Computer Assignment 3 - Signals & Systems - Dr Akhavan

Amirali Dehghani - 810102443

Question 1

در این بخش هدف، پنهان‌کردن یک متن در یک تصویر است. این کار به روش‌های مختلفی قابل انجام است که در اینجا با پیدا کردن شلوغ‌ترین نقاط عکس و قرار دادن پیام در LSB (Least significant bit) یا کم‌ارزش‌ترین بیت انجام شده است. در ادامه توضیحات بیشتری درباره‌ی این داده خواهد شد.

```
clc, clearvars, close all;
```

1 - 1) Creating Mapset

در ابتدا ما باید مپ ست مورد نظر خودمان را بسازیم. در اینجا یک آرایه‌ی دو بعدی از حروف الفبای انگلیسی و چند کاراکتر داریم که دومین عضو هر کدام، باینری شده‌ی آن کاراکتر تا ۵ بیت است.

```
Nch = 32;
mapset = cell(2,Nch);
Alphabet ='abcdefghijklmnopqrstuvwxyz .,!";';
for i = 1:Nch
    mapset{1,i}=Alphabet(i);
    mapset{2,i}=dec2bin(i-1,5);
end
```

1 - 2) Encoding a picture

در این بخش تصویری که می‌خواهیم آن را رمزگذاری کنیم را بارگذاری می‌کنیم و آن را سیاه سفید می‌کنیم. علت آن این است که عکس‌های سیاه سفید، در واقع در هر پیکسل مقدار R، G و B آن‌ها با یکدیگر برابر است و در نتیجه در هنگام مواجه با هر پیکسل، فقط با یک عدد کار می‌کنیم. سپس وارد تابع coding میشویم که توضیحات آن در ادامه داده خواهد شد.

```
[file, path] = uigetfile({'*.jpg;*.png'}, "Choose your picture: ");
picture = imread([path, file]);
picture = rgb2gray(picture);
message = 'signal;';
codedPicture = coding(picture, message, mapset);
```

تابع message2binary، پیام حاوی متن را که به صورت یک رشته است، دریافت کرده و تا زمانی که رشته تمام نشده یا به کاراکتر ; نرسیده، ادامه می‌دهد و در نهایت خروجی آن، یک باینری است.

```
function binarizedMessage = message2binary(message, mapset)
    binarizedMessage = '';
    for charInMessage = message
        found = false;
        for charInMapSet = mapset
            if charInMessage == charInMapSet{1};
                binarizedMessage = [binarizedMessage, charInMapSet{2}];
                found = true;
                break;
            end
        end
        if ~found
            fprintf('Character "%c" not found in mapset. Skipping...\n',
charInMessage);
        end
    end
end
```

تابع sortBlocks، بلاک‌هایی که می‌توان در آن‌ها کلمه را پنهان کرد خروجی می‌دهد. اساس کار آن به این شکل است که بدون در نظر گرفتن بیت آخر هر پیکسل یا همان LSB، کنتراست هر بلاک blockSize * blockSize را به صورت تفاضل بیشترین و کمترین پیکسل آن بلاک محاسبه می‌کند و اگر از threshold ورودی داده شده بیشتر باشد، آن بلاک را به عنوان بلاکی که می‌توان در آن پیام را مخفی کرد ذخیره کرده و در آخر تمامی آن‌ها را خروجی می‌دهد.

```
 function availableBlocks = sortBlocks(picture, roundedSize, blockSize,
threshold)
     blocks = {}; availableBlocks = {};
     for i = 1:blockSize:roundedSize(1)
         for j = 1:blockSize:roundedSize(2)
             pixels = picture(i:i + blockSize-1, j:j + blockSize-1);
             blockWithoutLSB = bitand(pixels, 254);
             contrast = max(blockWithoutLSB(:)) - min(blockWithoutLSB(:));
             block = containers.Map();
             block('pixels') = pixels;
             block('contrast') = contrast;
             block('position') = [i, j];
             if (contrast > threshold)
                 availableBlocks{end+1} = block;
             end
             blocks{end+1} = block;
         end
     end
     contrasts = cellfun(@(block) block('contrast'), availableBlocks);
     [~, sortedIndices] = sort(contrasts, 'descend');
     availableBlocks = availableBlocks(sortedIndices);
 end
```

تابع coding اصل کار ما را انجام می‌دهد. با گرفتن پیام باینری شده و بلاک‌های مطلوب از توابعی که آن‌ها را تعریف کردیم، هر بیت پیام را در بیت آخر هر پیکسل می‌نویسد.

```
 function codedPicture = coding(picture, message, mapset)
     blockSize = 20;
     threshold = 70;
     codedPicture = picture;
     [height, width] = size(picture);
     roundedSize = [floor(height / blockSize) * blockSize, floor(width /
blockSize) * blockSize];
     messageLength = length(message);
     binarizedMessage = message2binary(message, mapset);
     availableBlocks = sortBlocks(picture, roundedSize, blockSize,
threshold);
     numOfAvailableBlocks = length(availableBlocks);
     if numOfAvailableBlocks < messageLength
         fprintf("You can only fit %d characters in this picture but your
message has %d characters.\n", numOfAvailableBlocks, messageLength);
         codedPicture = 1;
         return
     end
     visualizeBlocks(picture, blockSize, threshold);
     messageIndex = 1;
     for i = 1:numOfAvailableBlocks
         block = availableBlocks{i};
         pixels = block('pixels');
         position = block('position'); x = position(1); y = position(2);
         for j = 1:blockSize
             for k = 1:blockSize
                 if messageIndex > length(binarizedMessage)
                     break
                 end
                 pixel = pixels(j, k);
                 binarizedPixel = dec2bin(pixel, 8);
                 binarizedPixel(end) = binarizedMessage(messageIndex);

                 pixels(j, k) = bin2dec(binarizedPixel);
                 messageIndex = messageIndex + 1;
             end
             if messageIndex > length(binarizedMessage)
                 break
             end
         end
         codedPicture(x : x + blockSize-1, y : y + blockSize-1) = pixels;
     end
 end
```

Additional) Showing available blocks in photo

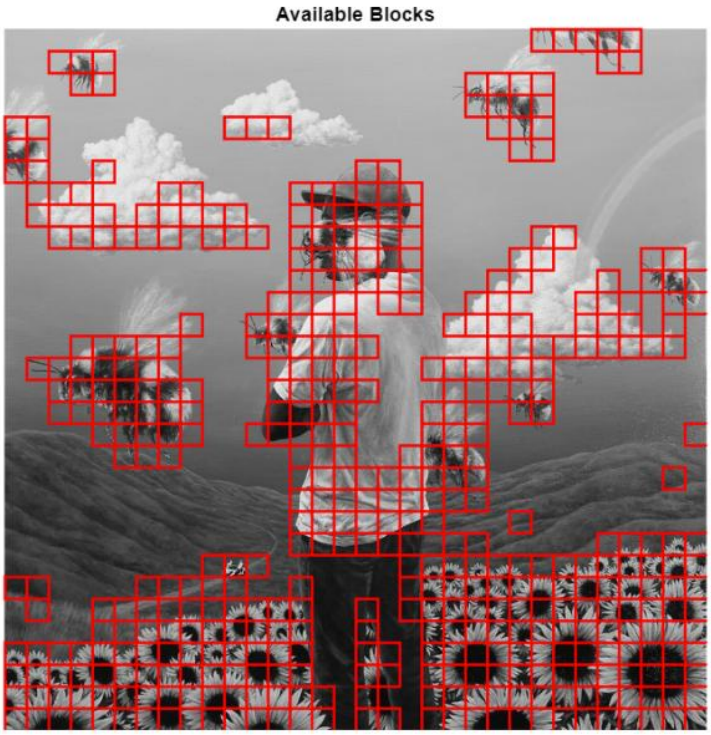
این بخش به صورت اضافه، بلاک‌هایی که در آن می‌توان پیام را مخفی کرد را در عکس دورشان را مستطیل قرمز کشیده و نشان می‌دهد.

```
 function visualizeBlocks(picture, blockSize, threshold)
     [height, width] = size(picture);
     roundedSize = [floor(height / blockSize) * blockSize, floor(width / 
blockSize) * blockSize];
     availableBlocks = sortBlocks(picture, roundedSize, blockSize, 
threshold);

     figure, imshow(picture), title('Available Blocks');
     hold on;

     for i = 1:length(availableBlocks)
         block = availableBlocks{i};
         pos = block('position');
         x = pos(2);
         y = pos(1);
         rectangle('Position', [x, y, blockSize, blockSize], 'EdgeColor', 
'r', 'LineWidth', 1.5);
     end

     hold off;
 end
```



1 - 3) Showing original picture and coded picture

```
figure('Position', [0 0 1000 400]);
plot1 = subplot(1,2,1);
imshow(picture);
title('Original Picture');
plot2 = subplot(1,2,2);
imshow(codedPicture);
title('Coded Picture');
```

1 - 4) Decoding the picture

در این بخش تصویری که می‌خواهیم آن را رمزگشایی کنیم را از بخش قبلی گرفته و با blockSize و threshold ای که به آن می‌دهیم، پیام را از تابع decoding که در ادامه توضیح آن داده می‌شود، خروجی می‌گیریم و نمایش می‌دهیم.

```
blockSize = 20;
threshold = 100;
message = decoding(codedPicture, mapset, blockSize, threshold);
fprintf('Hidden message is : "%s"', message);
```

```
Hidden message is : "signal;"
```

این تابع با گرفتن باینری هر کاراکتر، آن را در مپ‌ست پیدا می‌کند و کاراکتر آن را خروجی می‌دهد.

```
function character = getCharacter(binary, mapset)
    for char = mapset
        if char{2} == binary
            character = char{1};
            break;
        end
    end
end
```

تابع decoding با گرفتن تصویر، سایز بلاک‌ها، ترشهولد و مپست، پیام پنهان‌شده در عکس را خروجی می‌دهد.
الگوریتم آن مشابه تابع coding هست. یعنی دوباره با استفاده از تابع sortBlocks، بلاک‌هایی که می‌توانیم در آن پیام مخفی کنیم را پیدا می‌کند و حالا این سری بیت آخر هر پیکسل را می‌خواند و آن را ذخیره می‌کند. هر ۵ پیکسل را با توجه به مپستی که در بخش اول داشتیم، یک کاراکتر در نظر می‌گیرد و درنهایت تا جایی که به ; نرسیده است ادامه می‌دهد و در نهایت پیام رمزگشایی‌شده را خروجی می‌دهد.

```
 function message = decoding(codedPicture, mapset, blockSize, threshold)
     [height, width] = size(codedPicture);
     roundedSize = [floor(height / blockSize) * blockSize, floor(width /
blockSize) * blockSize];
     codedBlocks = sortBlocks(codedPicture, roundedSize, blockSize,
threshold);
     numOfcodedBlocks = length(codedBlocks);
     message = '';
     binarizedChar = '';
     character = '';
     for i = 1:numOfcodedBlocks
         block = codedBlocks{i};
         pixels = block('pixels');
         for j = 1:blockSize
             for k = 1:blockSize
                 pixel = pixels(j, k);
                 codedPixel = dec2bin(bitand(pixel, 1));
                 binarizedChar = [binarizedChar, codedPixel];
                 if length(binarizedChar) >= 5
                     character = getCharacter(binarizedChar, mapset);
                     message = [message, character];
                     binarizedChar = '';
                     if character == ';'
                         break
                     end
                 end
             end
             if character == ';'
                 break
             end
         end
         if character == ';'
             break
         end
     end
 end
```

1 - 5) If noise is unintentionally added to the image, can we still decode it?

بستگی دارد که این نویز به کدام بخش عکس اضافه می‌شود. اگر به بلاک‌هایی که با توجه به ترشهولد و اندازه‌ی مورد نظر ما انتخاب شده بودند، اضافه شوند می‌توانند پیام را تغییر بدهند و آن را خراب کنند اما اگر این نویز به جاهایی که انتخاب نشده بودند اضافه شود تاثیری ندارد.

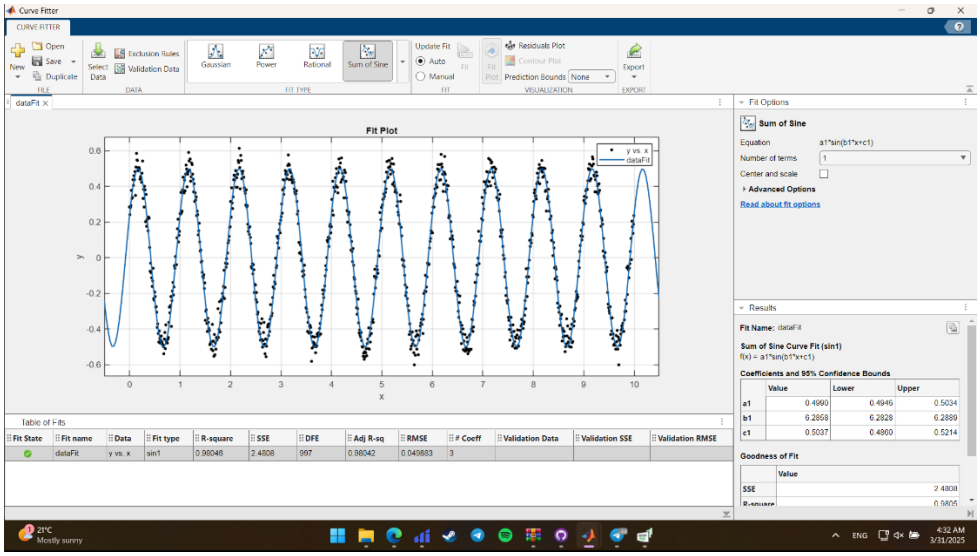
Question 2

در این سوال هدف اصلی این است که بتوانیم رابطه‌ی واقعی دیتاهایی که داریم را به دست بیاوریم که به صورت $y = a_0 \sin(\omega_0 x + \varphi_0)$ (درواقع متغیرهای آن) را به دست آوریم.

```
clc, clearvars, close all;
```

2 - 1)

همان‌طور که در تصویر مشخص است، مقادیر مورد نظر با استفاده از اپلیکیشن curve fitter به دست آمده است.



2 - 2)

در این بخش، با استفاده از ۳ حلقه‌ای که در صورت پروژه هم آمده بود، مقادیر a_0، ω_0 و φ_0 به دست می‌آید. پاسخ به دست آمده برای هرکدام تقریبا مشابه و نزدیک همان مقادیری است که در نرم افزار به دست آمده اما مشکل این روش این است که زمان بسیار زیادی طول می‌کشد تا انجام بشود چون که حلقه تودرتوهم داریم، ۲ میلیون بار حلقه اجرا می‌شود که عدد زیادی است و از نظر زمانی مناسب نیست.

```
load("DataFit.mat");
minError = inf;
bestParameters = containers.Map;
tic;
for a0 = 0.01:0.01:1
    for w0 = 0:pi/10:10*pi
        for phi0 = 0:pi/100:2*pi
            y_pred = a0 * sin(w0 * x + phi0);
            error = sum((y - y_pred).^2);
            if error < minError
                minError = error;
                bestParameters('a0') = a0;
                bestParameters('w0') = w0;
                bestParameters('phi0') = phi0;
            end
        end
    end
end
toc;
```

```
Elapsed time is 23.148005 seconds.
```

```
fprintf('Best parameters: a0=%.4f, ω0=%.4f, ϕ0=%.4f\n',
bestParameters('a0'), bestParameters('w0'), bestParameters('phi0'));
```

```
Best parameters: a0=0.5000, ω0=6.2832, ϕ0=0.5027
```

2 - 3)

تفاوت این بخش با بخش قبلی این است که به جای اینکه با stepهای کوچک در بازه‌ی مورد نظر بگردیم که از نظر زمانی خیلی طول می‌کشد، ابتدا با step بزرگ‌تر بازه مورد نظر را بگردیم ویک جواب کلی به دست بیاوریم، سپس در یک بازه‌ای به دور جواب کلی به دست آمده با step کوچک‌تر دنبال جواب دقیق‌تر بگردیم. این روش خیلی از نظر زمانی مناسب‌تر است و جواب‌هایی که می‌دهد هم مطلوب و مناسب است.

```
minError = inf;
bestParameters = containers.Map;
tic;
for a0 = 0.1:0.1:1
    for w0 = 0:pi:10*pi
        for phi0 = 0:pi/10:2*pi
            y_pred = a0 * sin(w0 * x + phi0);
            error = sum((y - y_pred).^2);
            if error < minError
                minError = error;
                bestParameters('a0') = a0;
                bestParameters('w0') = w0;
                bestParameters('phi0') = phi0;
            end
        end
    end
end

minError = inf;
finalParameters = containers.Map;
range_a0 = max(bestParameters('a0')-
0.05,0.01):0.01:min(bestParameters('a0')+0.05,1);
range_w0 = max(bestParameters('w0')-
pi/2,0):pi/10:min(bestParameters('w0')+pi/2,10*pi);
range_phi0 = max(bestParameters('phi0')-
pi/2,0):pi/100:min(bestParameters('phi0')+pi/2,2*pi);

for a0 = range_a0
    for w0 = range_w0
        for phi0 = range_phi0
            y_pred = a0 * sin(w0 * x + phi0);
            error = sum((y - y_pred).^2);
            if error < minError
                minError = error;
                finalParameters('a0') = a0;
                finalParameters('w0') = w0;
                finalParameters('phi0') = phi0;
            end
        end
    end
end
toc;
```

```
Elapsed time is 0.069641 seconds.
```

```
fprintf('Best parameters: a0=%.4f, ω0=%.4f, ϕ0=%.4f\n',
finalParameters('a0'), finalParameters('w0'), finalParameters('phi0'));
```

```
Best parameters: a0=0.5000, ω0=6.2832, ϕ0=0.5027
```

2 - 4)

در اینجا از روش گرادیان کاهشی مسئله را پیش می‌بریم که در واقع از فرمول $z^{(k+1)} \rightarrow z^{(k)} - \mu \nabla f_z(k)$ به دست می اید که هر سری با به دست آوردن گرادیان تابع و کم کردن آن از مقادیر، به مقادیر جدیدی می‌رسیم که در نهایت اگر اختلاف مقادیر جدید با مقادیر قبلی نزدیک به صفر شود، حلقه متوقف می‌شود و جواب نمایش داده می‌شود. این روش از نظر زمانی مناسب است اما فقط به ازای مقادیر اولیه مشخصی همگرا می شود.

```
tic
mu = 1e-6;
tol = 1e-5;
z = [0.5; 6; 0.47];
while true
    a = z(1);
    omega = z(2);
    phi = z(3);

    grad_a = -2 * sum((y - a.*sin(omega.*x + phi)) .* sin(omega.*x + phi));
    grad_omega = -2 * sum((y - a.*sin(omega.*x + phi)) .* a.*x.*cos(omega.*x
+ phi));
    grad_phi = -2 * sum((y - a.*sin(omega.*x + phi)) .* a.*cos(omega.*x +
phi));
    gradient = [grad_a; grad_omega; grad_phi];

    z_new = z - mu * gradient;

    if norm(z_new - z) < tol || norm(gradient) < tol
        break
    end
    z = z_new;
end
toc;
```

```
Elapsed time is 0.118924 seconds.
```

```
fprintf('Best parameters: a0=%.4f, ω0=%.4f, ϕ0=%.4f\n', z(1), z(2), z(3));
```

```
Best parameters: a0=0.4890, ω0=6.2841, ϕ0=0.5149
```

2 - 5)

در اینجا ۳ بار مقادیر تصادفی به تابع دادیم و همانطور که مشخص است، همگرایی نداریم و تابع هدف دارای مینیمم‌های محلی می‌باشد.

```
mu = 1e-6;
tol = 1e-5;
Zs = [ [0.5; 2*pi; pi/4], [0.1; pi; pi], [1; 2; 1] ];
for z = Zs
    fprintf('Initial Value: a0=%.4f, ω0=%.4f, ϕ0=%.4f\n', z(1), z(2), z(3));
    while true
        a = z(1);
        omega = z(2);
        phi = z(3);

        grad_a = -2 * sum((y - a.*sin(omega.*x + phi)) .* sin(omega.*x +
phi));
        grad_omega = -2 * sum((y - a.*sin(omega.*x + phi)) .*
a.*x.*cos(omega.*x + phi));
        grad_phi = -2 * sum((y - a.*sin(omega.*x + phi)) .* a.*cos(omega.*x
+ phi));
        gradient = [grad_a; grad_omega; grad_phi];

        z_new = z - mu * gradient;

        if norm(z_new - z) < tol || norm(gradient) < tol
            break
        end
        z = z_new;
    end
    fprintf('Best parameters: a0=%.4f, ω0=%.4f, ϕ0=%.4f\n', z(1), z(2),
z(3));
    fprintf('-----------------------------------------------------------------
-----------------------------------\n')
end
```

```
Initial Value: a0=0.5000, ω0=6.2832, ϕ0=0.7854
Best parameters: a0=0.4965, ω0=6.2605, ϕ0=0.6720
-------------------------------------------------------------------------------------
------------
Initial Value: a0=0.1000, ω0=3.1416, ϕ0=3.1416
Best parameters: a0=0.0118, ω0=3.1603, ϕ0=3.1418
-------------------------------------------------------------------------------------
------------
Initial Value: a0=1.0000, ω0=2.0000, ϕ0=1.0000
Best parameters: a0=0.0089, ω0=1.9680, ϕ0=1.0131
-------------------------------------------------------------------------------------
------------
```

Question 3

```
clc, clearvars, close all;
```

3 - 1)

دقت‌ها در عکس مشخص است.

Model 2: SVM
Status: Trained

Training Results
Accuracy (Validation) 77.3%
Total cost (Validation) 136
Prediction speed ~6700 obs/sec
Training time 10.16 sec
Model size (Compact) ~25 kB

▸ **Model Hyperparameters**

▾ **Feature Selection: 6/6 individual features selected**

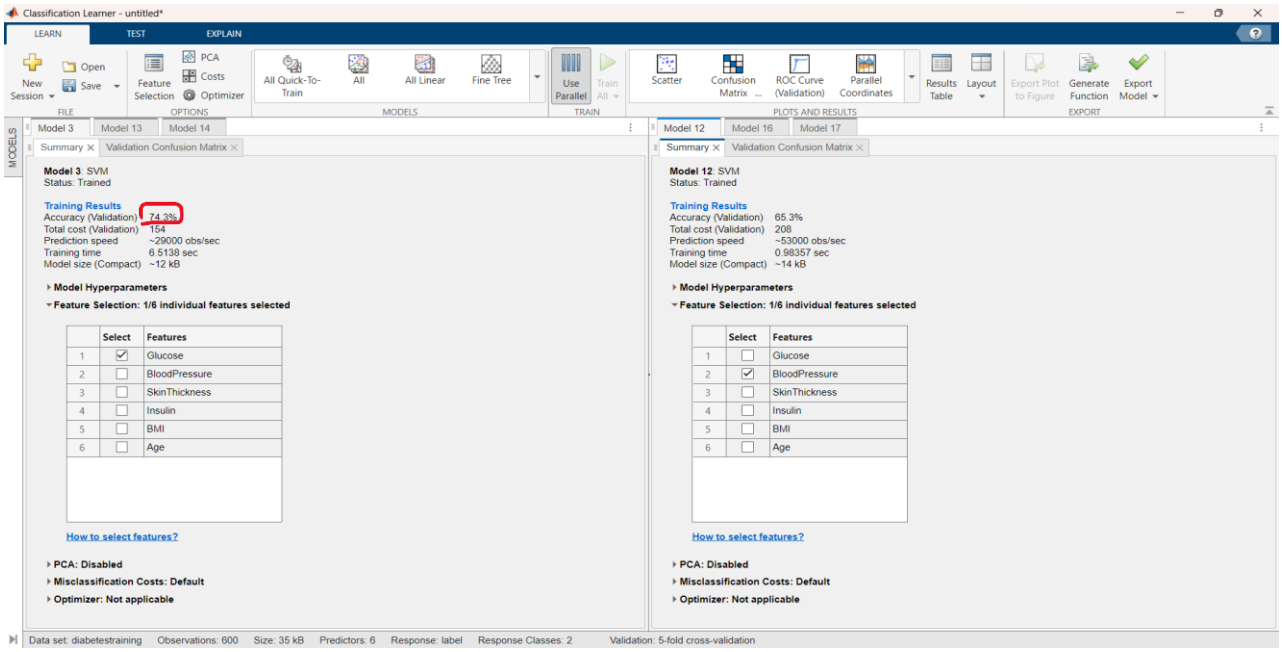
	Select	Features
1	☑	Glucose
2	☑	BloodPressure
3	☑	SkinThickness
4	☑	Insulin
5	☑	BMI
6	☑	Age

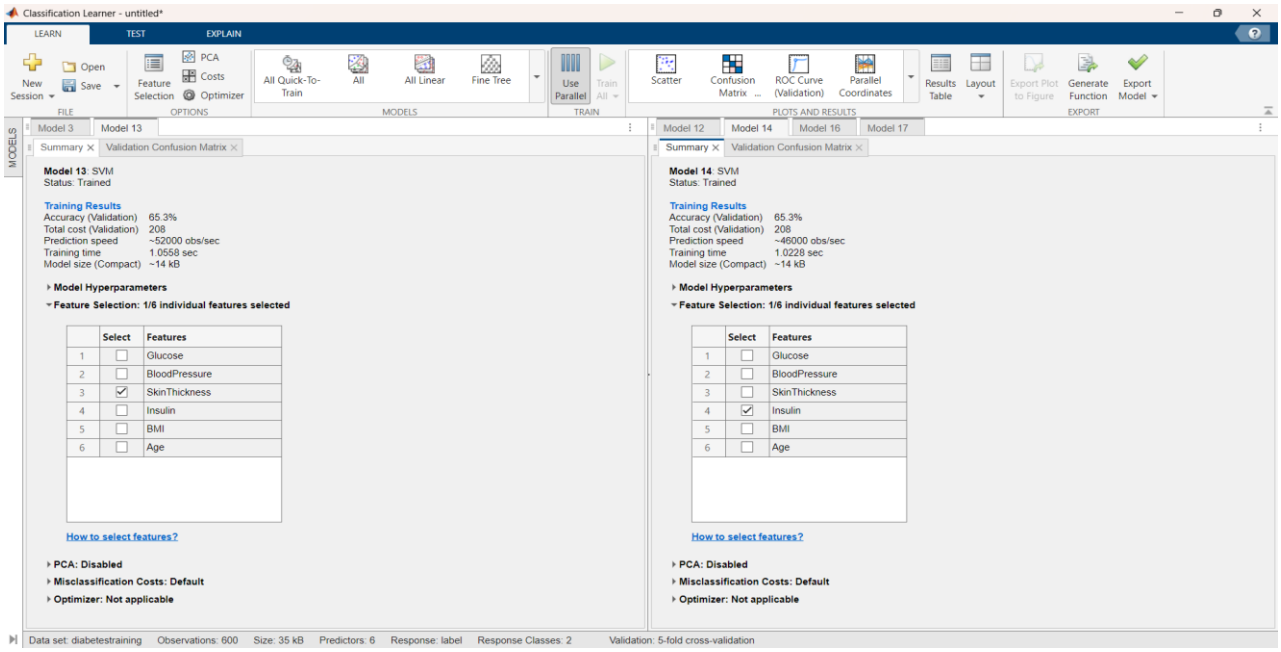
How to select features?

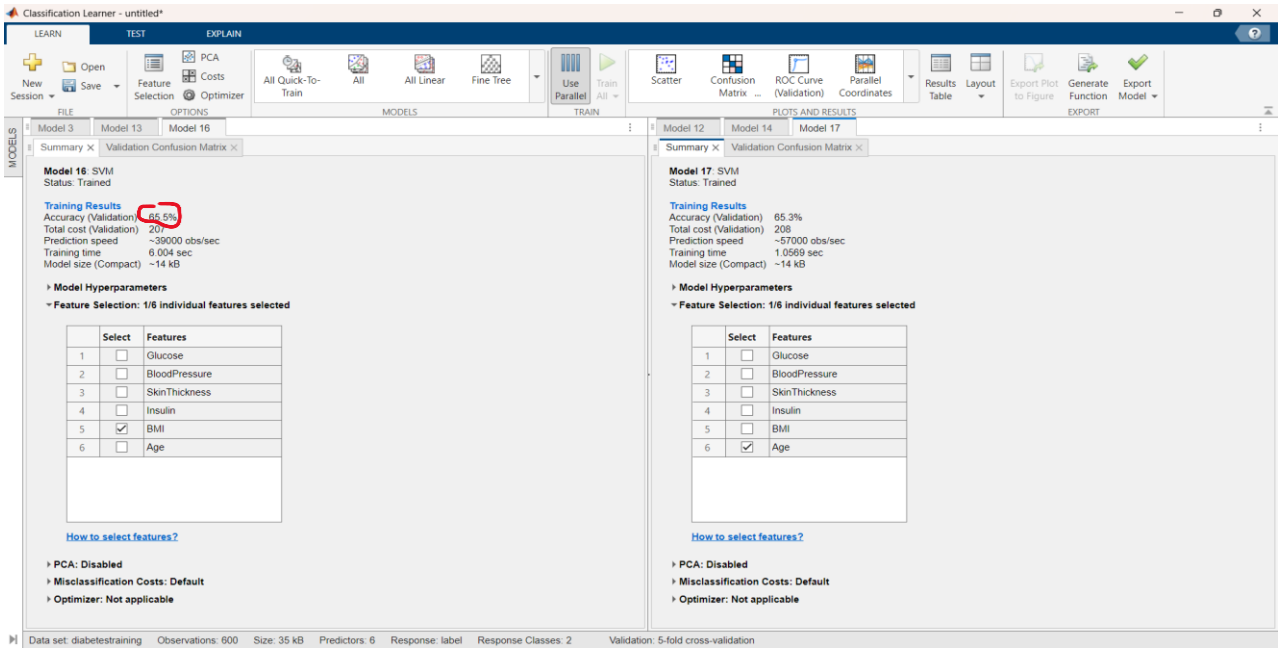
▸ **PCA: Disabled**
▸ **Misclassification Costs: Default**
▸ **Optimizer: Not applicable**

3 - 2)

همان‌طور که در تصاویر مشخص است بیشترین تاثیر را گلوکز و بعد از آن BMI دارد.







3 - 3)

```
load('TrainedModel.mat');
dataset = readtable('diabetes-training.csv');
labels = dataset(:, end);
features = dataset(:, 1 : end-1);
predictions = TrainedModel.predictFcn(features);
accuracy = mean(predictions == labels).*100;
disp(accuracy);
```

```
    label
    _____

    77.5
```

3 - 4)

```
dataset = readtable('diabetes-validation.csv');
labels = dataset(:, end);
features = dataset(:, 1 : end-1);
predictions = TrainedModel.predictFcn(features);
accuracy = mean(predictions == labels).*100;
disp(accuracy);
```

```
label
_____

 78
```

Part 4

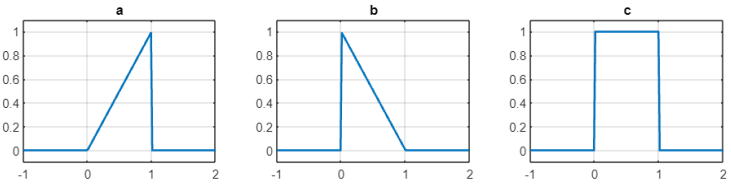
در این بخش، کانولوشن سیگنال‌های مورد نظر محاسبه می‌شود و با شکل‌های داخل صورت پروژه مقایسه می‌شود.

```
clc, clearvars, close all;

t = linspace(-10, 10, 1000);
a = (t >= 0 & t < 1) .* t;
b = (t >= 0 & t < 1) .* (1 - t);
c = (t >= 0 & t <= 1);

signals = {'a', 'b', 'c'};
data = {a, b, c};
figure('Position',[0, 0 1000, 200]);
for z = 1:3
    subplot(1, 3, z);
    xlim([-1, 3]);
    plot(t, data{z}, 'LineWidth', 1.5);
    title(signals{z});
    grid on;
    xlim([-1, 2]);
    ylim([-0.1,1.1])
end
```

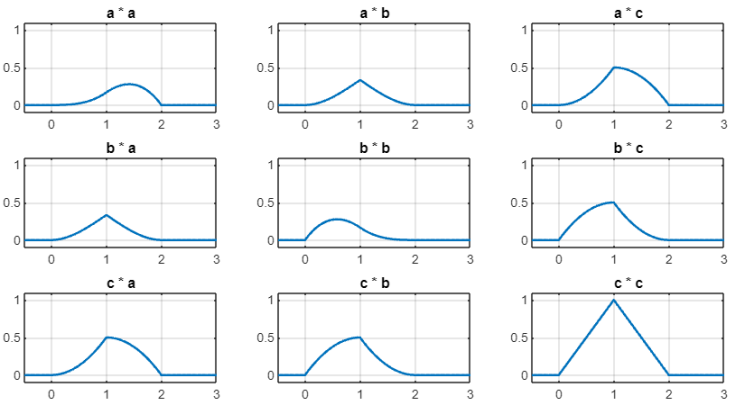
نمودار هر ۳ تابع:




```
figure('Position',[0, 0, 800, 400]);
idx = 1;
for z = 1:3
    for j = 1:3
        conv_result = conv(data{z}, data{j}, 'same') * (t(2) - t(1));
```

```
        subplot(3, 3, idx);
        plot(t, conv_result, 'LineWidth', 1.5);
        title([signals{z}, ' * ', signals{j}]);
        xlim([-0.5,3]);
        ylim([-0.1, 1.1]);
        grid on;
        idx = idx + 1;
    end
end
```

کانولوشن‌های به دست آمده:



با توجه به صورت پروژه و نتایج به دست آمده، کانولوشن‌های داخل صورت پروژه به شرح زیر است: