





ภาคผนวก ก

โค้ดของโปรแกรม MATLAB ที่ใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติ  
ในการทำงานของหัวใจ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

## ภาคผนวก ก

```
% Create the figure window.
btnColor=get(0,'DefaultUIControlBackgroundColor');
% Position the GUI in the middle of the screen
screenUnits=get(0,'Units');
set(0,'Units','pixels');
screenSize=get(0,'ScreenSize');
set(0,'Units',screenUnits);
figWidth=950;
figHeight=400;
figPos=[(screenSize(3)-figWidth)/2 (screenSize(4)-figHeight)/2,figWidth,figHeight];
fig=figure(...
    'Menubar'      , 'none' , ...
    'Color'        , btnColor , ...
    'IntegerHandle' , 'off' , ...
    'Resize'       , 'off'   , ...
    'DoubleBuffer' , 'on'    , ...
    'HandleVisibility' , 'on' , ...
    'Name'         , 'โปรแกรมตรวจสอบความผิดปกติในการทำงานของหัวใจเบื้องต้น โดยอาศัย
สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และสัญญาณคลื่นเสียงเชิงกลจากการทำงานของหัวใจ' , ...
    'NumberTitle'  , 'off'   , ...
    'Units'        , 'pixels' , ...
    'Position'     , figPos   , ...
    'UserData'     , []       , ...
    'Colormap'     , []       , ...
    'Pointer'      , 'arrow'  , ...
    'Visible'      , 'on'    , ...
);
```

zoom

Me\_file=ui(menu(fig,'Label','File'));

Me\_open=ui(menu(Me\_file,'Label','เปิดข้อมูล','callback','drawit=11;'));

Me\_print=ui(menu(Me\_file,'Label','พิมพ์','callback','drawit=10;'));

Me\_close=ui(menu(Me\_file,'Label','ปิด','callback','drawit=12;'));

Me\_PCG=ui(menu(fig,'Label','คลื่นเสียงหัวใจ'));

Me\_PCGtime=ui(menu(Me\_PCG,'label','แสดงโดเมนเวลา','callback','drawit=1;'));

Me\_PCGfrequency=ui(menu(Me\_PCG,'label','แสดงโดเมนความถี่','callback','drawit=2;'));

Me\_ECG=ui(menu(fig,'Label','คลื่นไฟฟ้าหัวใจ'));

Me\_ECGtime=ui(menu(Me\_ECG,'label','แสดงโดเมนเวลา','callback','drawit=3;'));

Me\_ECGfrequency=ui(menu(Me\_ECG,'label','แสดงโดเมนความถี่','callback','drawit=4;'));

Me\_system=ui(menu(fig,'Label','วิเคราะห์ระบบหัวใจ'));

Me\_system\_time=ui(menu(Me\_system,'Label','ผลตอบสนองอิมพัลส์ของระบบ'));

Me\_system\_timedisplay=ui(menu(Me\_system\_time,'Label','แสดงกราฟ','callback','drawit=5;'));

Me\_system\_timesave=ui(menu(Me\_system\_time,'Label','บันทึก','callback','drawit=7;'));

Me\_system\_frequency=ui(menu(Me\_system,'Label','ผลตอบสนองในโดเมนความถี่ของระบบ'));

Me\_system\_frequencydisplay=ui(menu(Me\_system\_frequency,'Label','แสดงกราฟ','callback','drawit=6;'));

Me\_system\_frequenciesave=ui(menu(Me\_system\_frequency,'Label','บันทึก','callback','drawit=8;'));

Me\_corr=ui(menu(fig,'Label','วิเคราะห์โดยกระบวนการสหสัมพันธ์'));

Me\_corrfrequency=ui(menu(Me\_corr,'Label','ความถี่','callback','drawit=9;'));

```

% Create Data subplot.
hAxes(1) = axes(...
    'Position'      , [0.08 0.1 0.6 .85],...
    'fontsize'     , 8, ...
    'Parent'       , fig...
    );
set(hAxes(1),'XLim',[0 16000],'YLim',[-1 1],'color', [1 1 1]);
grid on

uicontrol( ...
    'style', 'frame', ...
    'position', [650 310 200 70], ...
    'backgroundcolor', [.8,.8,.8] ...
    );
x1=0;
scalx1 = uicontrol(gcf,'Style','edit',...
    'String',num2str(x1),...
    'Position',[660,350,50,20],...
    'BackgroundColor',[0.8,0.8,0.8],...
    'callback', 'drawit=13;');
x2=16000;
scalx2 = uicontrol(gcf,'Style','edit',...
    'String',num2str(x2),...
    'Position',[740,350,50,20],...
    'BackgroundColor',[0.8,0.8,0.8],...
    'callback', 'drawit=13;');
uicontrol(...
    'style', 'text',...
    'string','แกน(X)',...

```

```
'backgroundcolor', [.8,.8,.8],...
```

```
'position', [790 350 45 20]...
```

```
);
```

```
uicontrol(...
```

```
'style', 'text',...
```

```
'string', 'ถึง',...
```

```
'backgroundcolor', [.8,.8,.8],...
```

```
'position', [713 350 25 20]...
```

```
);
```

```
y1=-1;
```

```
scaly1 = uicontrol(gcf,'Style','edit',...
```

```
'String',num2str(y1),...
```

```
'Position',[660 320 50,20],...
```

```
'BackgroundColor',[0.8,0.8,0.8],...
```

```
'callback', 'drawit=13;');
```

```
y2=1;
```

```
scaly2 = uicontrol(gcf,'Style','edit',...
```

```
'String',num2str(y2),...
```

```
'Position',[740 320 50,20],...
```

```
'BackgroundColor',[0.8,0.8,0.8],...
```

```
'callback', 'drawit=13;');
```

```
uicontrol(...
```

```
'style', 'text',...
```

```
'string','แกน(Y)',...
```

```
'backgroundcolor', [.8,.8,.8],...
```

```
'position', [790 320 45 20]...
```

```
);
```

```

uicontrol(...
    'style', 'text',...
    'string','ถึง',...
    'backgroundcolor', [.8,.8,.8],...
    'position', [713 320 25 20]...
);
uicontrol( ...
    'style', 'frame', ...
    'position', [650 45 190 130], ...
    'backgroundcolor', [.8,.8,.8] ...
);
uicontrol( ...
    'style', 'frame', ...
    'position', [660 55 170 90], ...
    'backgroundcolor', [0.5,0.5,0.5] ...
);
Titel=uicontrol('Style','text', ...
    'String','ข้อมูลผู้ตรวจ',...
    'Position',[700,150,80,20],...
    'BackgroundColor',[1,1,1]...
);
name=uicontrol(gcf,'Style','edit', ...
    'String','ชื่อ-นามสกุล',...
    'Position',[670,120,150,20],...
    'BackgroundColor',[1,1,1]...
);

```

```

Ang=icontrol(gcf,'Style','edit', ...
    'String','อายุ',...
    'Position',[670,100,150,20],...
    'BackgroundColor',[1,1,1]...
);
weight=icontrol(gcf,'Style','edit', ...
    'String','น้ำหนัก',...
    'Position',[670,80,150,20],...
    'BackgroundColor',[1,1,1]...
);
pressure=icontrol(gcf,'Style','edit', ...
    'String','ความดัน',...
    'Position',[670,60,150,20],...
    'BackgroundColor',[1,1,1]...
);

%Main event loop
stopit=0; %wait for a quit button push
drawit=0; %wait for a draw
while (stopit==0)
    drawnow;
    if drawit==13
        drawit=0;
        x2=str2num(get(scalx2,'string'));
        x1=str2num(get(scalx1,'string'));
        y1=str2num(get(scaly1,'string'));
        y2=str2num(get(scaly2,'string'));
        set(hAxes(1),'XLim',[x1 x2],'YLim',[y1 y2],'color',[1 1 1]);
    end
end

```



```

if drawit==10
    drawit=0;
    printdlg('-setup',fig);
    printdlg('-crossplatform',fig);
end

if drawit==12
    drawit=0;
    fig =(gcf);
    quit_reply = questdlg('คุณต้องการออกจากโปรแกรมใช่หรือไม่');
    if strcmp(quit_reply,'Yes')
        stopit=1;
        close(fig);
    end
end

if drawit==11
    drawit=0;
    [filename1,pathname]=uigetfile(['*.wav'],'เลือกไฟล์สัญญาณคลื่นเสียงหัวใจที่
ต้องการ');
    if isequal([filename1,pathname],[0,0])
        stopit==0;
    else
        [signal1,Fs1]=wavread([pathname filename1]);
    end

    [filename2,pathname]=uigetfile(['*.wav'],'เลือกไฟล์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ
ที่ต้องการ');
    if isequal([filename2,pathname],[0,0])
        stopit==0;
    else

```

```

        [signal2,Fs2]=wavread([pathname filename2]);
    end
end

if drawit==1
    drawit=0;
    sigclean1 = signal1;
    [thr,sorh,keepapp] = ddencmp('den','wv',sigclean1);
    clean1 = wden(sigclean1,'heursure','s','one',5,'sym8');
    data_max = max(abs(clean1));
    normalize1 = (clean1)/data_max;    %normalize
    pcg=normalize1;
    hLine(1)=plot(pcg,'k');title('Phonocardiogram');
    set(hAxes(1),'XLim',[0 16000],'YLim',[-1 1],'color', [1 1 1]);
    xlabel('Sample(n)');
    ylabel('Amplitude');
    grid on
end
if drawit==2
    drawit=0;
    sigclean1 = signal1;
    [thr,sorh,keepapp] = ddencmp('den','wv',sigclean1);
    clean1 = wden(sigclean1,'heursure','s','one',5,'sym8');
    data_max = max(abs(clean1));
    normalize1 = (clean1)/data_max;    %normalize
    pcg=normalize1;
    pcg2=pcg;
    pcg_fft = fft(pcg2);                %Frequency Domain
    pcg_abs = abs(pcg_fft);

```

```

hLine(1)=plot(pcg_abs,'k');title('Phonocardiogram')
axis ([0 500 0 500]);
set(hAxes(1),'color', [1 1 1]);
grid on
xlabel('Frequency (Hz)');
ylabel('Amplitude');
end
if drawit==3
drawit=0;
sigclean2 = signal2;
[thr1,sorh1,keepapp1] = ddencomp('den','wv',sigclean2);
clean2 = wden(sigclean2,'heursure','s','one',7,'sym8');
data_max1 = max(abs(clean2));
normalize2 = (clean2)/data_max1; %normalize
ecg=normalize2;
hLine(1)=plot(ecg,'k');title('Electrocardiogram');
set(hAxes(1),'XLim',[0 16000],'YLim',[-1 1],'color', [1 1 1]);
xlabel('Sample(n)');
ylabel('Amplitude');
grid on
end
if drawit==4
drawit=0;
sigclean2 = signal2*;
[thr1,sorh1,keepapp1] = ddencomp('den','wv',sigclean2);
clean2 = wden(sigclean2,'heursure','s','one',7,'sym8');
data_max1 = max(abs(clean2));
normalize2 = (clean2)/data_max1; %normalize
ecg=normalize2;

```

```

ecg2=ecg;
ecg_fft = fft(ecg2);           %Frequency Domain
ecg_abs = abs(ecg_fft);
hLine(1)=plot(ecg_abs,'k');title('Electrocardiogram')
axis ([0 500 0 100]);
set(hAxes(1),'color',[1 1 1]);
grid on
xlabel('Frequency (Hz)');
ylabel('Amplitude');
end
if drawit==5
drawit=0;
sigclean1.= signal1;
[thr,sorh,keepapp] = ddencomp('den','wv',sigclean1);
clean1 = wden(sigclean1,'heursure','s','one',5,'sym8');
data_max = max(abs(clean1));
normalize1 = (clean1)/data_max;    %normalize
pcg=normalize1;
pcg2=pcg;
pcg_fft = fft(pcg2);           %Frequency Domain
pcg_abs = abs(pcg_fft);
sigclean2 = signal2;
[thr1,sorh1,keepapp1] = ddencomp('den','wv',sigclean2);
clean2 = wden(sigclean2,'heursure','s','one',7,'sym8');
data_max1 = max(abs(clean2));
normalize2 = (clean2)/data_max1;  %normalize
ecg=normalize2;
ecg2=ecg;
ecg_fft = fft(ecg2);           %Frequency Domain

```

```

ecg_abs = abs(ecg_fft);
signal5=pcg_fft./ecg_fft;
sig3 = real(iff(signal5)); %inverse FFT
hLine(1)=plot(sig3,'k');title('Impulse Response');
set(hAxes(1),'XLim',[0 16000],'YLim',[-1 1],'color',[1 1 1]);
grid on
xlabel('Sample(n)');
ylabel('Amplitude');
end
if drawit==6
drawit=0;
sigclean1 = signal1;
[thr,sorh,keepapp] = ddencmp('den','wv',sigclean1);
clean1 = wden(sigclean1,'heursure','s','one',5,'sym8');
data_max = max(abs(clean1));
normalize1 = (clean1)/data_max; %normalize
pcg=normalize1;
pcg2=pcg;
pcg_fft = fft(pcg2); %Frequency Domain
pcg_abs = abs(pcg_fft);
sigclean2 = signal2;
[thr1,sorh1,keepapp1] = ddencmp('den','wv',sigclean2);
clean2 = wden(sigclean2,'heursure','s','one',7,'sym8');
data_max1 = max(abs(clean2));
normalize2 = (clean2)/data_max1; %normalize
ecg=normalize2;
ecg2=ecg;
ecg_fft = fft(ecg2); %Frequency Domain
ecg_abs = abs(ecg_fft);

```

```

signal6=pcg_abs./ecg_abs;
hLine(1)=plot(signal6,'k');title('Frequency Response')
axis ([0 500 0 100]);
set(hAxes(1), 'color', [1 1 1]);
grid on
xlabel('Frequency (Hz)');
ylabel('Amplitude');
end
if drawit==7
drawit=0;
sigclean1 = signal1;
[thr,sorh,keepapp] = ddencmp('den','wv',sigclean1);
clean1 = wden(sigclean1,'heursure','s','one',5,'sym8');
data_max = max(abs(clean1));
normalize1 = (clean1)/data_max; %normalize
pcg=normalize1;
pcg2=pcg;
pcg_fft = fft(pcg2); %Frequency Domain
pcg_abs = abs(pcg_fft);
sigclean2 = signal2;
[thr1,sorh1,keepapp1] = ddencmp('den','wv',sigclean2);
clean2 = wden(sigclean2,'heursure','s','one',7,'sym8');
data_max1 = max(abs(clean2));
normalize2 = (clean2)/data_max1; %normalize
ecg=normalize2;
ecg2=ecg;
ecg_fft = fft(ecg2); %Frequency Domain
ecg_abs = abs(ecg_fft);
signal5=pcg_fft./ecg_fft;

```

```

sig3 = real(ifft(signal5)); %invert FFT
[newfile,newpath]=uiputfile(['\*.wav'],'save file name');
wavwrite(sig3,22050,[newpath newfile]);

end

if drawit==8
    drawit=0;
    sigclean1 = signal1;
    [thr,sorh,keepapp] = ddencomp('den','wv',sigclean1);
    clean1 = wden(sigclean1,'heursure','s','one',5,'sym8');
    data_max = max(abs(clean1));
    normalize1 = (clean1)/data_max; %normalize
    pcg=normalize1;
    pcg2=pcg;
    pcg_fft = fft(pcg2); %Frequency Domain
    pcg_abs = abs(pcg_fft);
    sigclean2 = signal2;
    [thr1,sorh1,keepapp1] = ddencomp('den','wv',sigclean2);
    clean2 = wden(sigclean2,'heursure','s','one',7,'sym8');
    data_max1 = max(abs(clean2));
    normalize2 = (clean2)/data_max1; %normalize
    ecg=normalize2;
    ecg2=ecg;
    ecg_fft = fft(ecg2); %Frequency Domain
    ecg_abs = abs(ecg_fft);
    signal6=pcg_abs./ecg_abs;
    [newfile,newpath]=uiputfile(['\*.wav'],'save file name');
    wavwrite(signal6,22050,[newpath newfile]);

end

if drawit==9

```

```

drawit=0;
[filename1,pathname]=uigetfile(['*.wav'],'เลือกไฟล์สัญญาณคลื่นเสียงหัวใจที่
ต้องการ');
if isequal([filename1,pathname],[0,0])
    stopit==0;
else
    [signal1,Fs1]=wavread([pathname filename1]);
end
sigclean1 = signal1;
[thr,sorh,keepapp] = ddencomp('den','wv',sigclean1);
clean1 = wden(sigclean1,'heursure','s','one',5,'sym8');
data_max = max(abs(clean1));
normalize1 = (clean1)/data_max;    %normalize
pcg=normalize1;
pcg2=pcg;
pcg_fft = fft(pcg2);              %Frequency Domain
pcg_abs = abs(pcg_fft);
[filename2,pathname]=uigetfile(['*.wav'],'เลือกไฟล์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ
ที่ต้องการ');
if isequal([filename2,pathname],[0,0])
    stopit==0;
else
    [signal2,Fs2]=wavread([pathname filename2]);
end
sigclean2 = signal2;
[thr1,sorh1,keepapp1] = ddencomp('den','wv',sigclean2);
clean2 = wden(sigclean2,'heursure','s','one',7,'sym8');
data_max1 = max(abs(clean2));
normalize2 = (clean2)/data_max1;    %normalize

```



```

ecg=normalize2;
ecg2=ecg;
ecg_fft = fft(ecg2);           %Frequency Domain
ecg_abs = abs(ecg_fft);
signal5=pcg_fft./ecg_fft;
signal6=pcg_abs./ecg_abs;
sig = real(ifft(pcg_fft));    %inverse FFT
sig2 = real(ifft(ecg_fft));  %inverse FFT
sig3 = real(ifft(signal5));  %inverse FFT
[filename3,pathname]=uigetfile(['*.wav'],'เลือกไฟล์สัญญาณคลื่นเสียงหัวใจที่
ต้องการ');
if isequal([filename3,pathname],[0,0])
    stopit==0;
else
    [signal3,Fs3]=wavread([pathname filename3]);
end
sigclean3 = signal3;
[thr2,sorh2,keepapp2] = ddenomp('den','wv',sigclean3);
clean3 = wden(sigclean3,'heursure','s','one',5,'sym8');
data_max2 = max(abs(clean3));
normalize3 = (clean3)/data_max2;    %normalize
pcg1=normalize3;
pcg3=pcg1;
pcg_fft1 = fft(pcg3);           %Frequency Domain
pcg_abs1 = abs(pcg_fft1);
[filename4,pathname]=uigetfile(['*.wav'],'เลือกไฟล์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ
ที่ต้องการ');
if isequal([filename4,pathname],[0,0])
    stopit==0;

```

```

else
    [signal4,Fs4]=wavread([pathname filename4]);
end
sigclean4 = signal4;
[thr3,sorh3,keepapp3] = ddencomp('den','wv',sigclean4);
clean4 = wden(sigclean4,'heursure','s','one',7,'sym8');
data_max3 = max(abs(clean4));
normalize4 = (clean4)/data_max3;    %normalize
ecg1=normalize4;
ecg3=ecg1;
ecg_fft1 = fft(ecg3);    %Frequency Domain
ecg_abs1 = abs(ecg_fft1);
signal15=pcg_fft1./ecg_fft1;
signal16=pcg_abs1./ecg_abs1;
sig1 = real(ifft(pcg_fft1));    %inverse FFT
sig12 = real(ifft(ecg_fft1));    %inverse FFT
sig13 = real(ifft(signal15));    %inverse FFT
corr1=xcorr(sig3,sig13,'coeff');
corr2=xcorr(signal6,sig16,'coeff');
hLine(1)=plot(corr2,'k');title('Crosscorrelation')
ylabel('Crosscorrelation');
set(hAxes(1), 'color', [1 1 1]);
grid on
uicontrol( ...
    'style', 'frame', ...
    'position', [650,205,155,30], ...
    'backgroundcolor', [0.5,0.5,0.5] ...
);
correlation1=uicontrol('Style','text', ...

```

```
'String',max(corr2),...  
'Position',[717,210,80,20],...  
'BackgroundColor',[1,1,1]...  
);  
correlation2=uicontrol('Style','text', ...  
'String','ค่าสหสัมพันธ์ = ',...  
'Position',[655,210,80,20],...  
'BackgroundColor',[1,1,1]...  
);  
end  
end
```





ภาคผนวก ข

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 27

มหาวิทยาลัยพระนคร

# เครื่องมือตรวจจับความผิดปกติการทำงานของหัวใจเบื้องต้นโดยอาศัยความสัมพันธ์ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้า

## หัวใจและสัญญาณคลื่นเสียงเชิงกลจากการทำงานของหัวใจ

### Abnormality Heart function Detection Based on Electrocardiogram and Phonocardiogram Relationship

วสุ พันไพศาล<sup>1</sup> ไกรลาศ มาครมูล<sup>1</sup> ธงชัย มณีชูเกตุ<sup>1</sup> ณรงค์ฤทธิ์ มณีจิระปราการ<sup>1</sup> ปราโมทย์ วาดเขียน<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ อ.เมือง จ.พิจิตร 65000

<sup>2</sup>ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

E-mail : wasu\_phy@hotmail.com, Krailas\_phy@hotmail.com

#### บทคัดย่อ

ในบทความนี้เสนอการสร้างเครื่องมือวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจ และคลื่นเสียงเชิงกลจากการทำงานของหัวใจด้วยคลื่นทุมด้า โดยอาศัยการมัลติเพล็กซ์สัญญาณทั้งสองเข้าทาง Soundcard โดยใช้โปรแกรม MatLab ในการประมวลผล และได้เสนอการวิเคราะห์การทำงานของหัวใจโดยอาศัย คลื่นไฟฟ้าหัวใจเหมือนกับเป็นอินพุตของระบบ และให้อาต์พุตเป็นคลื่นเสียงเชิงกลจากการทำงานของหัวใจโดยที่การทำงานของหัวใจเสมือนเป็นระบบหนึ่ง และหาค่าผลคูณของอิมพัลส์ของระบบ โดยอาศัยการทำ FFT อินพุตและเอาต์พุตแล้วทำการหารกันและทำ IFFT และนำ  $H(\Omega)$  ดังกล่าวไปหา correlation กับ  $H(\Omega)$  มาตรฐาน เพื่อตรวจสอบความผิดปกติในการทำงานของหัวใจเบื้องต้น

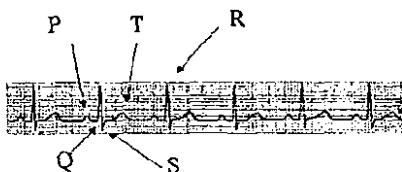
#### ABSTRACT

In this paper, a simple measurement system of ECG and PCG is implemented, which the two signals are multiplex and then sent to a soundcard. Demultiplexing and the other processing are developed on MatLab. In addition, an abnormal heart function of based on this system principle is proposed, with input and output of heart system are ECG and PCG, respectively. A correlation value of reference  $H(\Omega)$  and an arbitrary  $H(\Omega)$  is used to evaluate an abnormal heart function.

**Keywords :** ECG Signal analysis, PCG signal analysis, Abnormality heart function detection.

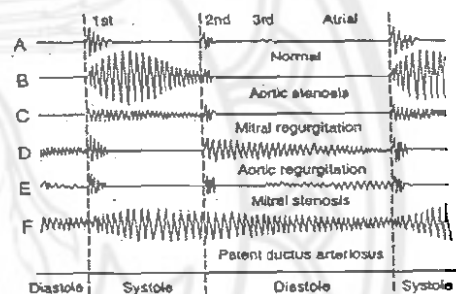
#### 1. บทนำ

การตรวจวัดความผิดปกติของหัวใจโดยทั่วไปทำได้หลายวิธี ซึ่งวิธีการที่นิยมใช้กันมากที่สุดมีอยู่ 2 วิธี คือ การตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ซึ่งจะทำการตรวจสอบความผิดปกติจาก P wave, Q wave, QRS complex, T wave, U wave ตามลำดับ [3-4]



รูปที่ 1 รายละเอียดของคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่เป็นปกติ

อีกวิธีการหนึ่งก็คือ การตรวจวัดด้วยคลื่นเสียงเชิงกลจากการทำงานของหัวใจ ซึ่งจะทำการตรวจสอบความผิดปกติจาก เสียงที่ผิดปกติซึ่งเกิดจากมีสิ่งรบกวนการไหลเวียนของเลือด อาจเกิดจากการอุดตันของทางเดินของเลือด ทำให้การไหลของเลือดไม่สะดวก หรืออัตราการไหลเร็วขึ้น ทำให้เกิดกระแสไหลวน (turbulent flow) ซึ่งเรียกเสียงที่เกิดขึ้นนี้ว่า "murmurs" ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 คลื่นเสียงของหัวใจปกติ และผิดปกติ

จากการศึกษาในงานวิจัยต่างๆ ได้มีผู้ทำการวิเคราะห์สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ และสัญญาณคลื่นเสียงหัวใจในรูปแบบต่างดังต่อไปนี้

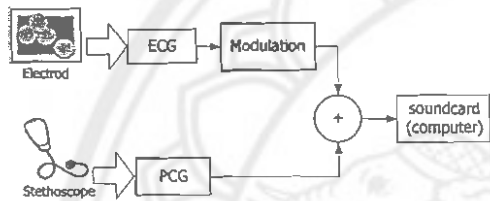
- Burthun ERGEN [1] ได้ทำการวิเคราะห์สัญญาณคลื่นเสียงหัวใจโดยจะทำการวิเคราะห์สัญญาณคลื่นเสียงหัวใจในรูปแบบของ periodogram และ spectrum
- Sheila R Messer [2] ได้ทำการวิเคราะห์สัญญาณคลื่นเสียงหัวใจที่ปกติและผิดปกติ ด้วยวิธีการของ Hilbert Transform และ Phase Space Diagram

จากการศึกษาพบว่าการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจนั้นยังมีจุดอ่อนของการวิเคราะห์อยู่ ทั้งนี้เนื่องจากถ้าคลื่นไฟฟ้าหัวใจแสดงผลออกมาว่าหัวใจทำงานปกติ ไม่ได้หมายความว่าหัวใจจะทำงานปกติเสมอไป เนื่องจากการทำงานที่ผิดปกติของหัวใจอาจเกิดจากปัจจัยอื่น ที่การตรวจวัดคลื่นไฟฟ้าหัวใจไม่สามารถทำการตรวจพบได้ เช่น คลื่นไฟฟ้าหัวใจปกติ ไม่ได้หมายความว่าหัวใจปกติ ปราศจากโรค ในโรคหัวใจขาดเลือด หรือ หลอดเลือดหัวใจตีบตัน คลื่นไฟฟ้าหัวใจจะผิดปกติก็ต่อเมื่อเป็นโรคขั้นรุนแรงจนเกิดกล้ามเนื้อหัวใจตายแล้วถ้าเป็นเพียงหลอดเลือดตีบแคบไม่รุนแรง ก็อาจตรวจไม่พบได้ นอกจากการตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจขณะออกกำลังกายจะช่วยเพิ่มความไวในการตรวจขึ้น

ในบทความนี้จึงได้นำเสนอการสร้างเครื่องมีวัดสัญญาณไฟฟ้าหัวใจและคลื่นกลของหัวใจโดยอาศัยการป้อนสัญญาณเข้าทาง Soundcard โดยใช้โปรแกรม MatLab ในการประมวลผล และเพื่อการวิเคราะห์การทำงานของหัวใจโดยอาศัย คลื่นไฟฟ้า หัวใจเหมือนกับเป็นอินพุตของระบบ และให้เอาต์พุตเป็นคลื่นเสียงซึ่งกลจากการทำงานของหัวใจ และหาค่าผลตอบสนองอิมพัลส์ของระบบ โดยอาศัยการทำ FFT อินพุตและเอาต์พุตแล้วทำการหารกันและทำ IFFT และนำ  $H(\Omega)$  ดังกล่าวไปหา correlation กับ  $H(\Omega)$  มาตรฐาน เพื่อตรวจสอบความผิดปกติในการทำงานของหัวใจเบื้องต้น

2. หลักการทำงาน

สำหรับระบบการตรวจสอบการทำงานของหัวใจที่ได้นำเสนอในที่นี้สามารถแสดงแผนภูมิการทำงานได้ดังในรูปที่ 3 โดยแบ่งเป็นส่วนหลักๆ สองส่วนด้วยกันคือส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์



รูปที่ 3 แผนภูมิของฮาร์ดแวร์

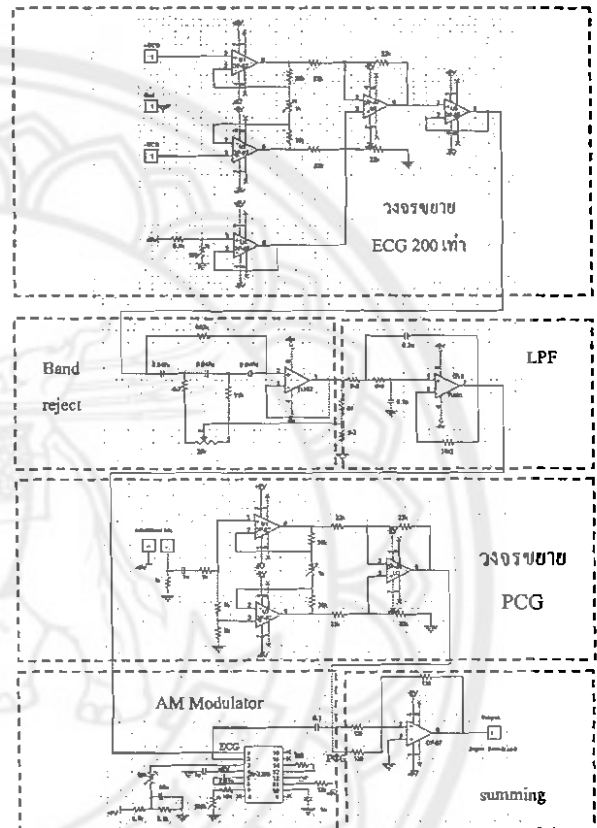
2.1 ในส่วนของฮาร์ดแวร์

จากรูปที่ 4 ประกอบไปด้วยการนำอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งเป็นตัวตรวจจับคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ส่งผ่านไปยังวงจรขยายสัญญาณอินสตรูเมนเดชั่น เข้าสู่วงจรจำกัดสัญญาณ 50 Hz และวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน 200 Hz และใช้ สเตจโคสโคปที่นำคอนเดนเซอร์ไมค์มาติดตั้งที่หูฟังเป็นตัวรับเสียงการเต้นของหัวใจ นำสัญญาณผ่านเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณอินสตรูเมนเดชั่น สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจซึ่งมีความถี่อยู่ที่ประมาณ 0.5-200 Hz จะถูกทำการมอดูเลตทางขนาดด้วยความถี่คลื่นนำที่ 1 kHz ซึ่งจะเป็นการเลื่อนความถี่สเปกตรัมของคลื่นไฟฟ้าหัวใจให้สูงขึ้น เพื่อให้มีความถี่ที่แยกออกจากความถี่ของคลื่นเสียงซึ่งกลจากการทำงานของหัวใจซึ่งมีความถี่อยู่ที่ประมาณ 20-400 Hz จากนั้นสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ถูกมอดูเลตทางขนาดจะถูกนำไปรวมกับคลื่นเสียงซึ่งกลจากการทำงานของหัวใจ ซึ่งนำไปเป็นอินพุตให้กับการ์ดเสียงของคอมพิวเตอร์ต่อไป

2.2 ในส่วนของซอฟต์แวร์

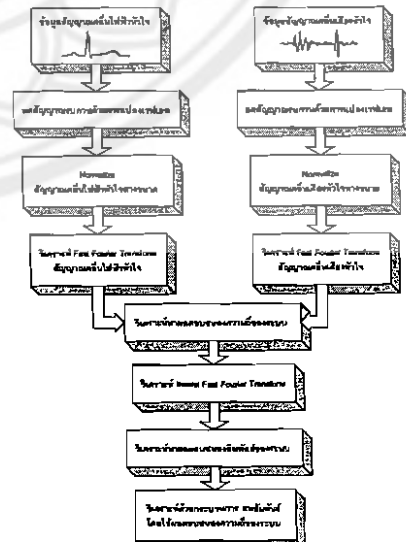
สัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ถูกมอดูเลตทางขนาดที่รวมมากับคลื่นเสียงการทำงานของหัวใจ จะถูกนำมาผ่าน LPF และ HPF เพื่อกรองแยกส่วนเอาสัญญาณเสียงการทำงานของหัวใจและคลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ถูกมอดูเลตทางขนาด ออกมาตามลำดับ คลื่นไฟฟ้าหัวใจที่ถูกมอดูเลตทางขนาด จะถูกนำมาคิมมอดูเลตแบบเอนเวลโลปดีเทกต์เตอร์โดยนำไปผ่านวงจรหาค่าสัมบูรณ์ และนำไปผ่าน LPF เพื่อแยกสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ แล้วจะนำเอาสัญญาณทั้งสองไปทำการจำกัดสัญญาณรบกวนด้วยการแปลงเวฟเลต ทำการนอร์มอลไลซ์ทางขนาด และนำไปวิเคราะห์หองค์ประกอบเชิงความถี่ด้วยการทำ Fast Fourier Transform จากนั้นนำสัญญาณ FFT ของสัญญาณคลื่นเสียงการทำงานของหัวใจตั้งและหารด้วย FFT ของคลื่นไฟฟ้า

หัวใจจะได้ค่าทรานเฟอร์ฟังก์ชันของระบบการทำงานของหัวใจ และ สำหรับการวิเคราะห์ความผิดปกติเราจะอาศัยหลักการของการหาค่าสหสัมพันธ์ในโดเมนความถี่ โดยเราจะทำการเก็บข้อมูลค่า ทรานเฟอร์ฟังก์ชันของระบบการทำงานของหัวใจที่ปกติของคนนั้นเอาไว้ และเมื่อเวลาผ่านไปก็จะมีการตรวจสอบการทำงานของหัวใจโดยการหาค่าทรานเฟอร์ฟังก์ชันของระบบการทำงานของหัวใจ ขณะเวลานั้น แล้วนำไปหาค่าสหสัมพันธ์กับค่าทรานเฟอร์ฟังก์ชันที่เก็บเอาไว้ (ที่ปกติ) โดยค่าสหสัมพันธ์ที่ได้ก็จะเป็นตัวบ่งบอกในเบื้องต้น ได้ว่าการทำงานของหัวใจผิดปกติหรือไม่ โดยแผนภูมิการวิเคราะห์ได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 วงจรเครื่องวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจและคลื่นเสียง

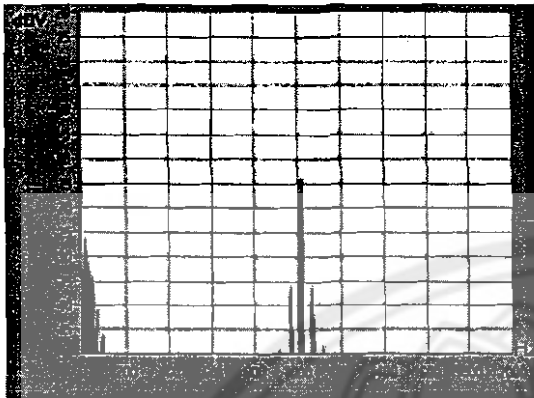
เชิงกลจากการเต้นของหัวใจทั้งหมด



รูปที่ 5 แผนภูมิของซอฟต์แวร์

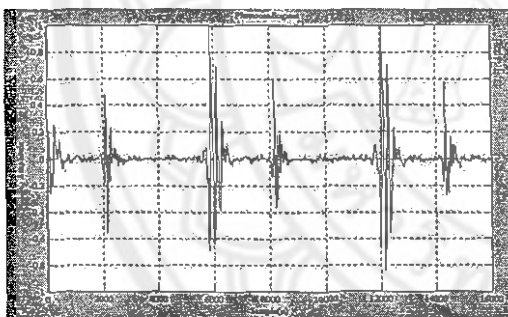
3. ผลการทดลอง

จากรูปที่ 6 เป็นสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ที่มีการมอดูเลตแล้ว รวมกับ สัญญาณคลื่นเสียงเชิงกลจากการทำงานของหัวใจ และจะได้ผลรูปแบบสเปกตรัมความถี่ของสัญญาณ



รูปที่ 6 สเปกตรัม ECG ที่มีการมอดูเลตแล้วร่วมกับ PCG

จากรูปที่ 7 และ 8 จะพบว่าสัญญาณคลื่นเสียงหัวใจ และสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ ที่ได้ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยการแปลงเวฟเลตแล้วนั้น จะทำให้ได้รูปแบบของสัญญาณที่ชัดเจนขึ้น ซึ่งทำให้การนำไปวิเคราะห์หามีความถูกต้องชัดเจนมากขึ้น โดยค่า signal to noise ratio ของสัญญาณคลื่นเสียงหัวใจมีค่าเท่ากับ 21.1403 dB และค่า signal to noise ratio ของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจมีค่าเท่ากับ 30.2726 dB ตามลำดับ



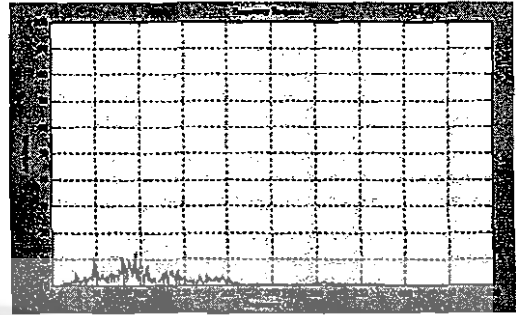
รูปที่ 7 PCG หลังการแปลงเวฟเลต



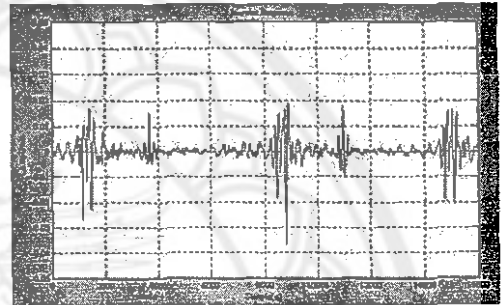
รูปที่ 8 ECG หลังการแปลงเวฟเลต

จากรูปที่ 9 จะพบว่าเมื่อนำค่าสัญญาณคลื่นเสียงเชิงกลจากการทำงานของหัวใจในโดเมนความถี่ตั้งหารด้วยสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจในโดเมนความถี่ จะทำให้ได้ค่า  $H(\Omega)$  ซึ่งเป็นค่าผลตอบสนองความถี่ของระบบ ซึ่งค่า  $H(\Omega)$  ที่ได้นี้จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติ

ปกติในการทำงานของหัวใจเบื้องต้นได้ และจากรูปที่ 10 จะพบว่าเมื่อนำค่า  $H(\Omega)$  ไปทำการคำนวณ IFFT จะทำให้ได้ค่าผลตอบสนองอิมพัลส์ของระบบ

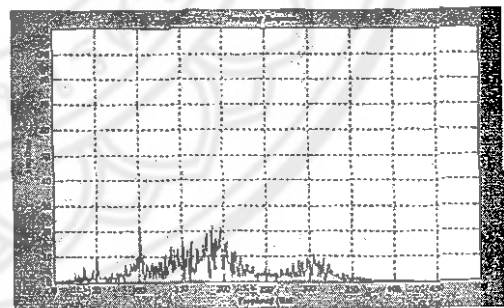


รูปที่ 9 FFT ของ  $h(n)$  ของระบบการทำงานของหัวใจปกติ

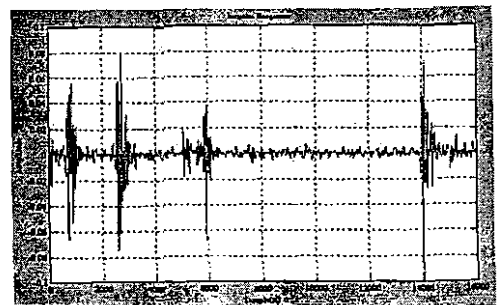


รูปที่ 10  $h(n)$  ของระบบการทำงานของหัวใจปกติ

จากรูปที่ 11 และ 12 เป็นการแสดงค่าผลตอบสนองความถี่ของระบบ และผลตอบสนองอิมพัลส์ของระบบ ในภาวะของการทำงานหัวใจผิดปกติ ซึ่งจะเห็นได้ว่าจะมีค่าที่แตกต่างจาก ค่าผลตอบสนองความถี่ของระบบ และผลตอบสนองอิมพัลส์ของระบบ ในภาวะการทำงานของหัวใจปกติ

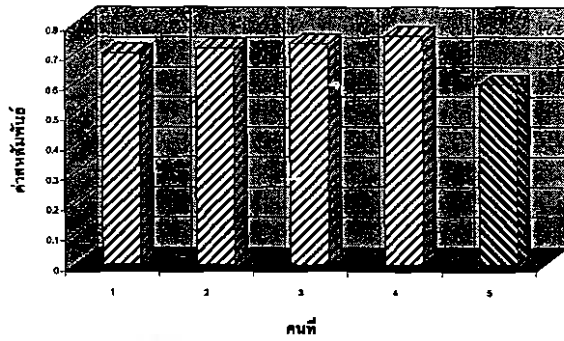


รูปที่ 11 FFT ของ  $h(n)$  ของระบบการทำงานของหัวใจผิดปกติ



รูปที่ 12  $h(n)$  ของระบบการทำงานของหัวใจผิดปกติ

แผนภูมิแท่งแสดงการคำนวณค่าสหสัมพันธ์



รูปที่ 13 แสดงแผนภูมิแท่งของการคำนวณค่าสหสัมพันธ์

จากแผนภูมิแท่งดังรูปที่ 13 พบว่าค่าสหสัมพันธ์ของผู้ทำการวัดตั้งแต่ คนที่ 1 ถึง คนที่ 4 จะมีค่าใกล้เคียงกัน และจะมีค่าที่เข้าใกล้หนึ่ง ส่วนผู้ทำการวัดคนที่ 5 นั้นจะมีค่าสหสัมพันธ์ที่แตกต่างจาก คนที่ 1 ถึง คนที่ 4 และมีค่าไม่เข้าใกล้หนึ่ง ดังนั้นแสดงว่าผู้ทำการวัด คนที่ 1 ถึงคนที่ 4 มีสภาวะการทำงานของหัวใจที่ปกติ และผู้ทำการวัดคนที่ 5 มีสภาวะการทำงานของหัวใจที่ผิดปกติ

**4. สรุปและวิจารณ์**

ในการสร้างเครื่องวัดสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจและคลื่นเสียงเชิงกลจากการทำงานของหัวใจสามารถแสดงผลของสัญญาณได้พร้อมกันซึ่งผลของสัญญาณที่ได้ ดังรูปที่ 7 เป็นผลของสัญญาณคลื่นเสียงเชิงกลจากการทำงานของหัวใจ และรูปที่ 8 เป็นผลของสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจ

เมื่อนำสัญญาณคลื่นไฟฟ้าหัวใจและคลื่นเสียงเชิงกลจากการทำงานของหัวใจมาทำการวิเคราะห์หาค่าผลตอบสนองของระบบและนำมาหาค่าสหสัมพันธ์จะพบว่าค่าสหสัมพันธ์ของผู้ทำการวัด 2 คน ในภาวะหัวใจทำงานปกติจะมีค่าสหสัมพันธ์เข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงว่าค่าผลตอบสนองของระบบของผู้ทำการวัดทั้งสองคนมีค่าใกล้เคียงกันและเมื่อนำค่าผลตอบสนองของระบบของผู้ทำการวัดในภาวะหัวใจปกติมาทำการหาค่าสหสัมพันธ์กับผลตอบสนองของระบบของผู้ทำการวัดในภาวะหัวใจผิดปกติจะได้ค่าสหสัมพันธ์มีค่าไม่เข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงว่าผู้ทำการวัดมีสภาวะการทำงานของหัวใจที่อาจผิดปกติได้

**5. เอกสารอ้างอิง**

[1] Burhan ERGEN and Yetkin TATAR , (September 2003), A DIFFERENT VIRTUAL INSTRUMENT FOR DATA ACQUISITION AND ANALYSIS OF PHONOCARDIOGRAM , IJCI Proceedings of International Conference on Signal Processing, ISSN 1304-2386, Volume2, Number2

[2] Sheila R. Messer , (2001), Signal Processing Techniques for Phonocardiogram De-noising and Analysis , Microelectronics Journal, (32), 931-941

[3] ชมพูนุท อ่องจรีด, (2539), คลื่นไฟฟ้าหัวใจทางคลินิก, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พิมพ์ครั้งที่ 5, หน้า 4-11

[4] ศรีวิภา 1 , (2539), มหาวิทยาลัยมหิดล, คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล, พิมพ์ครั้งที่ 4,



วสุ พันไพศาล สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก ปี 2544 ปัจจุบันศึกษาระดับปริญญาโท สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร งานวิจัยที่สนใจ เกี่ยวกับการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล



สนใจเกี่ยวกับ Instrumentation and Data Acquisition System

ไกรลาส มาครมุล สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร จ. พิษณุโลก ปี 2544 ปัจจุบันศึกษาระดับ ปริญญาโท สาขา ฟิสิกส์ประยุกต์ ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร งานวิจัยที่



สงชัย มณีชูเกตุ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก ปี 2531 และวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) เมื่อปี 2541 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก รับผิดชอบงานสอน และวิจัยทางด้านการ ออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

รงชัย มณีชูเกตุ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก ปี 2531 และวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) เมื่อปี



กระบัง (สจล.) เมื่อปี 2544 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ณรงค์ฤทธิ์ มณีจิระปรากการ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จาก มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อปี 2536 และวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาด



เทค โนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) เมื่อปี 2533 และ 2540 คามลำดับ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. รับผิดชอบงานสอนและวิจัยทางด้านวิศวกรรมสื่อสารทั้งระบบอนาล็อกและดิจิทัล การประมวลผลสัญญาณอนาล็อกและดิจิทัล วงจรรวมแบบอนาล็อก

ปราโมทย์ วาดเขียน สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาฟิสิกส์ จากมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก ปี 2528 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต และวิศวกรรมศาสตรคุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จากสถาบัน