

ΣΣ - 1η Εργαστηριακή Εξέταση

Ονοματεπώνυμο: Μπαρακλilής Ιωάννης

AEM: 3685

e-mail: imparaki@csd.auth.gr

1o Task – Εξέταση αντιμεταθετικής ιδιότητας για συσχέτιση και συνέλιξη

Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την άσκηση είναι κώδικας Matlab και είναι ο εξής:

```
signal1 = [zeros(1, 10) ones(1, 10) zeros(1, 10)];
signal2 = [zeros(1, 10) 1:5 5*ones(1, 15) ];

figure(1);
subplot(2, 1, 1); stem(signal1); ylim([0 1.5]); title('signal1');
subplot(2, 1, 2); stem(signal2); ylim([0 10]); title('signal2');

% Συνέλιξη

conv1 = conv(signal1, signal2);
conv2 = conv(signal2, signal1);

figure(2);
subplot(2, 1, 1); stem(conv1); ylim([0 60]); title('signal1 * signal2');
subplot(2, 1, 2); stem(conv2); ylim([0 60]); title('signal2 * signal1');

    %Ελέγχω αν τα αποτελέσματα των δύο πράξεων συνέλιξης είναι ίσα.
    %Αν η διαφορά τους επιστρέψει μηδενικό διάνυσμα, τότε είναι ίσα και
    %επιβεβαιώνεται η αντιμεταθετική ιδιότητα της συνέλιξης για αυτά τα
    %δύο σήματα.
conv1 - conv2

% Συσχέτιση

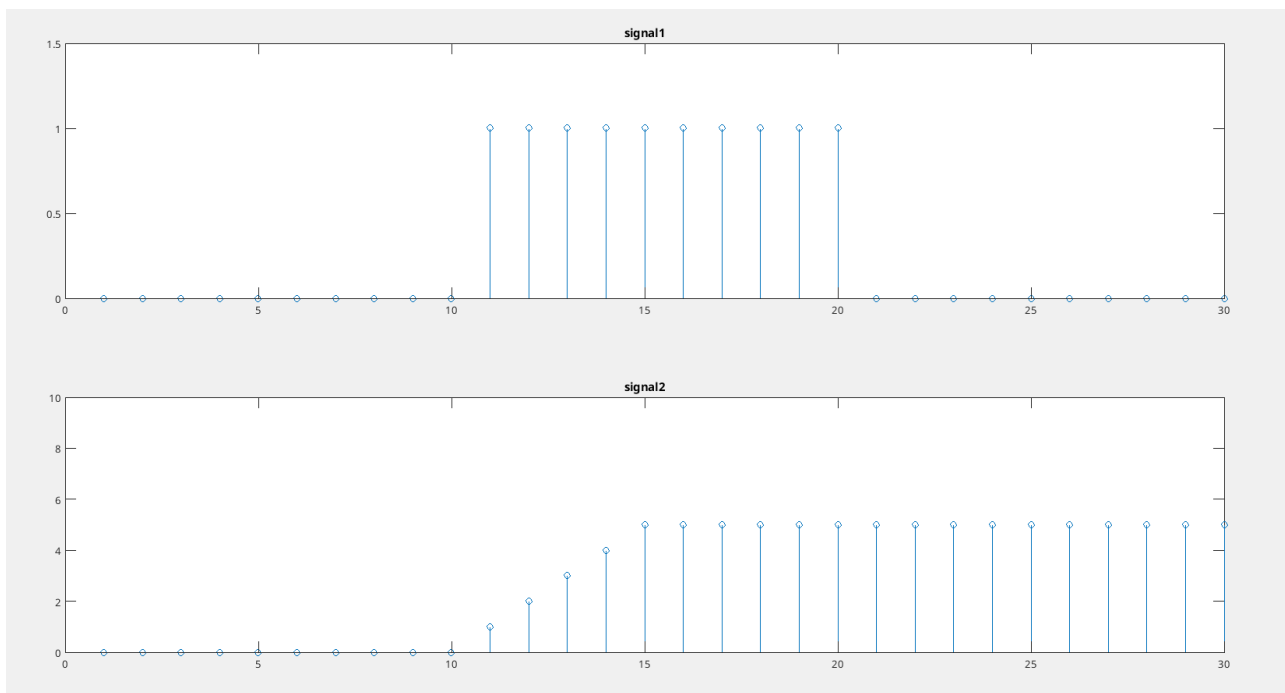
corr1 = xcorr(signal1, signal2);
corr2 = xcorr(signal2, signal1);

figure(3);
subplot(2, 1, 1); stem(corr1); ylim([0 60]);
title('xcorr(signal1, signal2)');

subplot(2, 1, 2); stem(corr2); ylim([0 60]);
title('xcorr(signal2, signal1)');

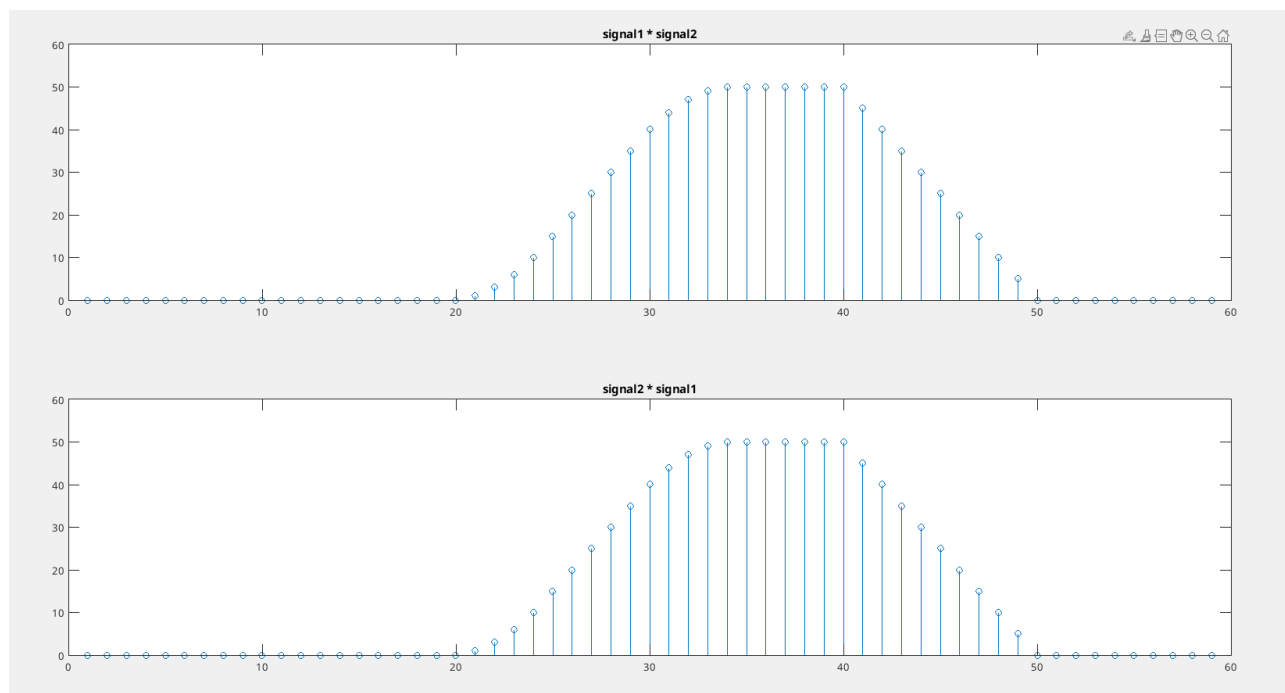
    %Ελέγχω αν τα αποτελέσματα των δύο πράξεων συσχέτισης είναι ίσα.
    %Αν η διαφορά τους επιστρέψει μηδενικό διάνυσμα, τότε είναι ίσα και
    %επιβεβαιώνεται η αντιμεταθετική ιδιότητα της συσχέτισης για αυτά τα
    %δύο σήματα.
corr1 - corr2
```

Αρχικά, δημιουργούνται τα δύο σήματα signal1 και signal2 και δημιουργούνται τα γραφήματα τους στο Figure 1 το οποίο φαίνεται και στην συνέχεια:



Εξέταση της ισχύος της αντιμεταθετικής ιδιότητας για την συνέλιξη

Έπειτα, υπολογίζεται η συνέλιξη του signal1 με το signal2 και του signal2 με το signal1 και τα αποτελέσματα αποθηκεύονται στις μεταβλητές conν1 και conν2 αντίστοιχα και δημιουργούνται τα γραφήματα των αποτελεσμάτων στο Figure 2 το οποίο φαίνεται στην συνέχεια:



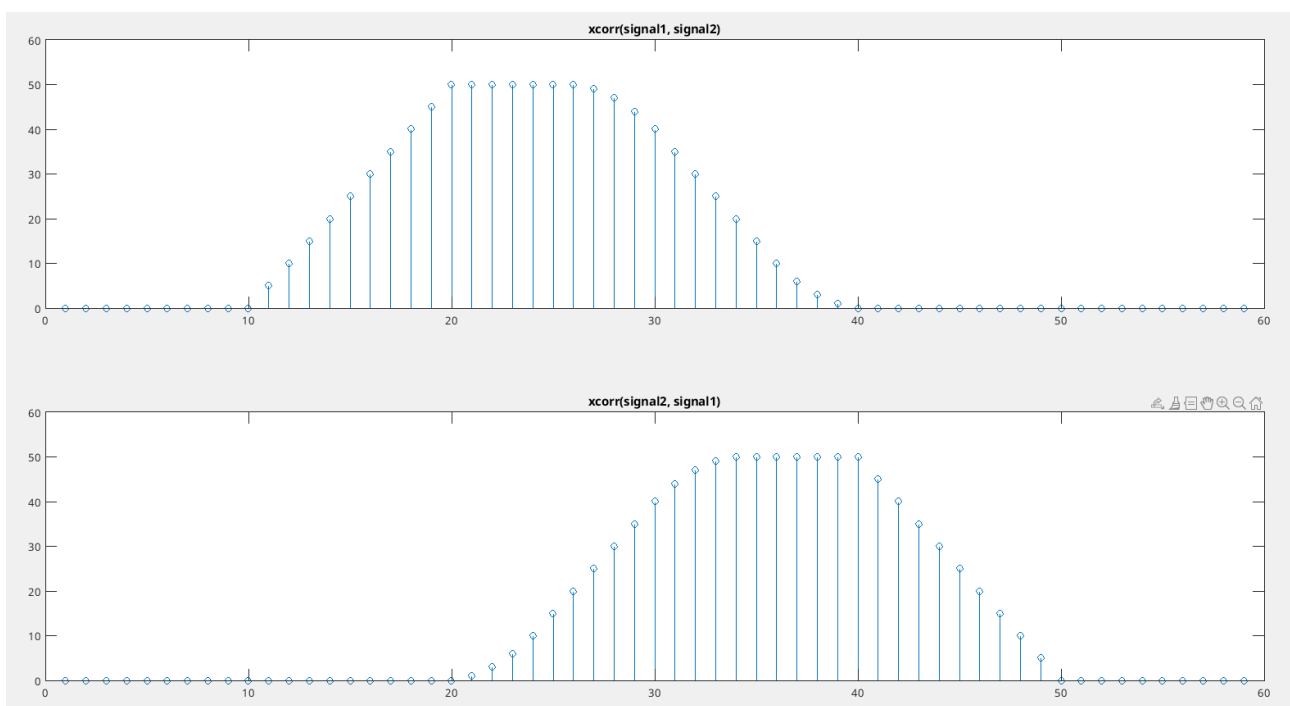
Για να ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα, πρέπει οι δύο συνέλιξεις να είναι ίσες. Όπως μπορούμε να δούμε στο σχήμα, τα δύο σήματα είναι πανομοιότυπα οπότε ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα για την συνέλιξη.

Αυτό, φαίνεται και στην συνέχεια με την εκτύπωση στην έξοδο της διαφοράς των conv1 με conv2 όπου το διάνυσμα της διαφοράς είναι μηδενικό και άρα τα δύο σήματα ταυτίζονται:

```
>> conv1 - conv2
ans =
Columns 1 through 27
    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
Columns 28 through 54
    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0    0
Columns 55 through 59
    0    0    0    0    0
```

Εξέταση της ισχύος της αντιμεταθετικής ιδιότητας για την συσχέτιση

Μετά, υπολογίζεται η συσχέτιση του signal1 με το signal2 και του signal2 με το signal1 και τα αποτελέσματα αποθηκεύονται στις μεταβλητές corr1 και corr2 αντίστοιχα και δημιουργούνται τα γραφήματα των αποτελεσμάτων στο Figure 3 το οποίο φαίνεται στην συνέχεια:



Για να ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα, πρέπει οι δύο συσχετίσεις να είναι ίσες. Όπως μπορούμε να δούμε στο σχήμα, τα δύο σήματα διαφέρουν οπότε δεν ισχύει η αντιμεταθετική ιδιότητα για την συσχέτιση.

Αυτό, φαίνεται και στην συνέχεια με την εκτύπωση στην έξοδο της διαφοράς των corr1 με corr2 όπου το διάνυσμα της διαφοράς είναι μη μηδενικό και άρα τα δύο σήματα είναι διαφορετικά μεταξύ τους:

```
>> corr1 - corr2
ans =

Columns 1 through 16
    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000    0.0000         0    0.0000    0.0000    0.0000    5.0000    10.0000    15.0000    20.0000    25.0000    30.0000

Columns 17 through 32
   35.0000   40.0000   45.0000   50.0000   49.0000   47.0000   44.0000   40.0000   35.0000   30.0000   24.0000   17.0000    9.0000         0   -9.0000  -17.0000

Columns 33 through 48
  -24.0000  -30.0000  -35.0000  -40.0000  -44.0000  -47.0000  -49.0000  -50.0000  -45.0000  -40.0000  -35.0000  -30.0000  -25.0000  -20.0000  -15.0000  -10.0000

Columns 49 through 59
   -5.0000   -0.0000   -0.0000   -0.0000    0.0000   -0.0000   -0.0000   -0.0000         0   -0.0000  -0.0000
```

2ο Task – Μελέτη δράσης συστήματος κινούμενου μέσου σε σχέση με το εύρος παραθύρου

Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την άσκηση είναι κώδικας Matlab και είναι ο εξής:

```
% Αρχικός ορθογώνιος παλμός
rect_pulse = [zeros(1, 20) ones(1, 30) zeros(1, 20)];

% Ορθογώνιος παλμός με πρόσθετο θόρυβο (του οποίου οι τιμές δεν ξεπερνούν το
% +-0.5)
noisy_pulse = rect_pulse + rem(randn(1, 70), 0.5);

figure(1);
subplot(2, 1, 1); stem(rect_pulse); ylim([-1 2]); title('rect\_pulse');
subplot(2, 1, 2); stem(noisy_pulse); ylim([-1 2]); title('noisy\_pulse');

figure(2);
% Αρχικό σήμα
subplot(5, 1, 1); stem(rect_pulse); ylim([-1 2]);
title('Original signal: rect\_pulse');

% Εύρος παραθύρου = 3
mv_avg_w3 = moving_average(noisy_pulse, 3);
subplot(5, 1, 2); stem(mv_avg_w3); ylim([-1 2]);
title('Result of moving average with window width 3: mv\_avg\_w3');

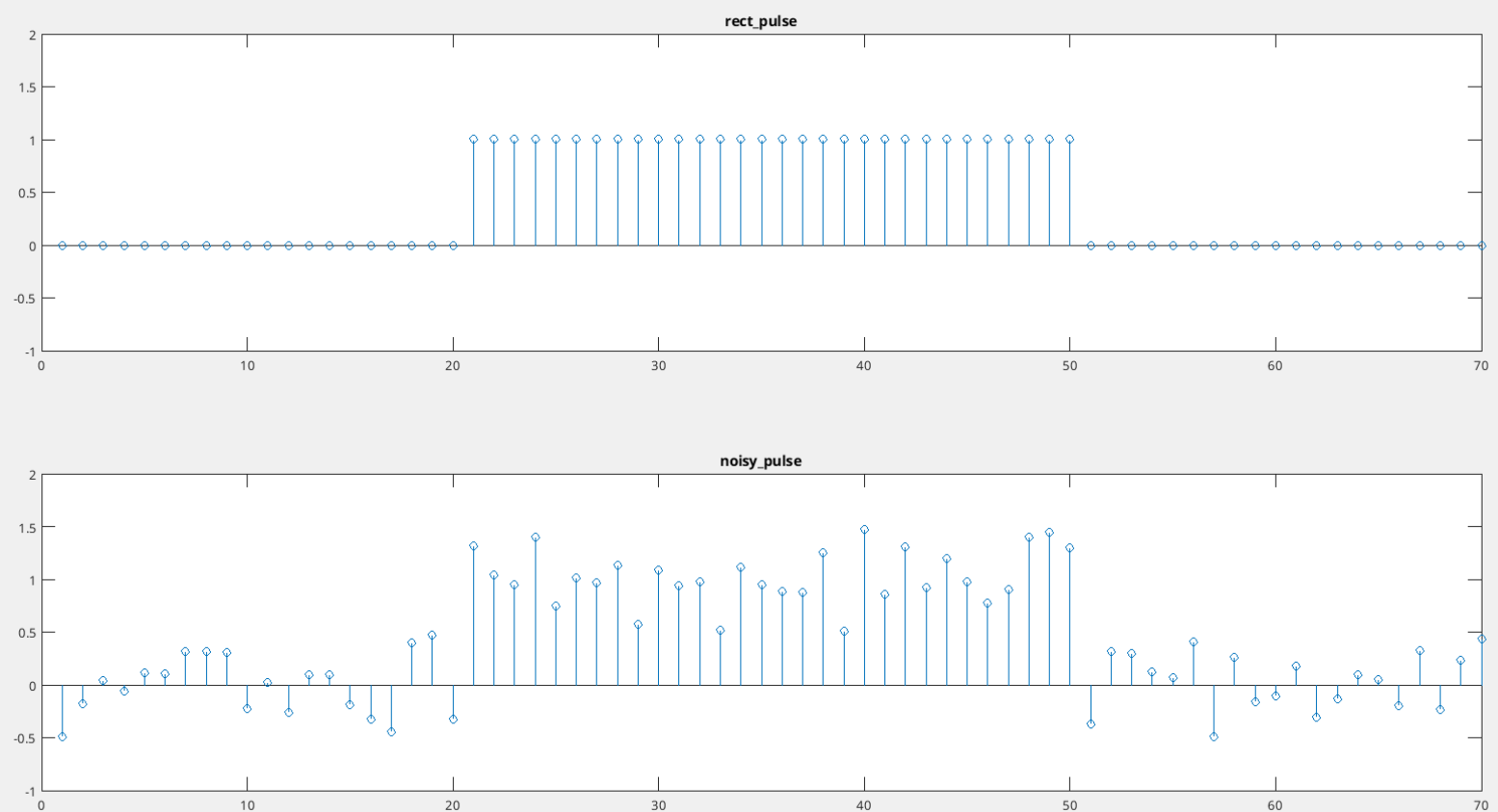
% Εύρος παραθύρου = 5
mv_avg_w5 = moving_average(noisy_pulse, 5);
subplot(5, 1, 3); stem(mv_avg_w5); ylim([-1 2]);
title('Result of moving average with window width 5: mv\_avg\_w5');

% Εύρος παραθύρου = 9
mv_avg_w9 = moving_average(noisy_pulse, 9);
subplot(5, 1, 4); stem(mv_avg_w9); ylim([-1 2]);
title('Result of moving average with window width 9: mv\_avg\_w9');

% Εύρος παραθύρου = 15
mv_avg_w15 = moving_average(noisy_pulse, 15);
subplot(5, 1, 5); stem(mv_avg_w15); ylim([-1 2]);
title('Result of moving average with window width 15: mv\_avg\_w15');
```

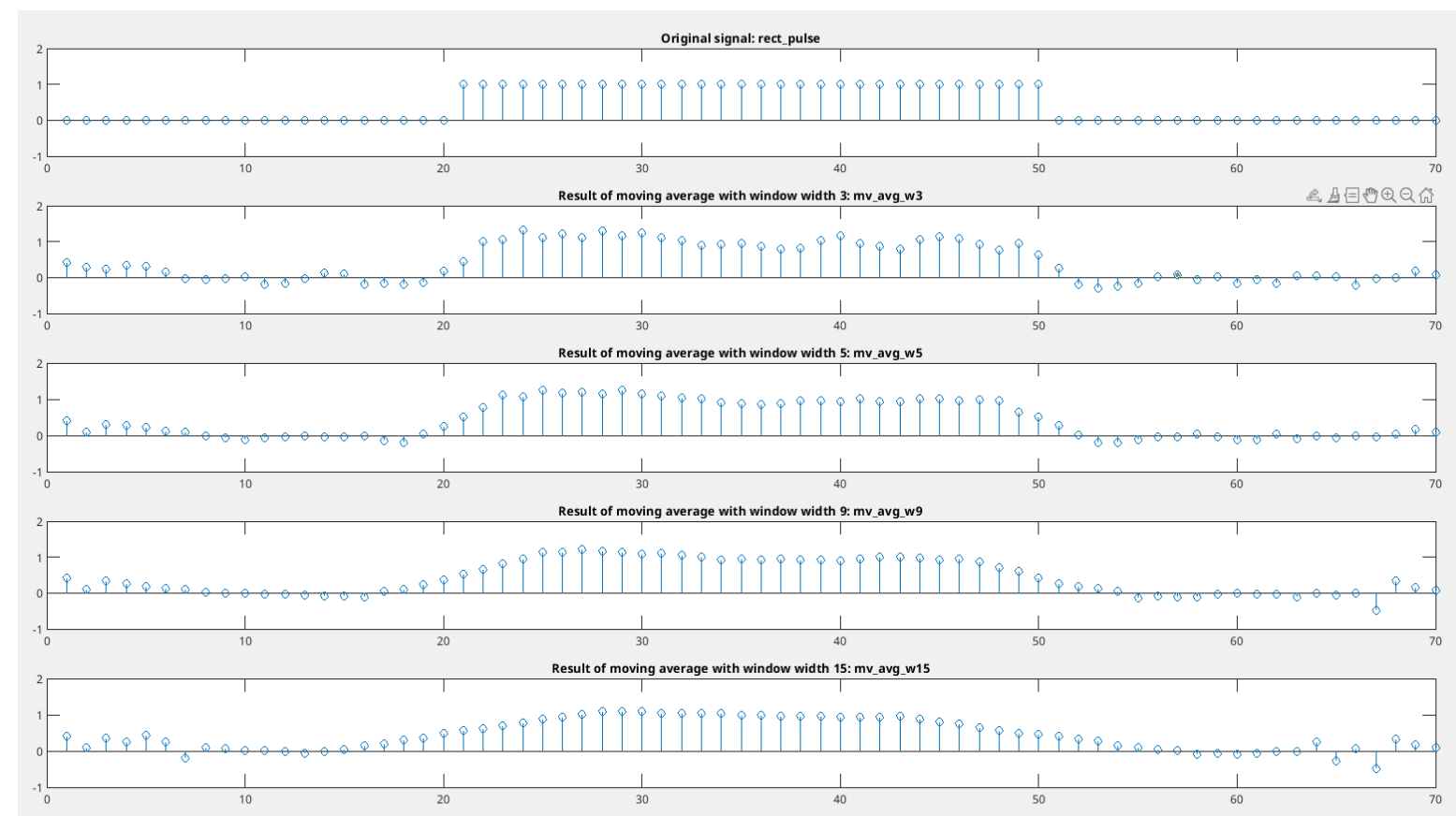
Αρχικά, δημιουργείται το σήμα ακολουθίας ορθογώνιου παλμού `rect_pulse` και στην συνέχεια, σε αυτό προστίθεται θόρυβος (του οποίου οι τιμές δεν ξεπερνούν το ± 0.5 γιατί εφόσον το αρχικό σήμα έχει πλάτος 1, θόρυβος μεγάλου πλάτους θα “κατέστρεφε” το αρχικό σήμα και δεν θα επέτρεπε να βγάλουμε χρήσιμα συμπεράσματα) και δημιουργείται το σήμα `noisy_pulse`.

Στην συνέχεια, δημιουργούνται τα γραφήματα τους στο Figure 1 το οποίο φαίνεται παρακάτω:



Μελέτη αποτελεσμάτων για διάφορα εύρη παραθύρων

Ακολουθώς, δημιουργούνται τα σήματα `mn_avg_w3`, `mn_avg_w5`, `mn_avg_w9`, `mn_avg_w15` που είναι αποτέλεσμα επεξεργασίας του σήματος με θόρυβο από σύστημα κινούμενου μέσου με εύρος παραθύρου 3, 5, 9 και 15 σημεία αντίστοιχα και δημιουργούνται τα γραφήματά τους στο Figure 2 που συνοδεύονται από το γράφημα του αρχικού σήματος, για διευκόλυνση της σύγκρισης, τα οποία φαίνονται παρακάτω:



Στα γραφήματα παραπάνω βλέπουμε ότι, όσο αυξάνεται το εύρος του παραθύρου, τόσο το σήμα γίνεται πιο ομαλό και η επήρεια του θορύβου μειώνεται και το επεξεργασμένο σήμα μοιάζει όλο και περισσότερο στο αρχικό με τις τιμές του να προσεγγίζουν τις αρχικές.

Όμως, όσο περισσότερο αυξάνεται το εύρος του παραθύρου, τόσο περισσότερο “χάνονται” τα “όρια” του αρχικού παλμού.

Επίσης, όσο αυξάνεται το εύρος του παραθύρου, ο θόρυβος στην αρχή και τέλος του σήματος (στα πρώτα και τελευταία δείγματα) είναι πιο έντονος, εφόσον η συνάρτηση που χρησιμοποιήθηκε για υλοποίηση συστήματος κινούμενου μέσου ήταν η “moving_average”, η οποία αγνοεί κάποια πρώτα και τελευταία σημεία ως μέρος της λειτουργίας της.

Η “moving_average” δόθηκε ως μέρος του υλικού του 1ου εργαστηρίου. Ο κώδικας του αρχείου “moving_average.m” είναι ο εξής:

```
function Y=moving_average(X,w);
%Y=moving_average(X,w)
%this m-file is a simplistic implementation of the running-average filter
%X is the input signal (it should be a row-vector )
%and w the window width (it should be odd !!!)

Y=X; % initialization
[m,n]=size(X);

for i=1+(w-1)/2:n-(w-1)/2;
    X_windowed=[ X(i-(w-1)/2:i+(w-1)/2)];
    Y(i)=mean(X_windowed);
end
```


3ο Task – Εφαρμογή μεταβολής ρυθμού δειγματοληψίας και μετ' έπειτα υπολογισμός του καρδιακού ρυθμού.

Ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή την άσκηση είναι κώδικας Matlab και είναι ο εξής:

```
load ECG_data

sample_x_axis = 1:100000;

time = sample_x_axis *(1/Fs);

% Αρχικό σήμα

figure(1); plot(time, signal); xlabel('sec'); title('Original signal');
ylim([-1 2]);
[tt,ignore] = ginput(2);
heart_rate_original = 1 / (tt(2) - tt(1))

% Μείωση ρυθμού δειγματοληψίας
figure(2);

% Αρχικό σήμα
subplot(4, 1, 1); plot(time, signal); xlabel('sec');
title('Original signal'); ylim([-1 2]);

% Μείωση ρυθμού δειγματοληψίας κατά 2
downsampled_2 = downsample(signal, 2);
time_downsampled = sample_x_axis(1:50000) * (2/Fs);
subplot(4, 1, 2); plot(time_downsampled, downsampled_2); xlabel('sec');
title('Downsampled by 2'); ylim([-1 2]);
[ttd,ignore] = ginput(2);
heart_rate_downsampled_2 = 1 / (ttd(2) - ttd(1))

% Μείωση ρυθμού δειγματοληψίας κατά 4
downsampled_4 = downsample(signal, 4);
time_downsampled = sample_x_axis(1:25000) * (4/Fs);
subplot(4, 1, 3); plot(time_downsampled, downsampled_4); xlabel('sec');
title('Downsampled by 4'); ylim([-1 2]);
[ttd,ignore] = ginput(2);
heart_rate_downsampled_4 = 1 / (ttd(2) - ttd(1))

% Μείωση ρυθμού δειγματοληψίας κατά 50
downsampled_50 = downsample(signal, 50);
time_downsampled = sample_x_axis(1:2000) * (50/Fs);
subplot(4, 1, 4); plot(time_downsampled, downsampled_50); xlabel('sec');
title('Downsampled by 50'); ylim([-1 2]);
[ttd,ignore] = ginput(2);
heart_rate_downsampled_50 = 1 / (ttd(2) - ttd(1))

% Αύξηση ρυθμού δειγματοληψίας
figure(3);
```

```

% Αρχικό σήμα
subplot(4, 1, 1); plot(time, signal); xlabel('sec');
title('Original signal'); ylim([-1 2]);

% Αύξηση ρυθμού δειγματοληψίας κατά 2
upsampled_2 = upsample(signal, 2);
time_upsampled = [1:200000] *(1/(2*Fs));
subplot(4, 1, 2); plot(time_upsampled, upsampled_2); xlabel('sec');
title('Upsampled by 2'); ylim([-1 2]);
[ttu,ignore] = ginput(2);
heart_rate_upsampled_2 = 1 / (ttu(2) - ttu(1))

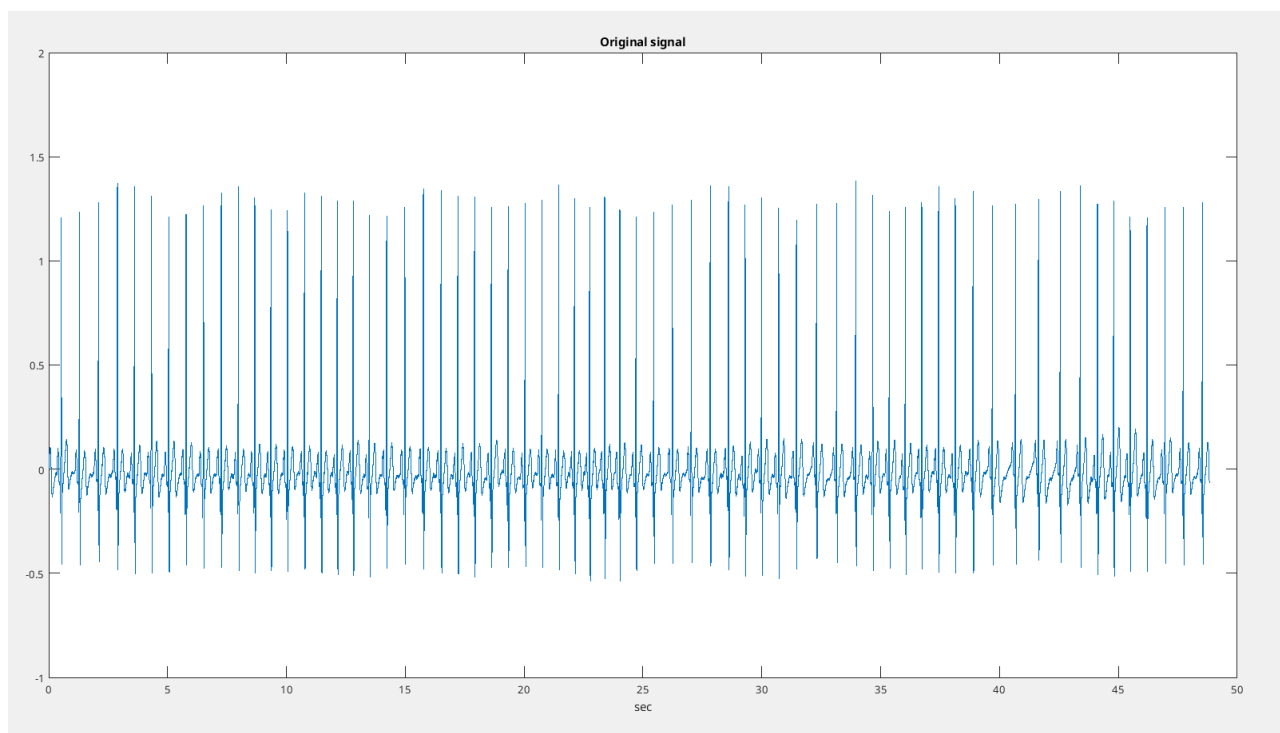
% Αύξηση ρυθμού δειγματοληψίας κατά 4
upsampled_4 = upsample(signal, 4);
time_upsampled = [1:400000] *(1/(4*Fs));
subplot(4, 1, 3); plot(time_upsampled, upsampled_4); xlabel('sec');
title('Upsampled by 4'); ylim([-1 2]);
[ttu,ignore] = ginput(2);
heart_rate_upsampled_4 = 1 / (ttu(2) - ttu(1))

% Αύξηση ρυθμού δειγματοληψίας κατά 50
upsampled_50 = upsample(signal, 50);
time_upsampled = [1:5000000] *(1/(50*Fs));
subplot(4, 1, 4); plot(time_upsampled, upsampled_50); xlabel('sec');
title('Upsampled by 50'); ylim([-1 2]);
[ttu,ignore] = ginput(2);
heart_rate_upsampled_50 = 1 / (ttu(2) - ttu(1))

```

Αρχικά, φορτώνονται τα δεδομένα του “ECG_data” που περιέχουν το σήμα στο οποίο γίνεται επεξεργασία (signal) και την συχνότητα δειγματοληψίας του σήματος αυτού (Fs) και δημιουργούνται το διάνυσμα του οποίου τα στοιχεία αντιστοιχούν στον αριθμό σειράς κάθε δείγματος του σήματος (sample_x_axis) και εκείνο τα στοιχεία του οποίου αντιστοιχούν στον χρόνο λήψης κάθε δείγματος, δηλαδή στον άξονα του χρόνου (time).

Στην συνέχεια, δημιουργείται το γράφημα του σήματος στο Figure 1 το οποίο φαίνεται παρακάτω και λαμβάνεται ο καρδιακός ρυθμός (heart_rate_original) από αυτό:

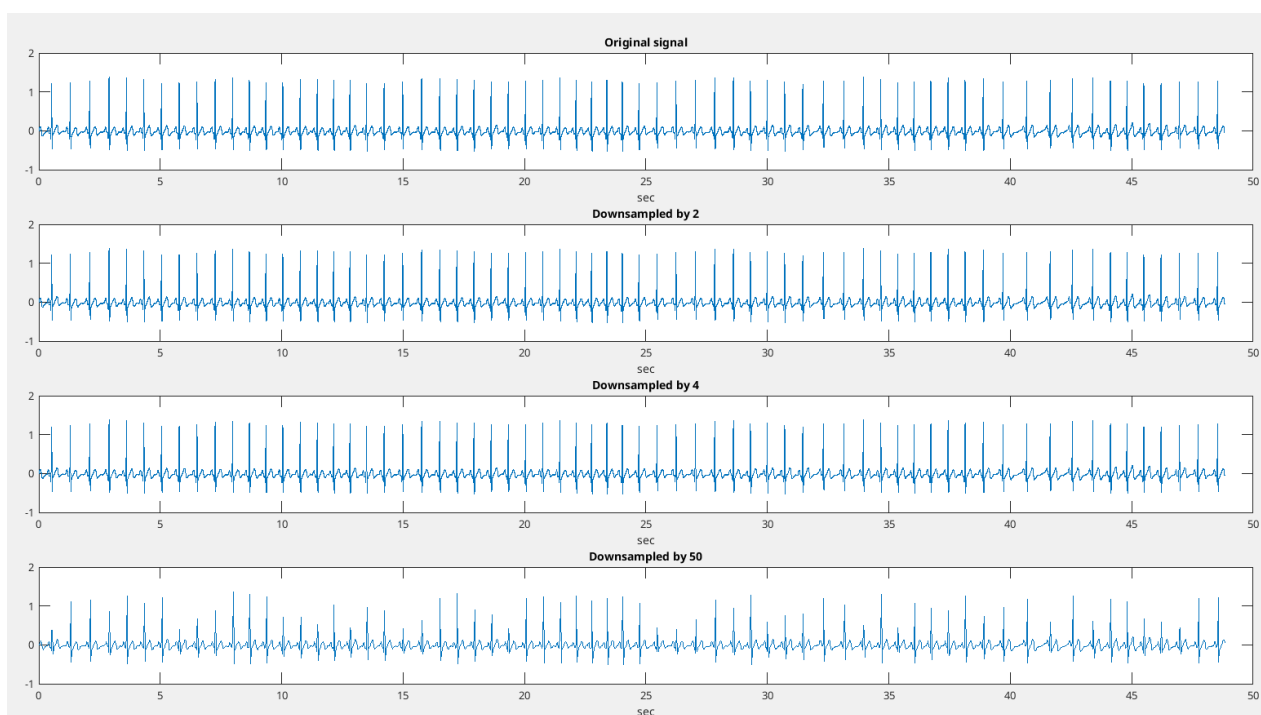


Ο καρδιακός ρυθμός που λαμβάνουμε από τις δύο (τοπικά) ψηλότερες κορυφές του σήματος εκατέρωθεν του χρόνου 35 sec είναι ο 1.4171:

```
heart_rate_original =  
1.4171
```

Μείωση του ρυθμού δειγματοληψίας

Στην συνέχεια γίνεται μείωση του ρυθμού δειγματοληψίας κατά 2, 4 και 50, δημιουργείται το γράφημα κάθε νέου σήματος με αντίστοιχα μετασχηματισμένο άξονα χρόνου και υπολογίζεται ο αντίστοιχος καρδιακός παλμός σε κάθε περίπτωση (Figure 2):



Αντίστοιχα, αν ληφθεί ο καρδιακός ρυθμός από τις δύο (τοπικά) ψηλότερες κορυφές του σήματος εκατέρωθεν του χρόνου 35 sec για κάθε περίπτωση μείωσης ρυθμού δειγματοληψίας, έχουμε:

- Για μείωση κατά 2: 1.4171
- Για μείωση κατά 4: 1.4171
- Για μείωση κατά 50: 0.7259

Αυτά έχουμε ως αποτέλεσμα του υπολογισμού:

```
heart_rate_downsampled_2 =
```

```
1.4171
```

```
heart_rate_downsampled_4 =
```

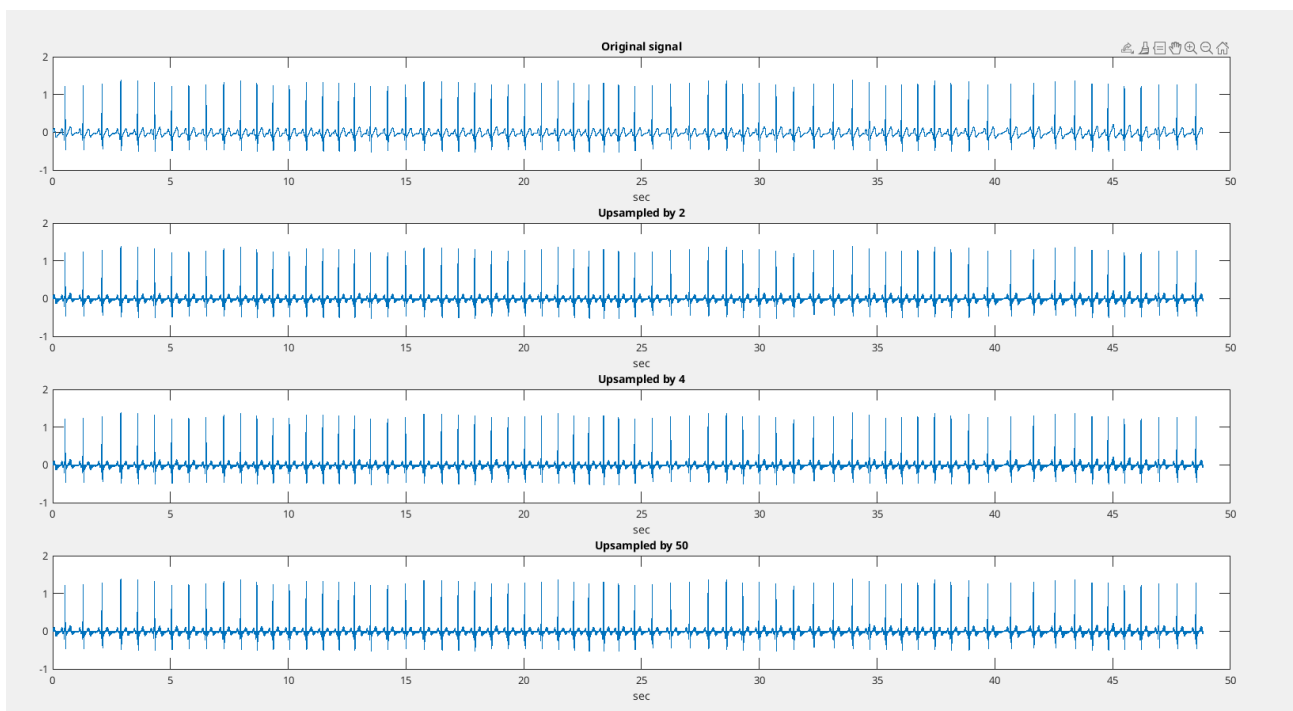
```
1.4171
```

```
heart_rate_downsampled_50 =
```

```
0.7259
```

Αύξηση του ρυθμού δειγματοληψίας

Τέλος, γίνεται αύξηση του ρυθμού δειγματοληψίας κατά 2, 4 και 50, δημιουργείται το γράφημα κάθε νέου σήματος με αντίστοιχα μετασχηματισμένο άξονα χρόνου και υπολογίζεται ο αντίστοιχος καρδιακός παλμός (Figure 3):



Αντίστοιχα, αν ληφθεί ο καρδιακός ρυθμός από τις δύο (τοπικά) ψηλότερες κορυφές του σήματος εκατέρωθεν του χρόνου 35 sec για κάθε περίπτωση αύξησης ρυθμού δειγματοληψίας, έχουμε:

- Για αύξηση κατά 2: 1.4171
- Για αύξηση κατά 4: 1.4171
- Για αύξηση κατά 50: 1.4171

Αυτά έχουμε ως αποτέλεσμα του υπολογισμού:

```
heart_rate_upsampled_2 =
```

```
1.4171
```

```
heart_rate_upsampled_4 =
```

```
1.4171
```

```
heart_rate_upsampled_50 =
```

```
1.4171
```