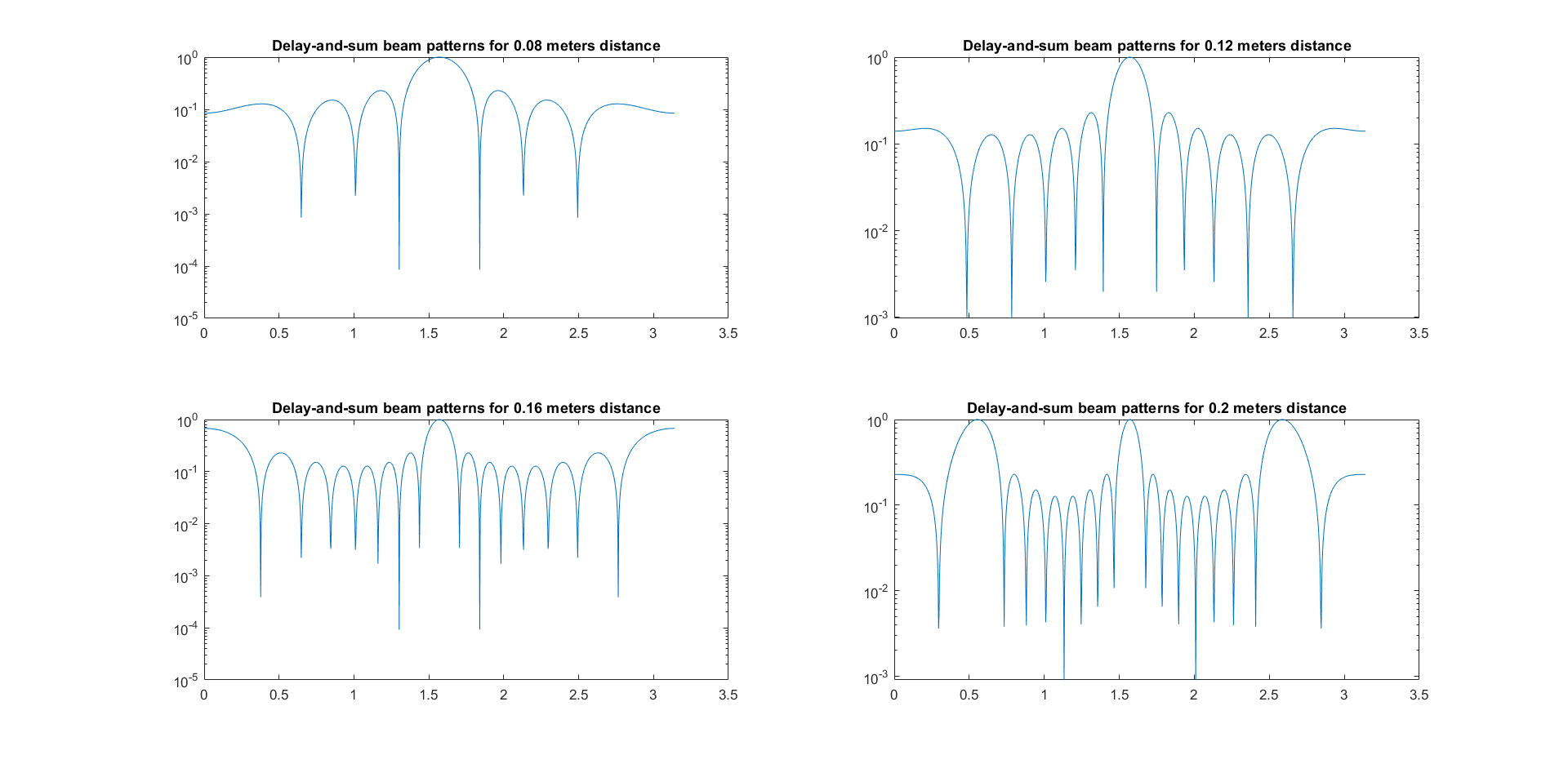
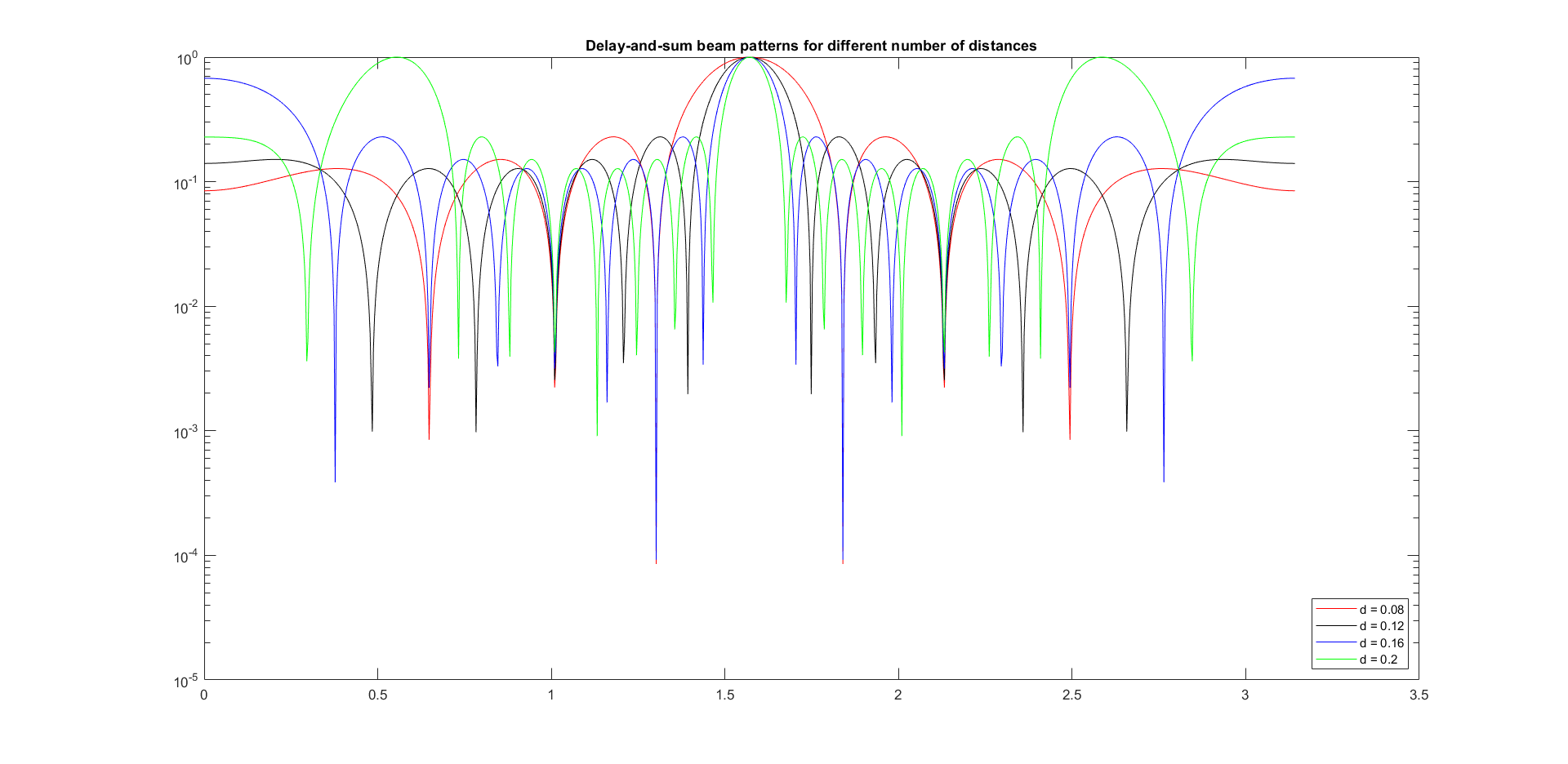
Ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις που βγάλαμε:



Παρατηρούμε ότι ο αριθμός των λοβών είναι πάντα ο αριθμός των μικροφώνων μείον ένα. Επίσης ο λοβός με την μεγαλύτερη ενέργεια είναι στο θs.

## Ερώτημα 2

Σε αυτό το ερώτημα χρησιμοποιήσαμε την συνάρτηση του προηγούμενου ερωτήματος με σταθερό αριθμό μικροφώνων και μεταβάλαμε την απόσταση που έχουν μεταξύ τους τα μικρόφωνα.

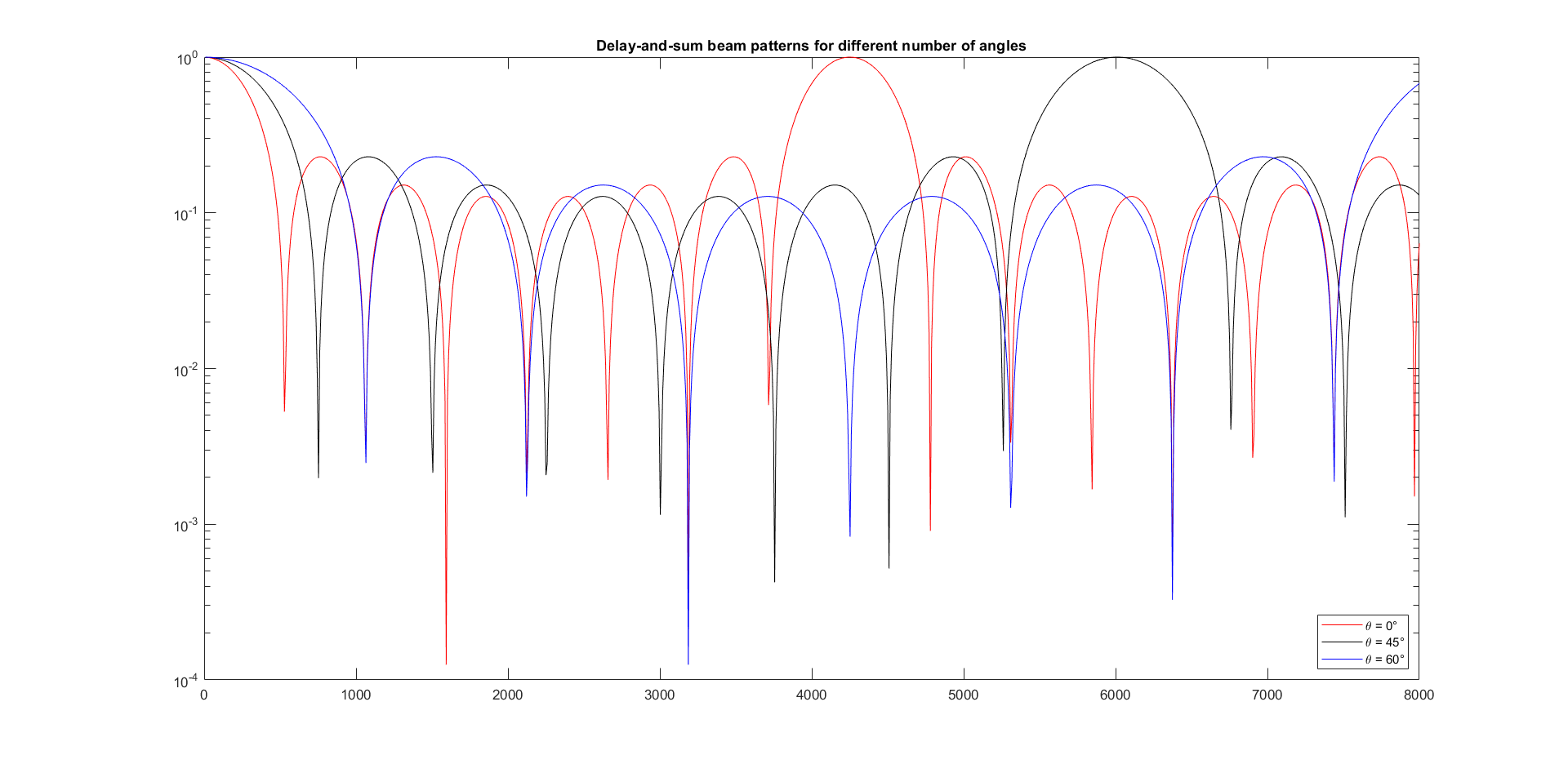


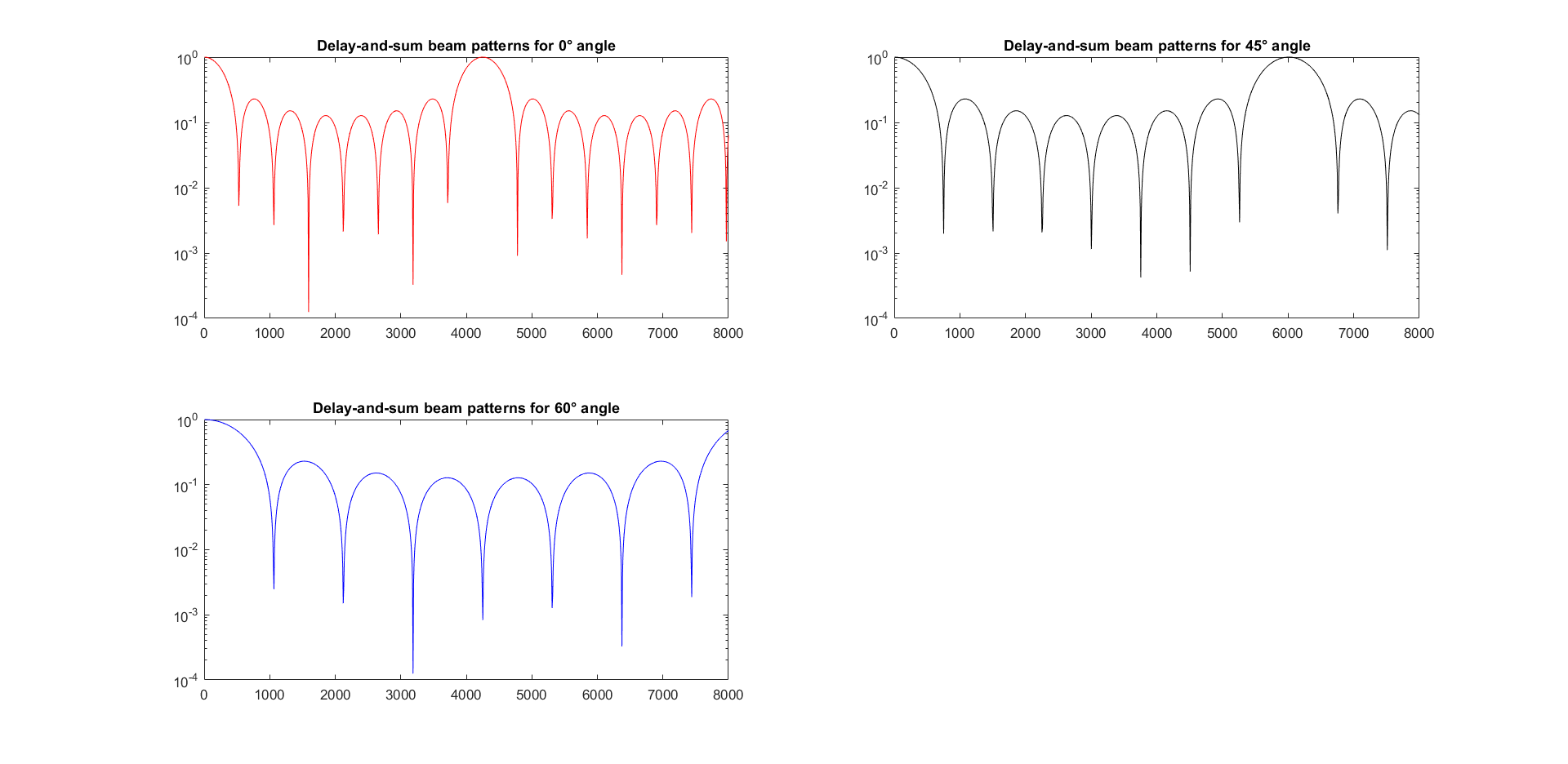
Παρατηρούμε ότι αυξάνοντας την απόσταση των μικροφώνων, το πλήθος των λοβών αυξάνεται και έτσι απομονώνεται καλύτερα ο θόρυβος που έρχεται από άλλες κατευθύνσεις. Όμως, αν αυξήσουμε πολύ την απόσταση και συγκεκριμένα περισσότερο από:

Τότε έχουμε την εμφάνιση του φαινομένου spatial aliasing, σύμφωνα με το οποίο έχουμε την εμφάνιση περισσότερων λοβών με πλάτος 1. Αυτό είναι πρόβλημα καθώς σήματα που έρχονται από αυτές τις κατευθύνσεις δεν μπορεί να τα διαχωρίσει ο beamformer από το σήμα της κατεύθυνσης θs. Η θέση αυτών των λοβών υπολογίζεται από την εξίσωση του παραρτήματος:

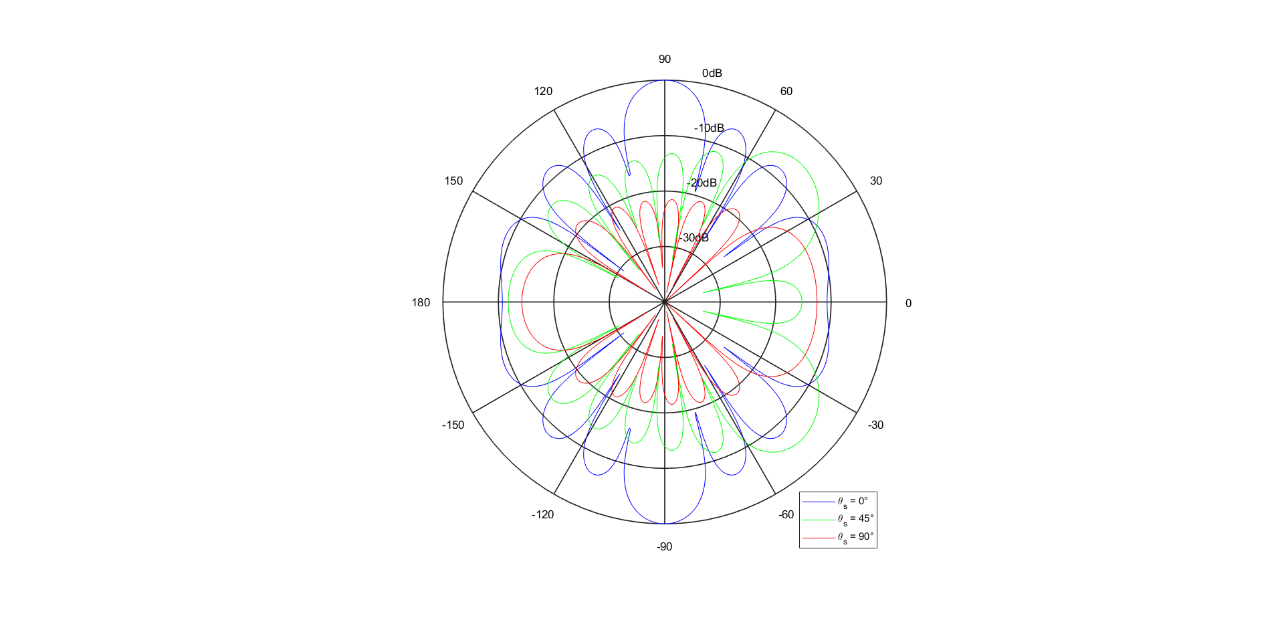
Στο συγκεκριμένο παράδειγμα οι λοβοί είναι στις γωνίες και . Για την αποφυγή αυτού του φαινομένου πρέπει d<0.17.

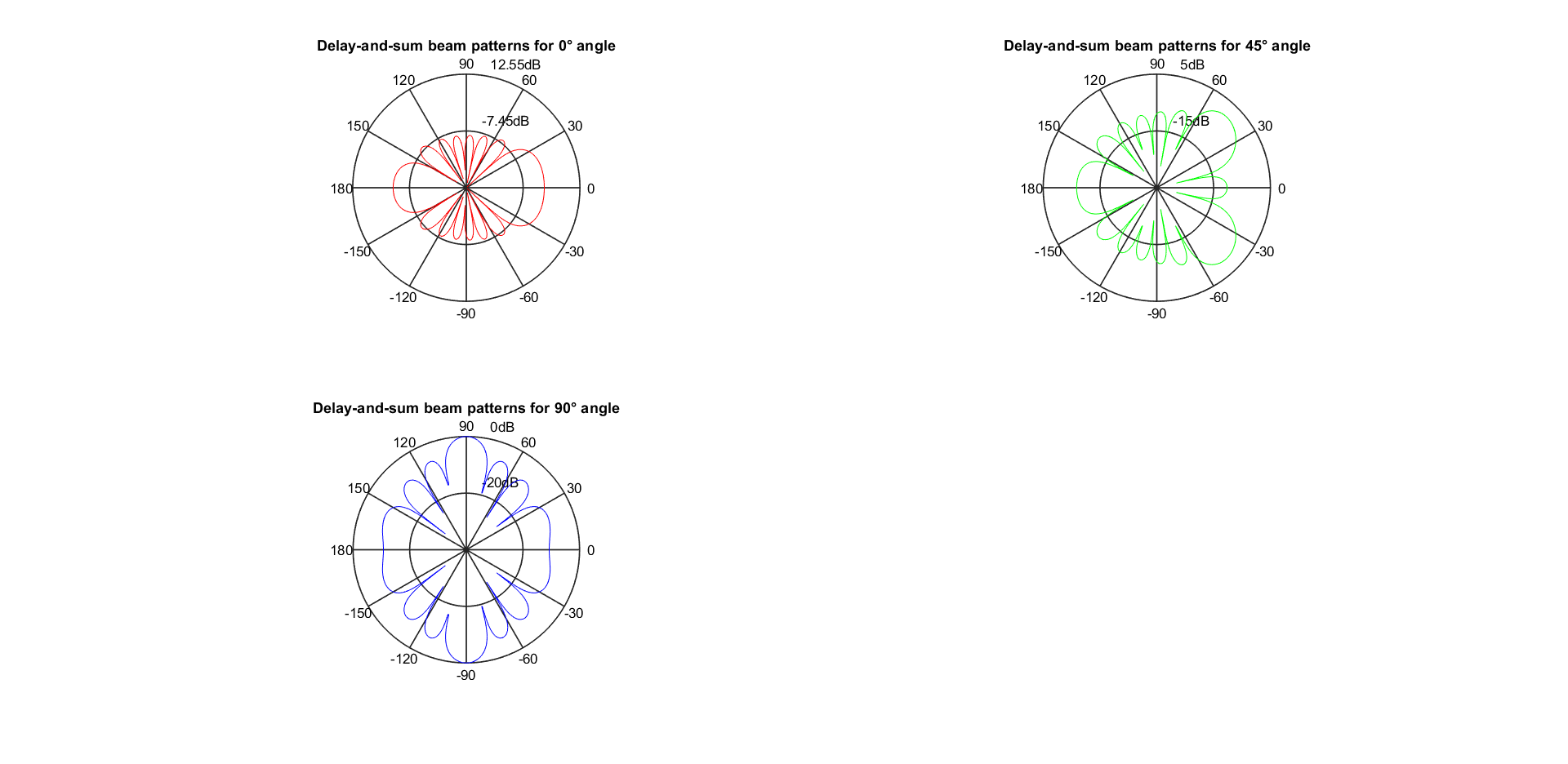
## Ερώτημα 3

Και σε αυτό το ερώτημα χρησιμοποιήσαμε τη συνάρτηση του πρώτου ερωτήματος. Αυτή τη φορά είχαμε σταθερά το πλήθος των μικροφώνων N = 8,την απόσταση d = 8cm και τη γωνία .

Παρατηρούμε ότι όσο μικραίνει η διαφορά των γωνιών θ και θs, τόσο μεγαλώνει το πλάτος των λοβών. Αυτό σημαίνει πως για γωνίες κοντά στη θs απομονώνεται το σήμα, ενώ για μεγαλύτερη διαφορά των γωνιών έχουμε κάποιες συχνότητες οι οποίες περνάνε χωρίς να μειώνεται το πλάτος τους, δηλ. . Αυτό είναι αποτέλεσμα του φαινομένου spatial aliasing που συναντήσαμε στο προηγούμενο ερώτημα, διότι η μέγιστη απόσταση των μικροφώνων εξαρτάται αντιστρόφως ανάλογα από τη συχνότητα του αφικνούμενου σήματος.

## Ερώτημα 4

Με τη συνάρτηση του ερωτήματος 1 υπολογίσαμε το µέτρο του delay-and-sum beam pattern με N=8 μικρόφωνα, µε απόσταση d = 8cm και συχνότητα f = 2kHz.



Παρατηρούμε ότι όπως και πριν έχουμε στη γωνία θs το μέγιστο λοβό αλλά και στη γωνία –θs. Όλοι οι λοβοί είναι συμμετρικοί ως προς τον οριζόντιο άξονα, δηλαδή των μικροφώνων.

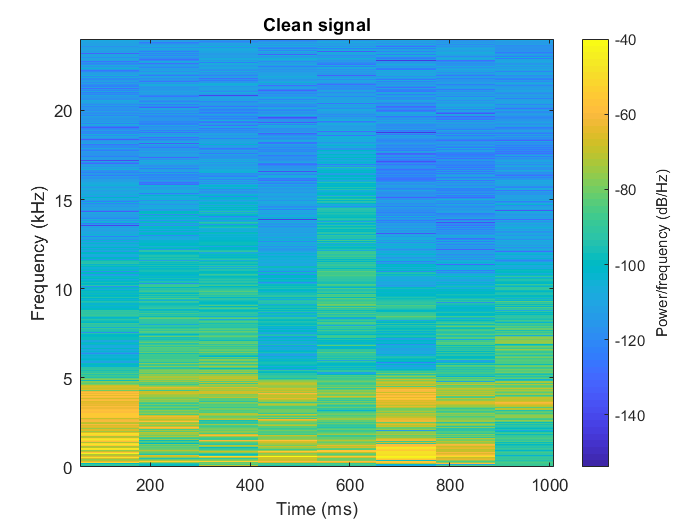
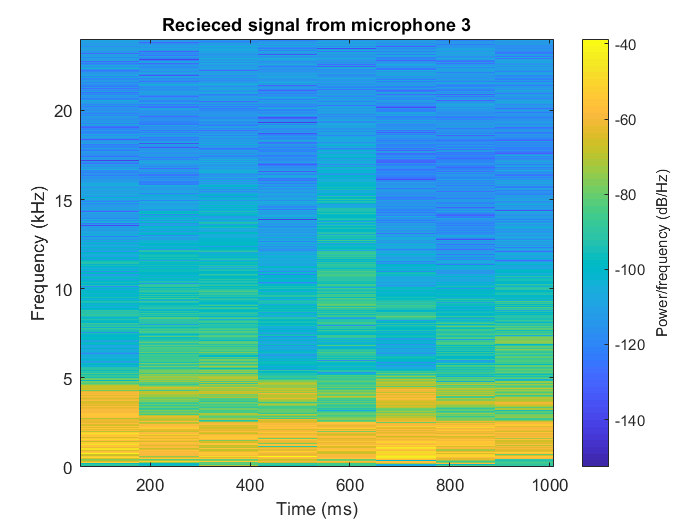
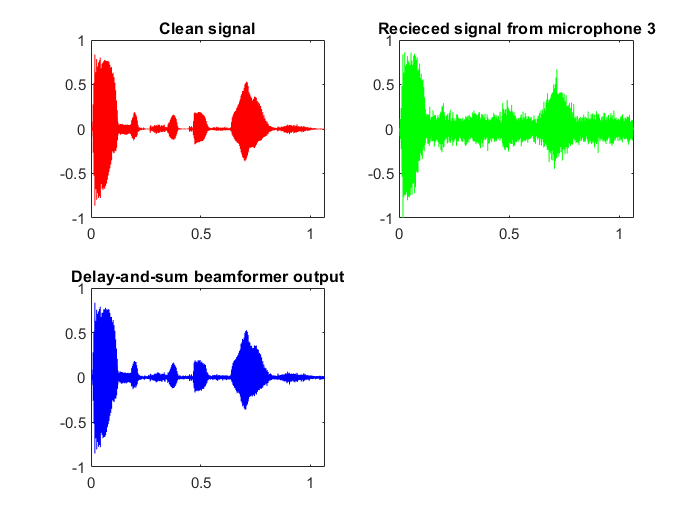
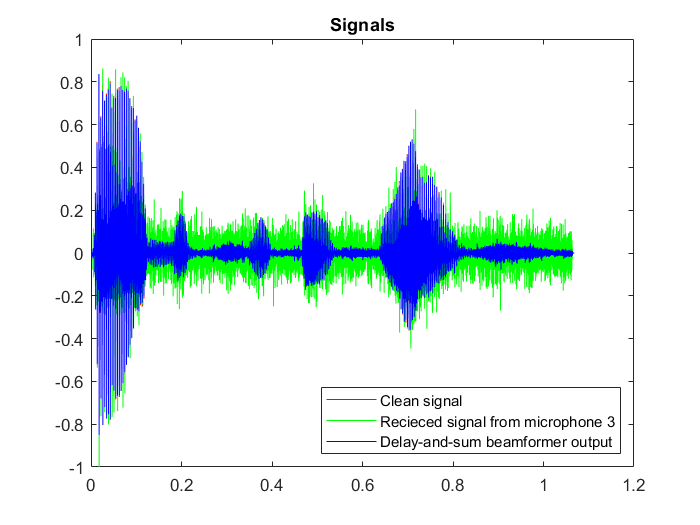
# Μέρος 2- Εφαρμογή Beamforming για Speech Enhancement

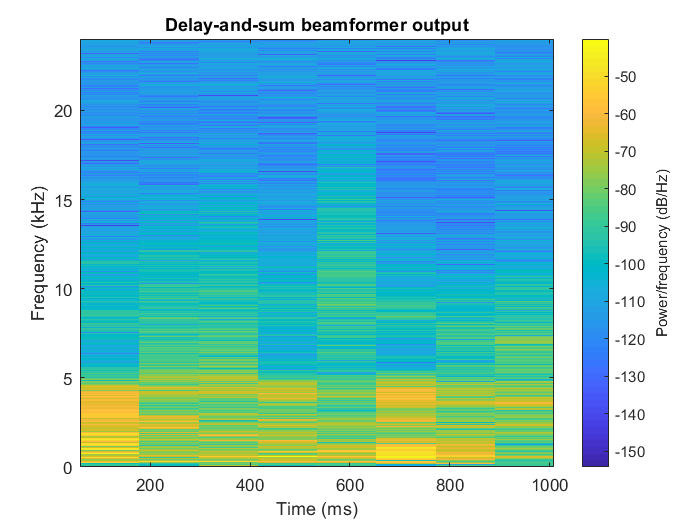
## 2.1 Beamforming σε προσομοιωμένα σήματα

## Α) Delay-and-sum beamforming

## Ερώτημα 1,2

Όπως και πριν υπολογίσαμε τα βάρη για τον delay-and-sum beamformer και εφαρμόζοντας το beamforming παίρνουμε τις εξής κυματομορφές και σπεκτρογραφήματα:





## Ερώτημα 3

Υπολογίσαμε το SNR πριν και μετά το beamforming και το αποτέλεσμα ήταν 4.8216 για πριν και 20.3452 μετά. Παρατηρούμε ότι μετά το beamforming το SNR αυξήθηκε σημαντικά (σχεδόν 15 dB) που σημαίνει ότι ο θόρυβος που υπήρχε στη σήμα μειώθηκε κατά πολύ. Συνεπώς το delay-and-sum beamforming πέτυχε.

## Β) Μονοκαναλικό Wiener ϕιλτράρισµα

## Ερώτημα 1,2

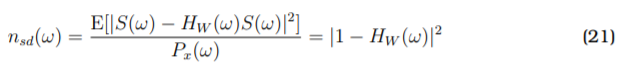
Αρχικά περιορίζουμε τα σήματα στο τμήμα των 30ms που ζητάει η εκφώνηση και εκτιμούμε το φάσμα ισχύος του θορύβου και του συνολικού σήματος με τη μέθοδο pwelch με τις εξής παραμέτρους:

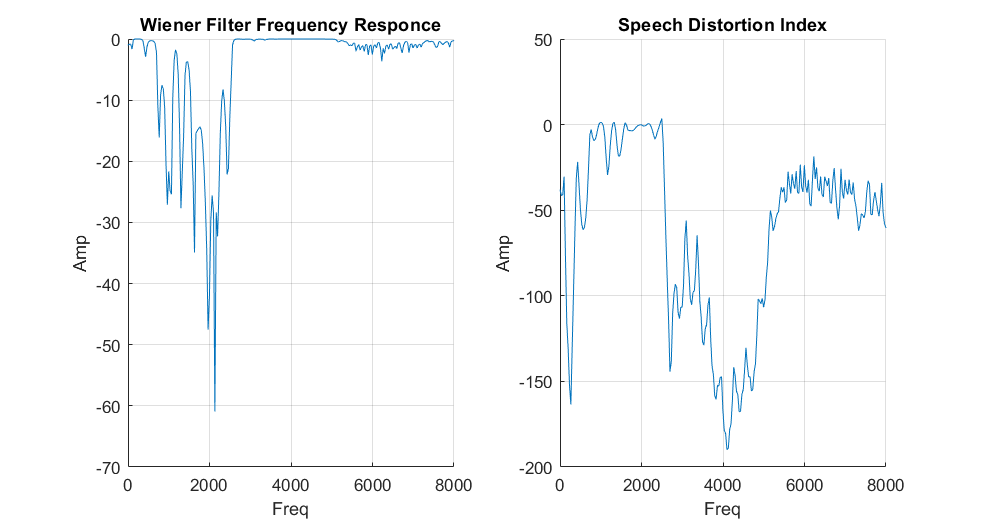
όπου L είναι το πλήθος των δειγμάτων στο παράθυρο και u το σήμα.

Στη συνέχεια με τη χρήση της εξίσωσης:

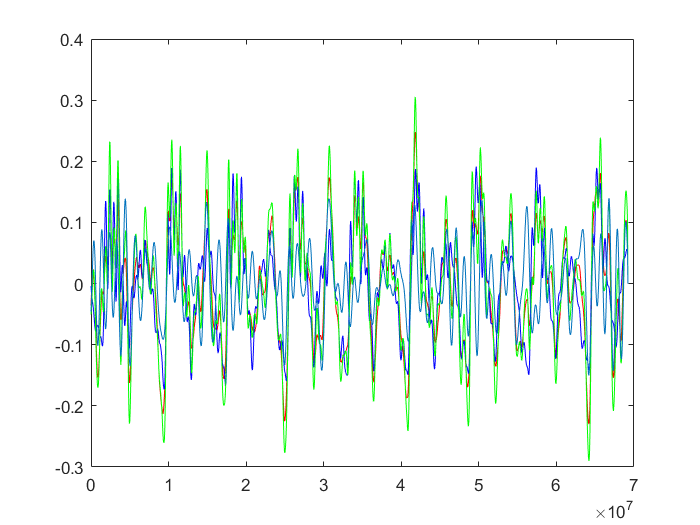
βρίσκουμε την απόκριση συχνότητας του wiener φίλτρου.

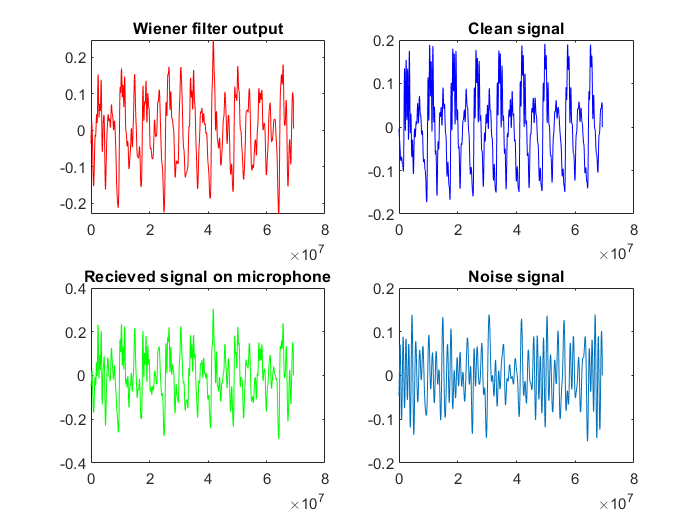
Στη συνέχεια υπολογίζουμε το speech distortion index για να μετρήσουμε την παραμόρφωση που προκαλεί το wiener φίλτρο με τη χρήση του τύπου:

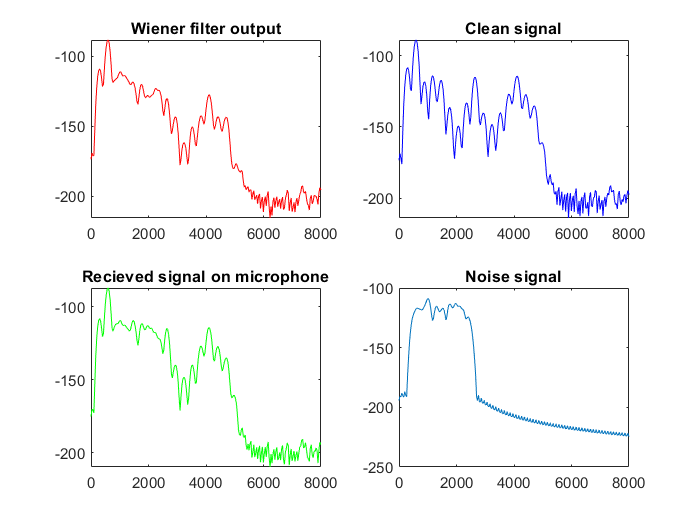
Έτσι έχουμε:



## Ερώτημα 3

Εφαρμόζουμε το wiener φίλτρο και έχουμε τις εξής γραφικές παραστάσεις:



Για τα φάσματα ισχύος έχουμε:

## Ερώτημα 4

Υπολογίσαμε το SNR στην είσοδο και στην έξοδο του wiener φίλτρου και είχαμε τα εξής αποτελέσματα:

snr\_input\_wiener = 5.2695

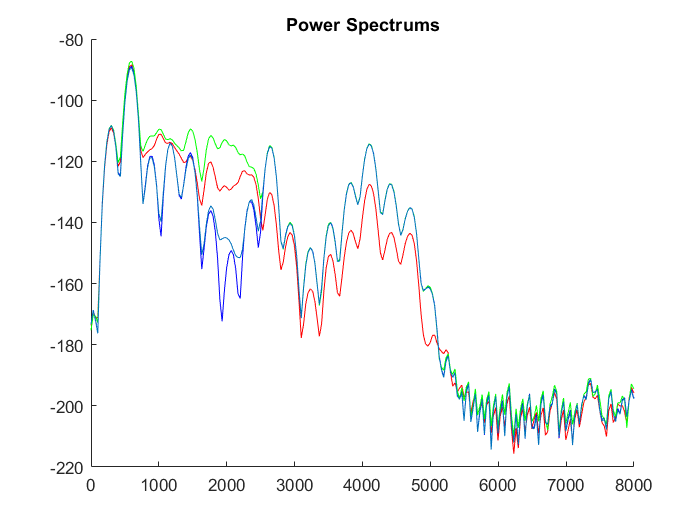
snr\_output\_wiener = 5.2807

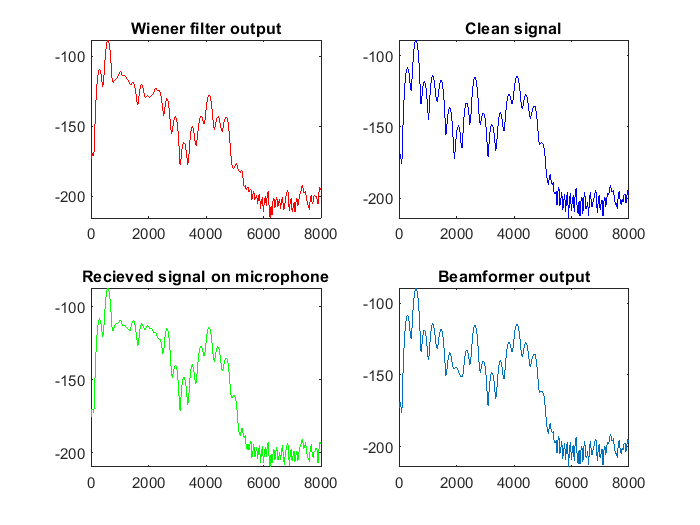
και από τον beamformer είχαμε:

snr\_input\_beamformer = 4.8216

snr\_output\_beamformer = 20.3452

Συνεπώς παρατηρούμε ότι το SNR δεν βελτιώθηκε σχεδόν καθόλου με τη χρήση του wiener φίλτρου, που σημαίνει ότι η αποθορυβοποίηση με wiener φίλτρο απέτυχε. Αντίθετα το beamforming πέτυχε σε μεγάλο βαθμό.

Ακολουθούν οι γραφικές παραστάσεις των φασμάτων ισχύος:



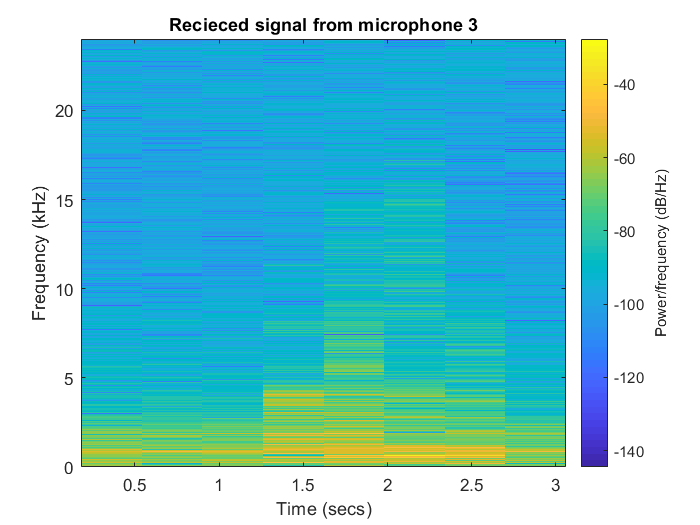
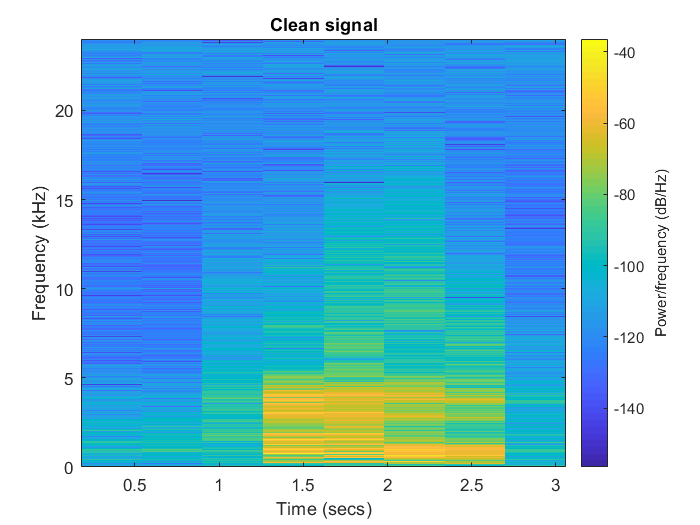
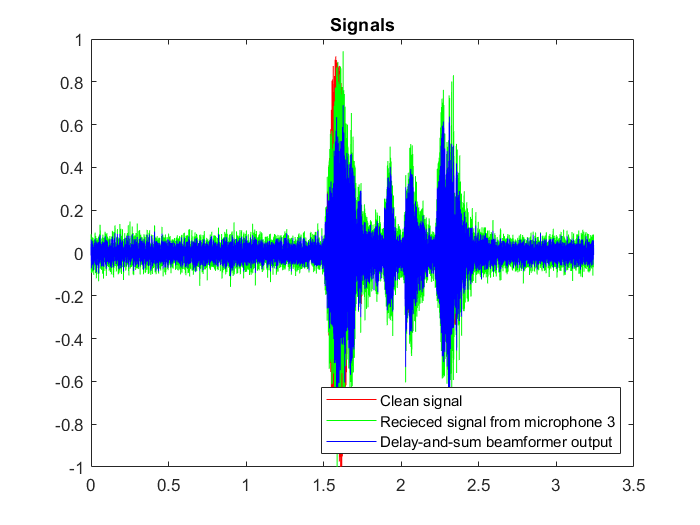
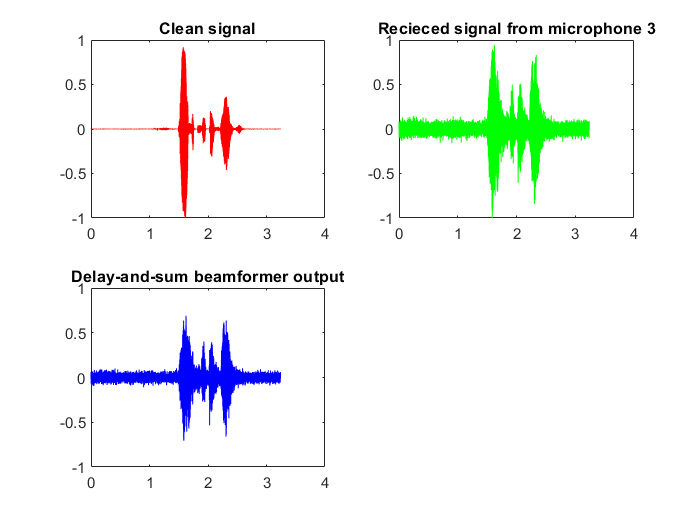
Όπως είδαμε και από το SNR, το beamforming πέτυχε σε αντίθεση με τη χρήση του wiener φίλτρου. Από τις γραφικές παραστάσεις παρατηρούμε ότι το φάσμα ισχύος του beamformer είναι σχεδόν ίδιο με αυτό του καθαρού σήματος, ενώ το φάσμα ισχύος της εξόδου του wiener είναι σχεδόν ίδιο με την είσοδο, που σημαίνει ό,τι δε απομόνωσε τον θόρυβο.

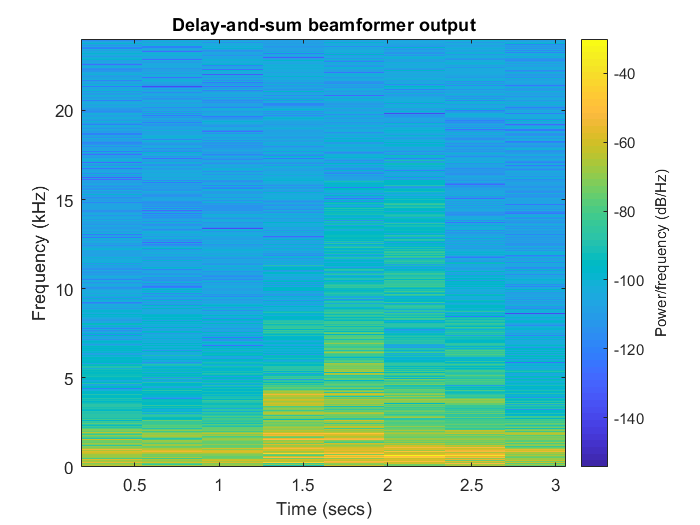
## 2.2 Beamforming σε πραγματικά σήματα

## Α) Delay-and-sum beamforming

## Ερώτημα 1,2

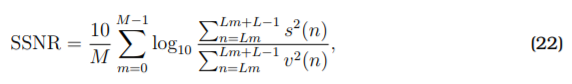
Όπως και πριν, υπολογίσαμε τα βάρη του delay-and-sum beamformer και εφαρμόσαμε το beamforming. Ακολουθούν οι γραφικές αναπαραστάσεις και τα σπεκτρογραφήματα.





Παρατηρούμε ότι το beamforming αυτή τη φορά δεν πέτυχε. Ο θόρυβος δεν μειώθηκε σχεδόν καθόλου και το σήμα φαίνεται να είναι το ίδιο με το αρχικό.

## Ερώτημα 3

Για να υπολογίσουμε το SSNR, χρησιμοποιήσαμε τον τύπο:

Δηλαδή φτιάξαμε μια συνάρτηση η οποία δέχεται ως ορίσματα ένα σήμα s, το σήμα θορύβου u και τα όρια των dB που μας ενδιαφέρουν για την εξαγωγή του μέσου όρου. Η συνάρτηση αυτή υπολογίζει το SNR για κάθε παράθυρο και ελέγχει αν η τιμή του είναι πάνω από το όριο, οπότε και το θέτει ίσο με αυτό το όριο, ή αν είναι κάτω από το όριο, που στην περίπτωση αυτή το θέτει ίσο με το μηδέν. Στη συνέχεια παίρνει το μέσο όρο των SNR.

Έτσι έχουμε τις εξής τιμές για το SSNR:

input\_ssnr = 0.1028

output\_ssnr = 0.1473

Η βελτίωση του SSNR, όπως περιμέναμε, είναι πολύ μικρή, γεγονός που αποδεικνύει ότι το beamforming δεν πέτυχε.

# References

* Benesty,Chen,Huang-Microphone Array Signal Processing
* [Trees] Optimum Array Processing
* Iain McCowan-Microphone Arrays : A Tutorial, April 2001