labo

May 12, 2022

1 Titolo: Confronto tra pazienti e soggetti sani di Davide Scarrà (s4798949)

2 Tema: Gait Analysis

3 Introduzione

Il dataset analizzato nel notebook contiene misurazioni della poizione di alcuni punti della gamba durante la camminata in soggetti sani e pazienti. Nello specifico le colonne a coppie indicano, per ogni frame, rispettivamente la poszione sulle x e la posizione sulle y dei punti della gamba. I punti della gamba sono: anca, ginocchio, caviglia e piede

4 Obbiettivi.

1. Pulizia dei segnali da interferenze:

- Interpolazione
- Mediano
- Gaussiano

2. Creazione di una gif rappresentante il movimento della gamba del paziente.

3. Analisi della differenza tra il numero di passi della gamba sinistra e destra del paziente.
4. Confronto tra pazienti e soggetti sani della distanza temporale tra i passi.
5. Confronto tra pazienti e soggetti sani del tempo in cui il piede rimane poggiato a terra.
6. Analisi dell'altezza dei passi (fallito)

5 Metodi e Algoritmi

[1]:
```
from IPython.display import Markdown as md
import scipy.io as sio
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib
import numpy as np
import glob
from scipy.io import loadmat
import pandas as pd
from scipy import signal
from scipy.ndimage import convolve1d
from scipy.signal import find_peaks
from sympy import *
import os

matplotlib.rcParams['figure.figsize'] = (20, 10)
np.warnings.filterwarnings('ignore', category=np.VisibleDeprecationWarning)
```

[2]:
```
# rimuove i nan dagli estremi del segnale
def nanRem(arr):
    start, end = 0, len(arr)-1
    while(np.isnan(arr[start])):
        start+=1
    while(np.isnan(arr[end])):
        end-=1
    newarray = np.array(arr[start:end])
    return newarray
```

[3]:
```
# applica i filtri e convoluzione al segnale
def pulizia(segnali):
    length = len(segnali)
    for i in range(length):

        segnali[i]=pd.Series(segnali[i]).interpolate(method='polynomial',␣
 ↪order=2)

        filt_med=signal.medfilt(segnali[i], kernel_size=7)

        windowg = signal.windows.gaussian(23, std=10)
        windowg /= sum(windowg)
```

```
        segnali[i] = convolve1d(filt_med, windowg)
```

[4]:
```
# crea la gif della gamba
def animate(frame):
    xdata, ydata = [], []
    for i in (0,2,4,6):
        if(frame<len(segnali[i])):
            x=segnali[i][frame]
            xdata.append(x)

        if(frame<len(segnali[i+1])):
            y=segnali[i+1][frame]
            ydata.append(y)

    line.set_data(xdata, ydata)
    return [line]
```

[5]:
```
# trova i picchi del segnale datogli
def peaksFinder(segnali, i):
    plt.subplot(3,1,1)
    plt.title("Valori x durante la camminata")
    plt.plot(segnali[i], "r")
    plt.show()

    der=np.gradient(-segnali[i])
    plt.subplot(3,1,2)
    plt.title("Derivata prima")
    plt.plot(der)
    plt.show()

    filt_cut = der
    filt_cut += np.max(der)
    peaks, _ = find_peaks(filt_cut, np.mean(der), distance=10)

    plt.subplot(3,1,3)
    plt.title("Derivata prima del segnale con picchi evidenziati")
    plt.plot(filt_cut)
    plt.plot(peaks, filt_cut[peaks], "o")
    plt.show()

    return peaks
```

[6]:
```
# carica un dataset e lo pulisce
def getData(patient):

    data = loadmat(patient)
    data_filter = data[list(data.keys())[-1]]
```

```
    anca_x = nanRem(data_filter[:,0])
    anca_y = nanRem(data_filter[:,1])
    ginocchio_x = nanRem(data_filter[:,2])
    ginocchio_y = nanRem(data_filter[:,3])
    caviglia_x = nanRem(data_filter[:,4])
    caviglia_y = nanRem(data_filter[:,5])
    piede_x = nanRem(data_filter[:,6])
    piede_y = nanRem(data_filter[:,7])

    segnali=[anca_x, anca_y, ginocchio_x, ginocchio_y, caviglia_x, caviglia_y,␣
 ↪piede_x, piede_y]

    inverti_y(segnali)
    inverti_x(patient, segnali)
    pulizia(segnali)
    return segnali
```

[7]:
```
# conta i frame nei quali la derivata del segnale passatogli è vicina allo 0
def frameTerra(targetPattern):
    mean=[]
    for file in (glob.glob(targetPattern)):
        #print(file)
        #carico i file
        segnali=getData(file)
        der=np.gradient(-segnali[4])
        frames=[]
        frame=0
        for point in der:
            if point<0.7 and point>-0.7:
                #plt.plot(frame,point, marker="o", color="red")
                frames.append(frame)
            frame+=1
        value=mediaTerra(np.asarray(piedeTerra(frames)))
        #tolgo valori da value = 1 poichè sono dovuti ad una errata␣
 ↪registrazione del piede a terra
        if value!=1:
            mean.append(value)
    return(np.mean(mean)/25)
```

[8]:
```
# calcola la medja dei frame nei quali il piede sta a terra
def mediaTerra(frames):
    media=[]
    for i in range(len(frames)):
        media.append(len(frames[i]))
    return np.mean(media)
```

[9]:
```
# divide un array di frame in gruppi basandosi sulla distanza tra un frame e␣
 ↪l'altro (separa un passo dall'altro)
def piedeTerra(frames):
    split=[]
    for i in range(len(frames)):
        if i < len(frames)-1:
            #se la distanza tra un frame è maggiore di 5 divido l'array
            if frames[i+1] - frames[i]  > 5:
                split.append(i+1)
    return np.array_split(frames, split)
```

[10]:
```
# calcola l'altezzadei picchi del segnale passatogli
def altezza(y):

    peaksValue=[]#array contenente i frame dei picchi e delle valli
    filt_cut = y
    filt_cut += np.max(np.abs(y))
    peaks, _ = find_peaks(filt_cut, 0, distance=40)

    filt_cut_inv = -y
    filt_cut_inv += np.max(np.abs(y))
    valleys, _ = find_peaks(filt_cut_inv, 0, distance=40)

    plt.plot(filt_cut)
    plt.plot(peaks, filt_cut[peaks], "o")
    plt.plot(valleys, filt_cut[valleys], "o")
    plt.show()

    for peak in peaks:#unifico in un array picchi e valli
        peaksValue.append(peak)
    for valley in valleys:
        peaksValue.append(valley)

    value=[]#array contenente i valori dei picchi e delle valli
    for peak in peaks:
        value.append(y[peak])

    peaksValue=np.sort(peaksValue)#ordino l'array per avere i frame in ordine

    maxValue=0#valore del picco massimo
    maxIndex=0#frame del picco massimo

    for value in peaksValue:
        if(y[value]>maxValue):
            maxValue=y[value]
            maxIndex=value
```

```
    frinmax=np.where(peaksValue==maxIndex)[0][0]#indice nell'array dei frame
 ↪del picco massimo

    if y[peaksValue[frinmax-1]]<y[peaksValue[frinmax+1]]:#prendo la valle più
 ↪bassa vicina al picco più alto
        return abs(maxValue-y[peaksValue[frinmax-1]])
    else:
        return abs(maxValue-y[peaksValue[frinmax+1]])
```

[11]:
```
# conta i frame trascorsi tra un passo e l'altro
def tempoPasso(targetPattern):
    mean=[]
    for file in (glob.glob(targetPattern)):
        #print(file)
        #carico i file
        segnali=getData(file)
        #calcolo la derivata
        der=np.gradient(-segnali[4])
        filt_cut = der
        filt_cut += np.max(der)
        #trovo i picchi
        peaks, _ = find_peaks(filt_cut, np.mean(der))
        dist=[]
        #calcolo la distanza tra i picchi
        #se nella registrazione c'è solo un picco non ha senso calcolare la
 ↪distanza
        if(len(peaks)!=1):
            for i in range(len(peaks)-1):
                dist.append(abs(peaks[i]-peaks[i+1]))
            mean.append(int(np.mean(dist)))
    return(np.mean(mean)/25)
```

6 Analisi Sperimentale

6.1 Carico la matrice

[12]:
```
percorso=os.getcwd()
patient = '522_01_L_joints'
data = loadmat(
    percorso+"/Pazienti/"+patient+".mat")
data_filter = data[list(data.keys())[-1]]
```

Do' un'occhiata ai segnali.

[13]:
```
print(data_filter)
```

```
[[460.83406177 254.2894195          nan … 352.5456921  407.80697985
```

```
 358.39570636]
[461.25182124 255.35780747          nan … 353.23728363 408.42316475
 359.09784197]
[460.11234146 255.51702517          nan … 353.48095475 408.52650474
 359.35780276]
…
[         nan          nan          nan …          nan          nan
          nan]
[         nan          nan          nan …          nan          nan
          nan]
[         nan          nan          nan …          nan          nan
          nan]]
```

Ci sono parecchi nan, vado a levare attraverso la funzione nanRem solo quelli agli estremi in modo da poter interpolare i valori mancanti.

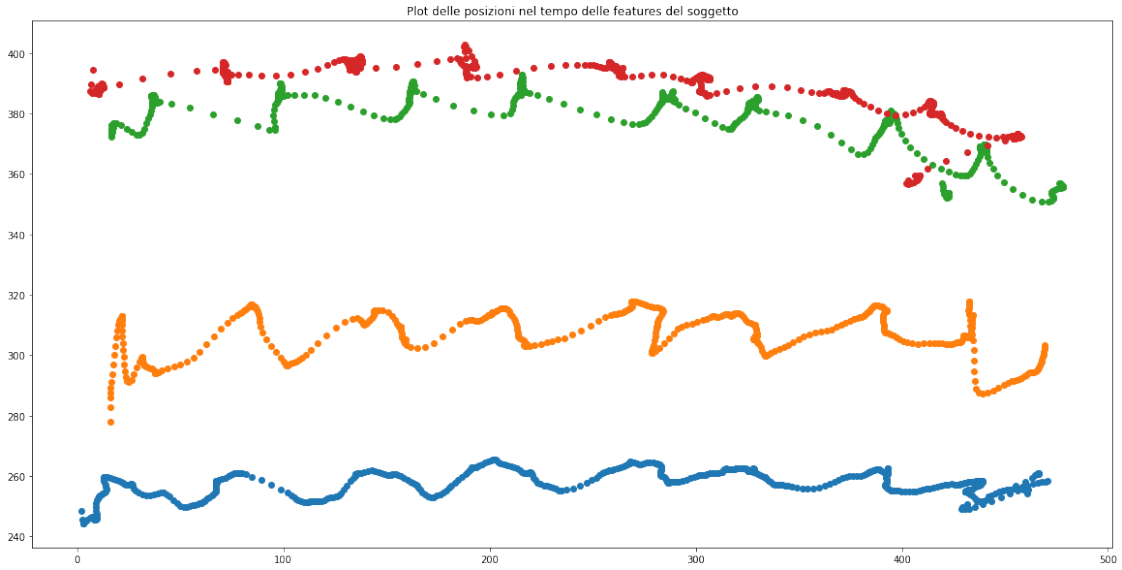
Creo una matrice contenente i dati puliti.

[14]:
```
anca_x = nanRem(data_filter[:,0])
anca_y = nanRem(data_filter[:,1])
ginocchio_x = nanRem(data_filter[:,2])
ginocchio_y = nanRem(data_filter[:,3])
caviglia_x = nanRem(data_filter[:,4])
caviglia_y = nanRem(data_filter[:,5])
piede_x = nanRem(data_filter[:,6])
piede_y = nanRem(data_filter[:,7])

segnali=[anca_x, anca_y, ginocchio_x, ginocchio_y, caviglia_x, caviglia_y,␣
 ↪piede_x, piede_y]
```

Dopo aver diviso in liste le coordinate x e y di ogni punto e dopo aver levato i nan vado a plottare le posizioni nel tempo dei quattro punti della gamba.

[15]:
```
plt.title("Plot delle posizioni nel tempo delle features del soggetto")
for i in (0,2,4,6):
    plt.plot_date(segnali[i], segnali[i+1], xdate=False)
```



La prima cosa che salta all'occhio è che il grafico è "capovolto" nel senso che il piede è il punto più alto e l'anca quello più basso. Oltre a ciò vi sono dei buchi nelle linee dovuti ai nan che più avanti andrò ad interpolare.

6.2 Inverto l'asse y:

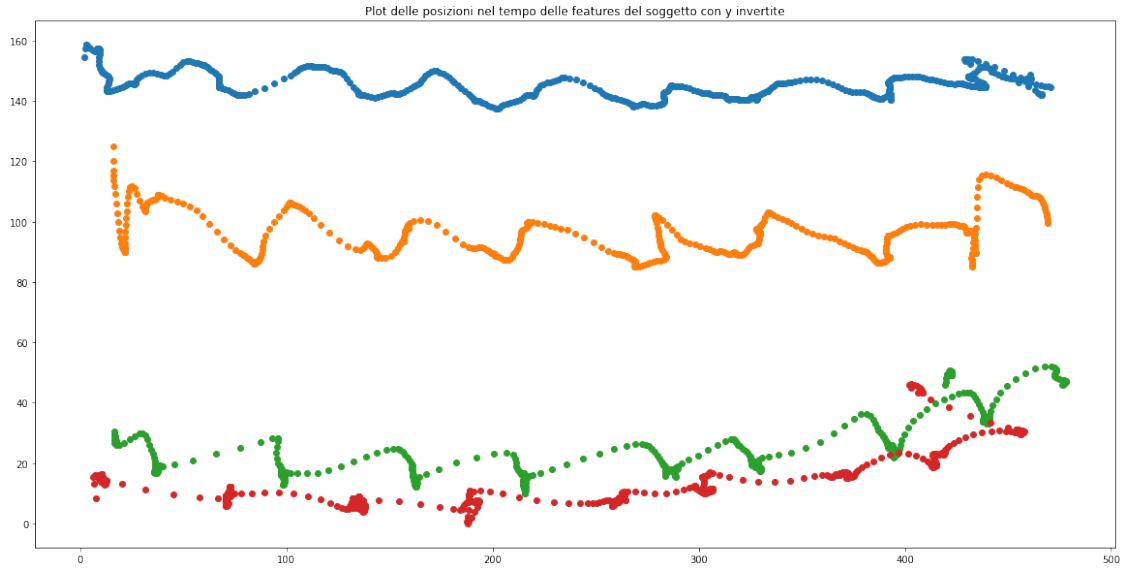
Semplicemente prendo ogni valore degli array contenenti le y e lo sottraggo al valore massimo globale

[16]:
```
def inverti_y(segnali):
    massimo = max(np.nanmax(segnali[1]), np.nanmax(segnali[3]), np.
 ↪nanmax(segnali[5]), np.nanmax(segnali[7]))
    for i in (1,3,5,7):
        segnali[i]=massimo-segnali[i]
```

[17]:
```
inverti_y(segnali)

plt.title("Plot delle posizioni nel tempo delle features del soggetto con y␣
 ↪invertite")
for i in (0,2,4,6):
    plt.plot_date(segnali[i], segnali[i+1], xdate=False)

plt.show()
```



6.3 Inverto l'asse x:

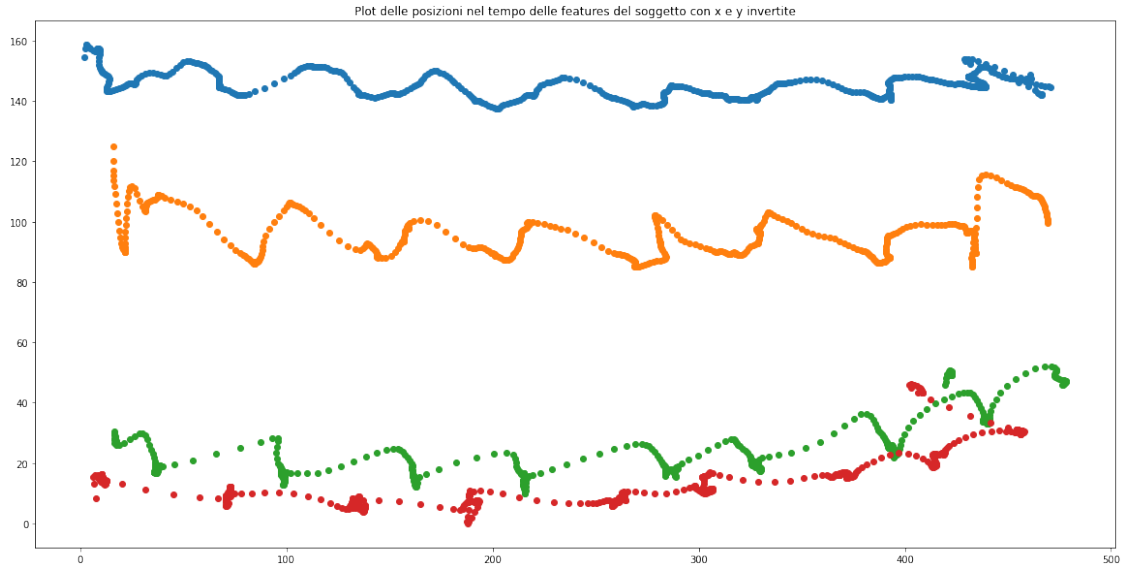
Se la gamba che sto analizzando è la destra, può essere comodo invertire l'asse x per visualizzare gamba sinistra e destra nello stesso modo.

[18]:
```
def inverti_x(file, segnali):
    if "R" in file or "dx" in file:
        massimo = max(np.nanmax(segnali[0]), np.nanmax(segnali[2]), np.
 ↪nanmax(segnali[4]), np.nanmax(segnali[6]))
        for i in (0,2,4,6):
            segnali[i]=massimo-segnali[i]
```

[19]:
```
inverti_x(patient, segnali)

plt.title("Plot delle posizioni nel tempo delle features del soggetto con x e y␣
 ↪invertite")
for i in (0,2,4,6):
    plt.plot_date(segnali[i], segnali[i+1], xdate=False)

plt.show()
```



6.4 Correggo le interferenze con dei filtri

Ora vado a fare un po' di pulizia dei segnali...

Prendo come esempio i valori x dell'anca per far vedere come operano i filtri plottando i risultati intermedi.

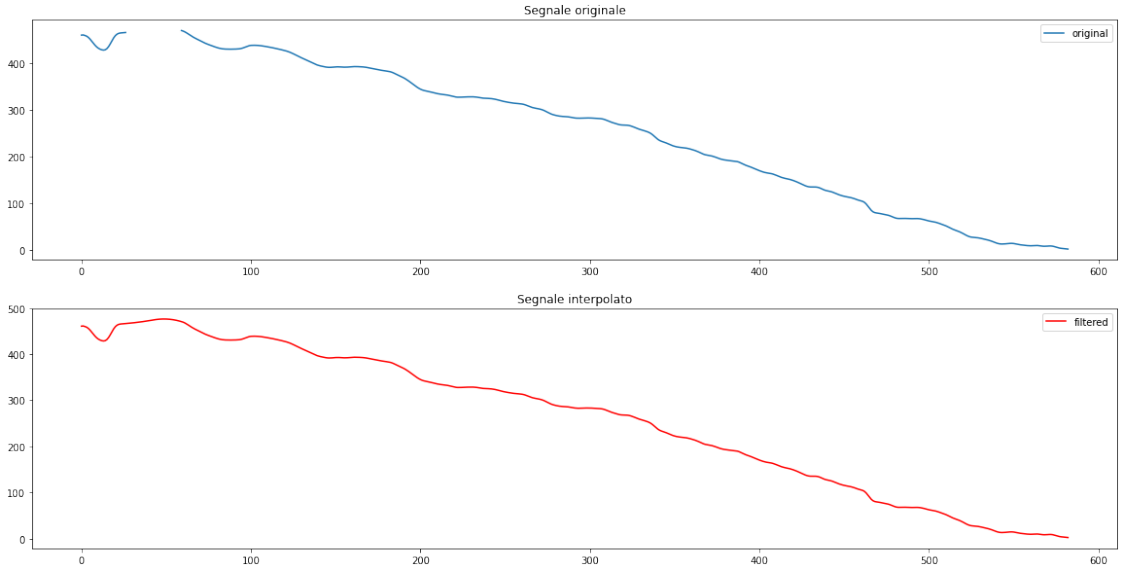
6.5 Interpolazione

Interpolo i valori mancanti con una funzione polinomiale per levare i "buchi" nei grafici.

[20]:
```
res=pd.Series(segnali[0]).interpolate(method='polynomial', order=2)


plt.subplot(211)
plt.title("Segnale originale")
plt.plot(segnali[0])
plt.legend(['original'])
#plt.title('original')
plt.subplot(212)
plt.title("Segnale interpolato")
plt.plot(res, 'r')
plt.legend(['filtered'])

plt.show()
```



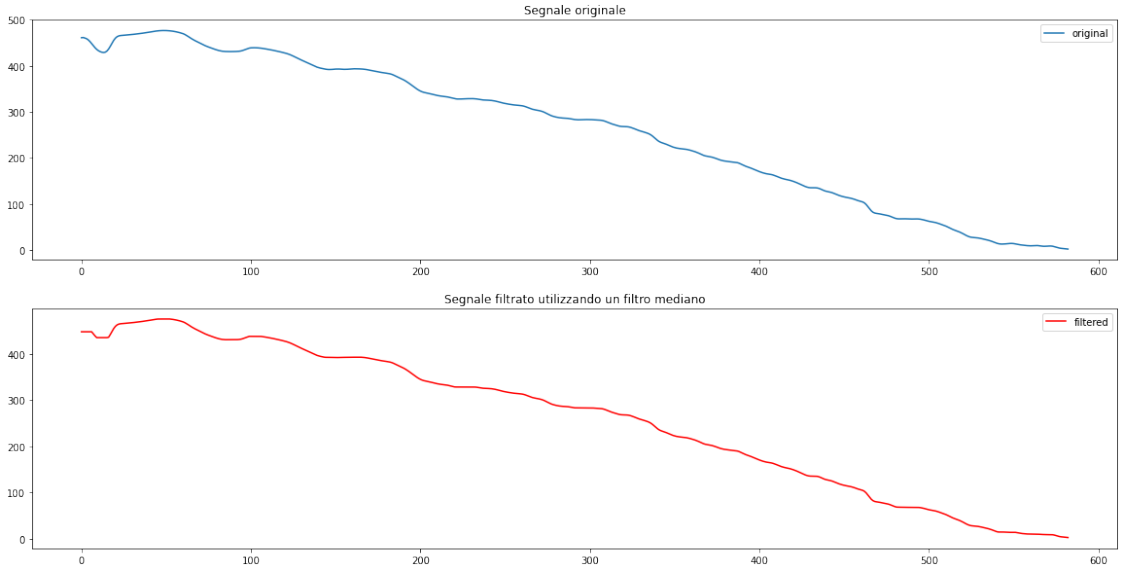
6.6 Mediano

Applico ora un filtro mediano per levare eventuali spike localizzati dovuti ad errori nella raccolta dei movimenti.

[21]:
```
filt_med=signal.medfilt(res, kernel_size=13)

plt.subplot(2,1,1)
plt.title("Segnale originale")
plt.plot(res)
plt.legend(['original'])

plt.subplot(2,1,2)
plt.title("Segnale filtrato utilizzando un filtro mediano")
plt.plot(np.real(filt_med),'r')
plt.legend(['filtered'])
plt.show()
```



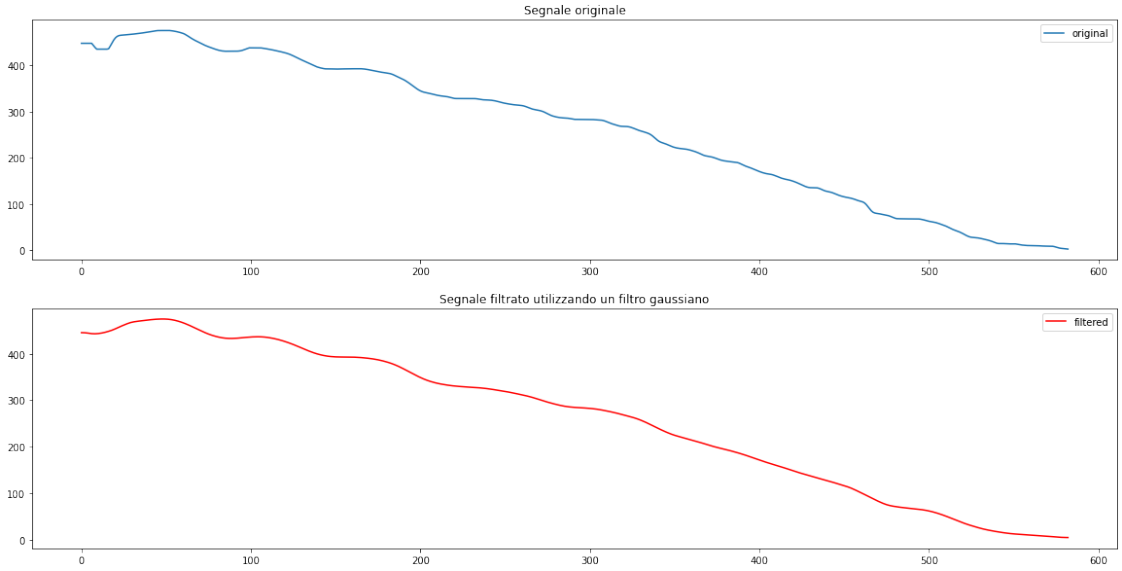
6.7 Gaussiano

Infine applico un filtro gaussiano per rendere più "smooth" il segnale.

[22]:
```
windowg = signal.windows.gaussian(23, std=10)
windowg /= sum(windowg)
filt = convolve1d(filt_med, windowg)

plt.subplot(2,1,1)
plt.title("Segnale originale")
plt.plot(np.real(filt_med))
plt.legend(['original'])

plt.subplot(2,1,2)
plt.title("Segnale filtrato utilizzando un filtro gaussiano")
plt.plot(filt, 'r')
plt.legend(['filtered'])
plt.show()
```



6.8 Filtri applicati sugli altri segnali

Ora faccio le stesse operazioni su tutti gli altri segnali (anca_y , ginocchio_x, ginocchio_y, caviglia_x, caviglia_y, piede_x e piede_y).

[23]:
```
pulizia(segnali)
```

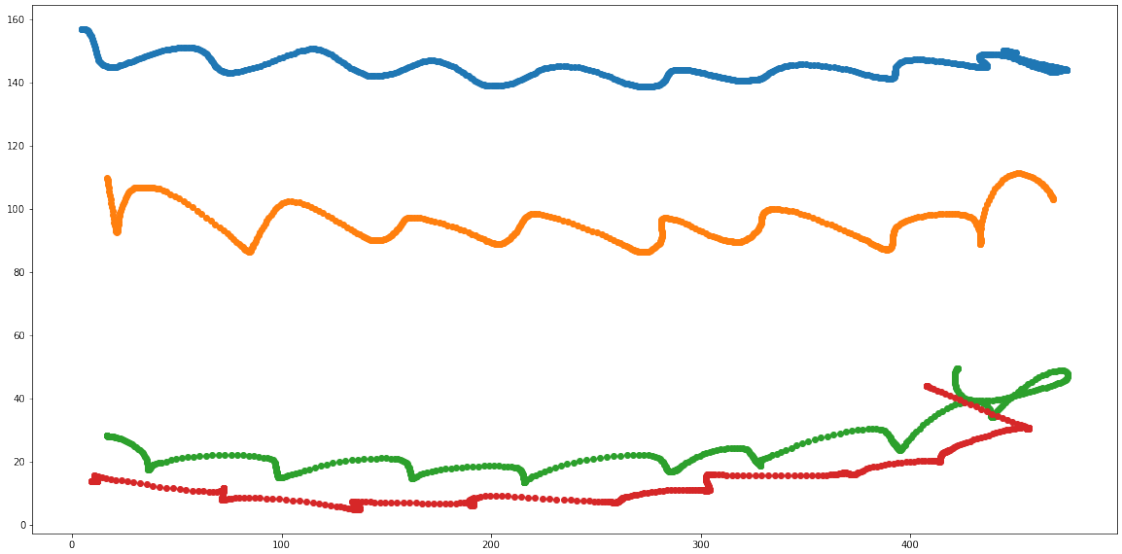
A questo punto tutti i miei segnali sono puliti e pronti per essere analizzati.

6.9 Plot

Plotto i mei segnali puliti.

[24]:
```
for i in (0, 2, 4, 6):
    segnali[i]=segnali[i][0:segnali[i+1].size]
    segnali[i+1]=segnali[i+1][0:segnali[i].size]
    plt.plot_date(segnali[i], segnali[i+1], xdate=False)

plt.show()
```



6.10 Gif

Vado a creare una gif rappresentante i movimenti della gamba nel tempo.

[25]:
```
#importo le librerie necessarie
import matplotlib.animation as animation
from IPython import display
```

Ora inizializzo il grafico: i valori limite del grafico sono i valori massimi e minimi dei segnali.

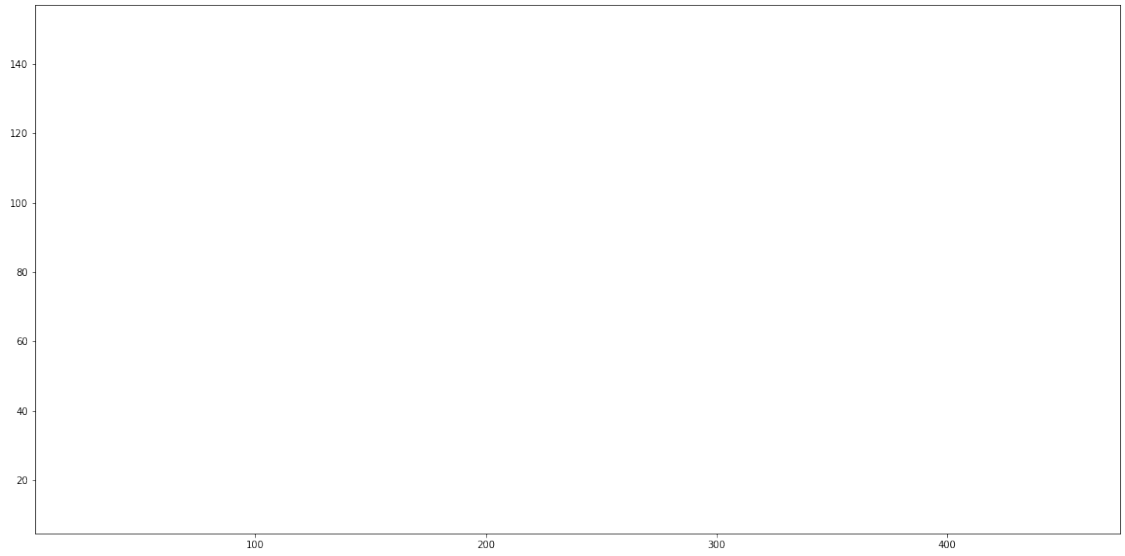
Per esempio il valore minimo delle x del grafico sarà il valore minimo di tutti i valori x dei segnali.

[26]:
```
min_x=min(min(segnali[0]),min(segnali[2]),min(segnali[4]),min(segnali[6]))
max_x=max(max(segnali[0]),max(segnali[2]),max(segnali[4]),max(segnali[6]))
min_y=min(min(segnali[1]),min(segnali[3]),min(segnali[5]),min(segnali[7]))
max_y=max(max(segnali[1]),max(segnali[3]),max(segnali[5]),max(segnali[7]))
```

Creo l'area sulla quale verrà plottata la gif della gamba.

[27]:
```
fig = plt.figure()
axis = plt.axes(xlim = (min_x, max_x),
                ylim = (min_y, max_y))

line, = axis.plot([], [], lw = 2)
```



Creo la funzione di inizializzazione.

[28]:
```
def init():
    line.set_data([], [])
    return line,
```

Creo la funzione che andrà a restituire i singoli valori delle x e y dei segnali per ogni frame:

Ora creo la Gif e la salvo:

[29]:
```
frames=len(segnali[0])#come numero di frame prendo quelli del segnale dell'anca

anim = animation.FuncAnimation(fig, animate,
                               init_func = init,
                               frames=frames,
                               interval = 20,
                               blit = True)
plt.show()
```

[30]:
```
anim.save(patient+'.mp4', writer = 'ffmpeg', fps = 30)
```

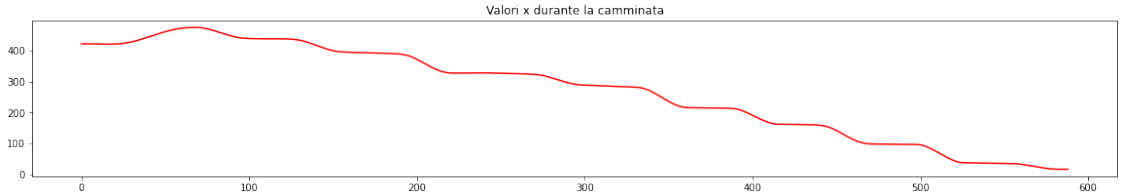
6.11 Numero passi per gamba

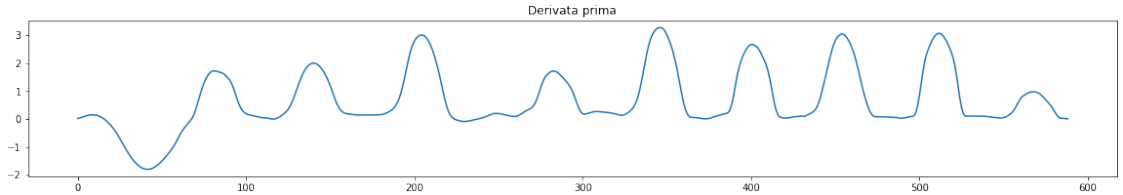
Può essere interessante vedere se il paziente fa più passi con una gamba rispetto all'altra.

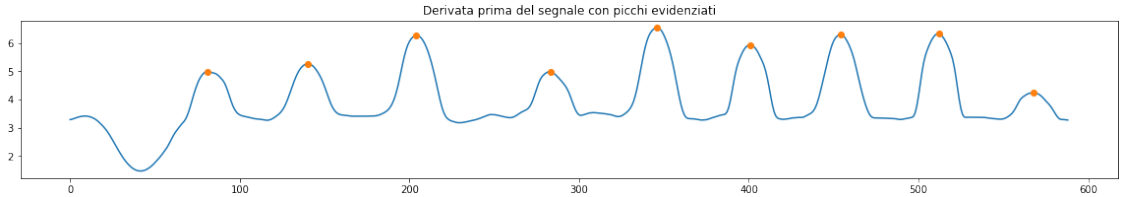
Conto i picchi nella derivata prima i quali corrispondono al numero di passi del soggetto.

Prima analizzo la gamba sinistra:

[31]:
```
md("### Il numero di passi della gamba sinistra del paziente 522 è: {}".
  ↪format(len(peaksFinder(segnali, 4))))
```





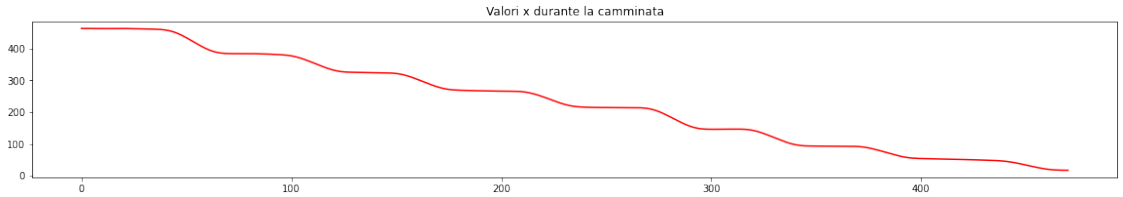


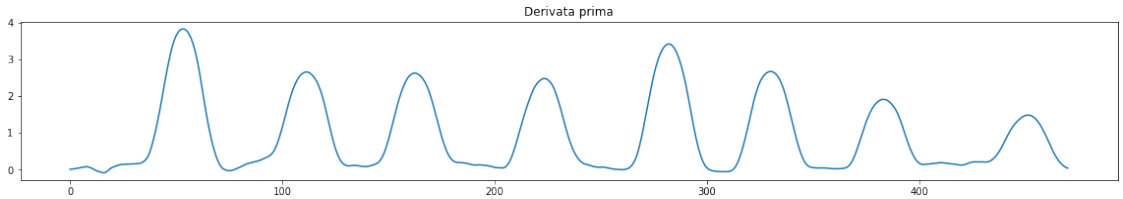
[31]:

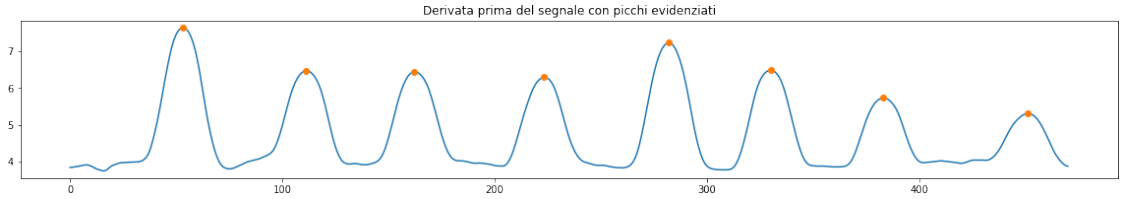
6.11.1 Il numero di passi della gamba sinistra del paziente 522 è: 9

[32]:
```
segnali=getData(percorso+"/Pazienti/522_01_R_joints.mat")
```

[33]:
```
md("### Il numero di passi della gamba destra del paziente 522 è: {}".
  ↪format(len(peaksFinder(segnali, 4))))
```







[33]:

6.11.2 Il numero di passi della gamba destra del paziente 522 è: 8

Il motivo per cui il soggetto fa un passo in più con la gamba sinistra potrebbe essere dovuto a disturbi motori ma anche dal fatto che potrebbe aver cominciato a camminare entrambe le volte facendo il primo passo con la gamba sinistra e che quindi quando i venivano rilevati i sensori della gamba destra è stato rilevato un passo in meno.

6.12 Distanza temporale tra i passi

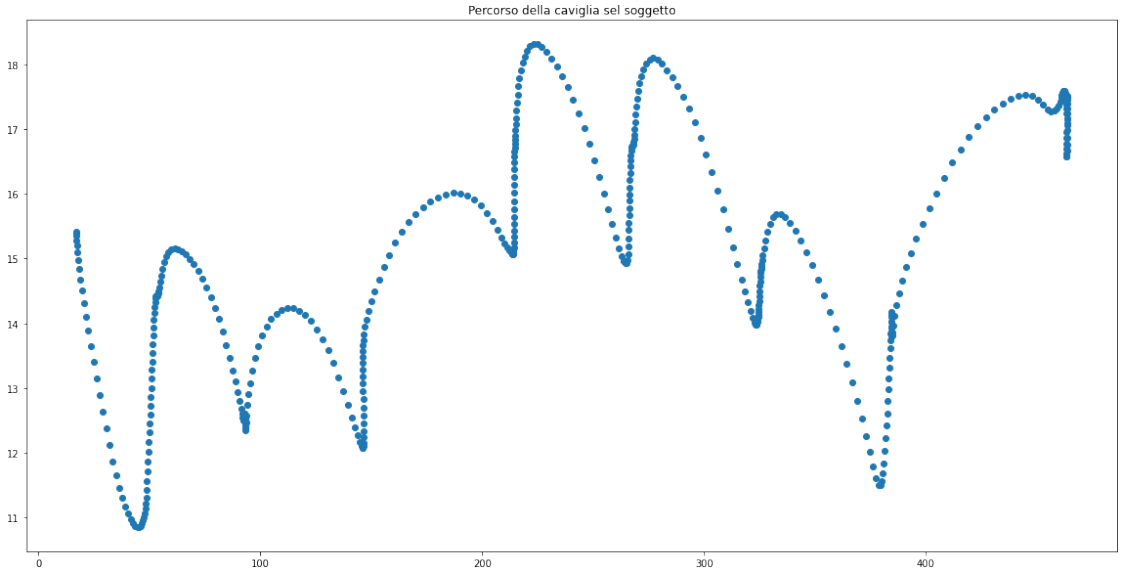
Andiamo ora ad analizzare le differenze tra la camminata dei soggetti sani e quella dei pazienti.

Come prima cosa analiziamo la distanza in termini di tempo tra i passi, la mia ipotesi è che i pazienti facciano passi più lunghi rispetto ai soggetti sani.

Per far capire i passi dell'analisi la applico prima su un paziente e su un soggetto sano e poi la estendo a tutti gli altri.

Plotto i valori che assume la caviglia del paziente che stamo analizzando (522_01_L).

[34]:
```
plt.title("Percorso della caviglia sel soggetto")
plt.plot_date(segnali[4], segnali[5],xdate=False)
plt.show()
```



[35]:
```
segnali=getData(percorso+"/Pazienti/241_02_L_joints.mat")
```

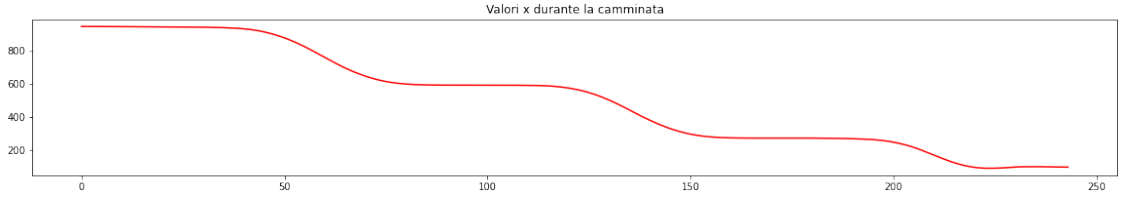
Calcolo ora la derivata dei valori delle x assunti dalla caviglia del paziente durante la camminta, in questo modo potrò rilevare i picchi e quindi il momento di inizio/fine del passo.

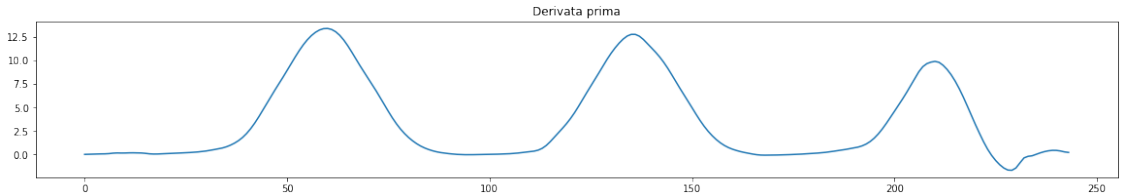
La distanza tra i picchi è il tempo intercorso tra un passo e un altro (o meglio da metà di un passo a metà di quello dopo).

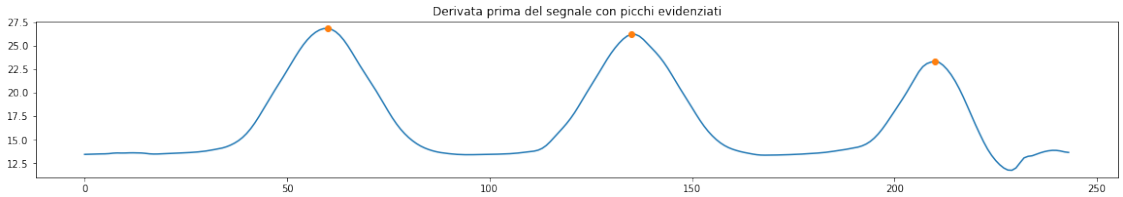
Non considero i picchi con distanza inferiore a 10 frame dal momento che non possono identificare dei passi ma piuttosto sono dovuti ad errori di misurazione da parti dei sensori o da tremori della caviglia.

Questi sono i picchi:

[36]:
```
peaks=peaksFinder(segnali, 4)
print(peaks)
```








```
[ 60 135 210]
```

La distanza tra uno e l'altro è:

[37]:
```
dist=[]
for i in range(len(peaks)-1):
    dist.append(abs(peaks[i]-peaks[i+1]))
print(dist)
```

```
[75, 75]
```

Misuro la distanza media:

[38]:
```
n=int(np.mean(dist))
md("### In media la distanza tra un passo e l'altro è del paziente è di {}␣
  ↪frame che corrispondono a {} secondi".format(n, round(n/25, 2)))
```

[38]:

6.12.1 In media la distanza tra un passo e l'altro è del paziente è di 75 frame che corrispondono a 3.0 secondi

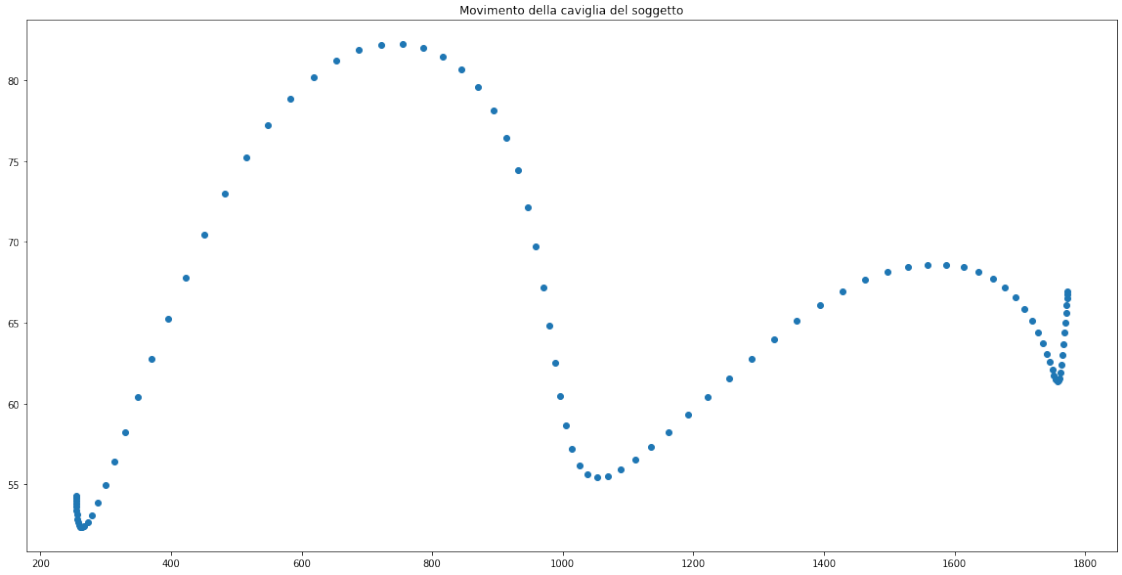
Andiamo a vedere la distanza tra un passo e l'altro di un soggetto sano.

Carico i dati del soggetto S004_sx:

[39]:
```
segnaliSano=getData(percorso+"/Sani/S005_sx.mat")
```

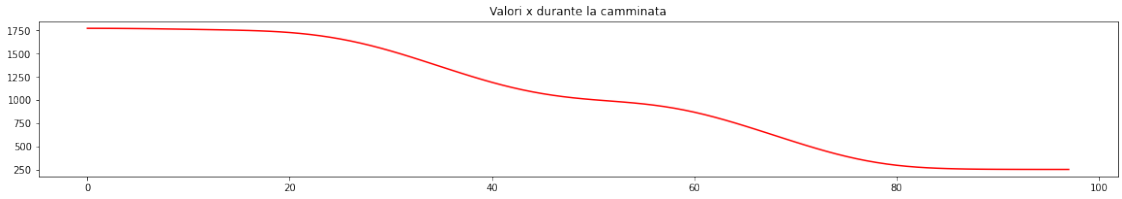
Plotto il movimento della caviglia:

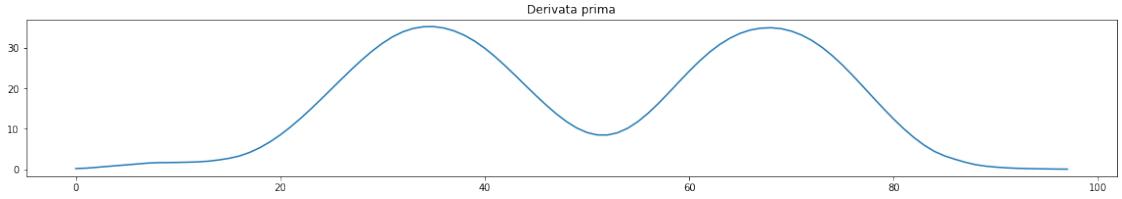
[40]:
```
plt.title("Movimento della caviglia del soggetto")
plt.plot_date(segnaliSano[4], segnaliSano[5],xdate=False)
plt.show()
```

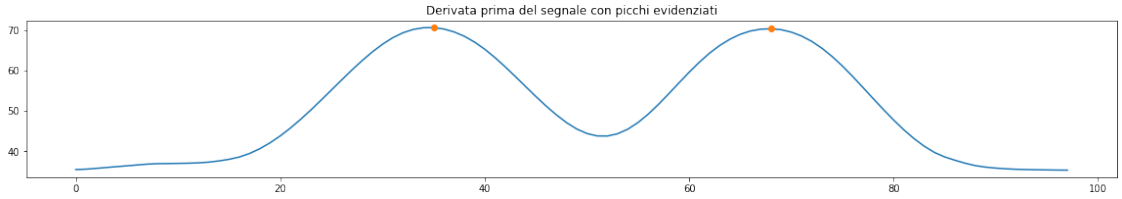


Calcolo come prima la derivata dei valori delle x assunti dalla caviglia del soggetto durante la camminta, per identificare i passi.

[41]:
```
peaks=peaksFinder(segnaliSano, 4)
print(peaks)
```







```
[35 68]
```

Misuro la distanza media tra i picchi:

[42]:
```
dist=[]
for i in range(len(peaks)-1):
    dist.append(abs(peaks[i]-peaks[i+1]))
n=int(np.mean(dist))
md("### In media la distanza tra un passo e l'altro è del soggetto sano è di {}␣
 ↪frame che corrispondono a {} secondi".format(n, round(n/25, 2)))
```

[42]:

6.12.2 In media la distanza tra un passo e l'altro è del soggetto sano è di 33 frame che corrispondono a 1.32 secondi

Come ipotizzato il paziente analizzato ci mette più tempo a fare un passo rispetto al soggetto sano.

Estendiamo ora l'analisi a tutti i pazienti e a tutti i soggetti sani.

[43]:
```
tempo=tempoPasso(percorso+"/Pazienti/*.mat")
md("### In media i pazienti impiegano {} secondi a fare un passo".
 ↪format(round(tempo, 2)))
```

[43]:

6.12.3 In media i pazienti impiegano 2.01 secondi a fare un passo

[44]:
```
tempo=tempoPasso(percorso+"/Sani/*.mat")
md("### In media i soggetti sani impiegano {} secondi a fare un passo".
 ↪format(round(tempo, 2)))
```

[44]:

6.12.4 In media i soggetti sani impiegano 1.3 secondi a fare un passo

Direi che la nostra ipotesi è confermata, i pazienti tendono a fare passi più lunghi in termini di tempo ripetto ai soggetti sani.

6.13 Tempo in cui il piede rimane a terra

Andiamo ora ad analizzare per quanto tempo il soggetto tiene il piede poggiato a terra durante la camminata.

La mia ipotesi è che i pazienti tengano il piede poggiato a terra più a lungo rispetto ai soggetti sani.

Sfruttando la derivata posso capire quando il piede sta fermo e quindi quando è poggiato a terra.

Come prima andrò ad analizzare prima un paziente e poi estenderò l'analisi a tutti gli altri soggetti.

Cominciamo dal paziente 241_02_R

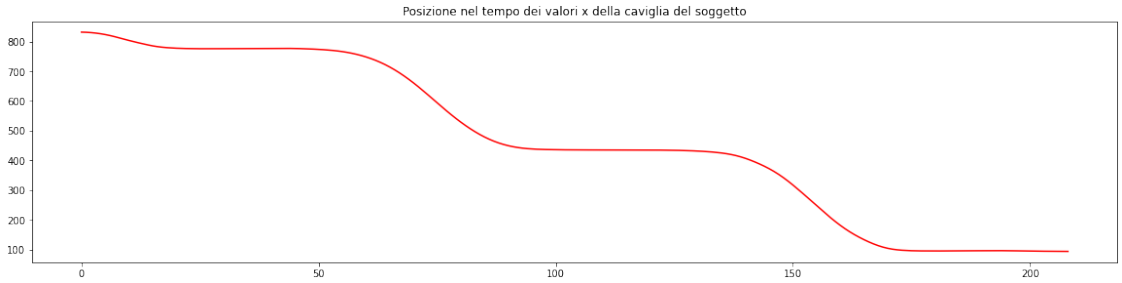
[45]:
```
segnali=getData(percorso+"/Pazienti/241_02_R_joints.mat")
```

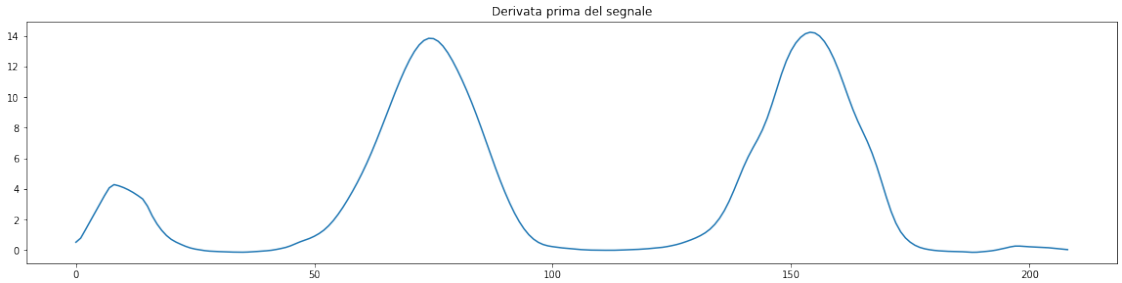
Calcolo la derivata prima dei valori delle x assunti dalla caviglia del paziente durante la camminta, per vedere quando è vicnia allo 0 e di conseguenza quando il piede è fermo.

[46]:
```
plt.subplot(2,1,1)
plt.title("Posizione nel tempo dei valori x della caviglia del soggetto")
plt.plot(segnali[4], "r")
plt.show()

der=np.gradient(-segnali[4])

plt.subplot(2,1,2)
plt.title("Derivata prima del segnale")
plt.plot(der)
plt.show()
```



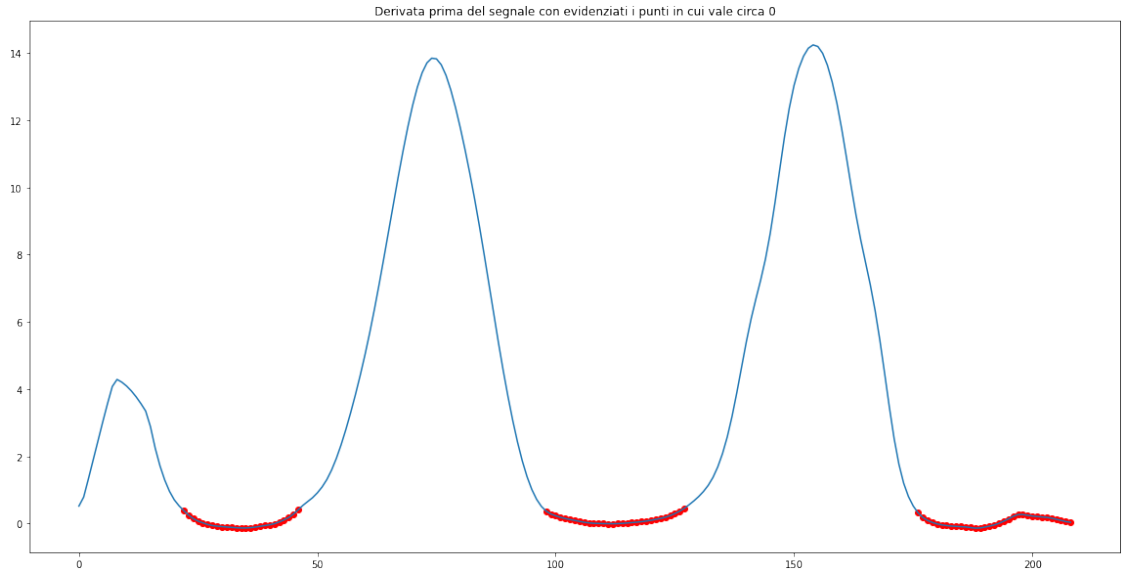


Trovo ora i frame dove la derivata è molto vicina a 0:

[47]:
```
frames=[]
frame=0
for point in der:
    if point<0.5 and point>-0.5:
        plt.plot(frame,point, marker="o", color="red")
        frames.append(frame)
    frame+=1
```

```
plt.title("Derivata prima del segnale con evidenziati i punti in cui vale circa␣
↪0")
plt.plot(der)
plt.show()

print(frames)
```




```
[22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41,
42, 43, 44, 45, 46, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109,
110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125,
126, 127, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189,
190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205,
206, 207, 208]
```

Ora divido in gruppi i frame nei quali il piede è a terra tra un passo e l'altro, infatti se la distanza tra un frame e quello dopo è maggiore di un certo numero significa che il soggetto ha fatto un passo e che ora il piede è di nuovo a terra.

Due valori appartengono a passi differenti se distanti più di 5 frame.

[48]:
```
terra=np.asarray(piedeTerra(frames))
print(terra)
```

```
[array([22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38,
        39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46])
 array([ 98,  99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110,
        111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123,
        124, 125, 126, 127])
 array([176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188,
```

```
       189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201,
       202, 203, 204, 205, 206, 207, 208])                              ]
```

Risultano esserci 3 passi e effettivamente guardando il plot sembra essere così.

Ora calcolo la media dei tempi in cui il piede rimane a terra

[49]:
```
media = mediaTerra(terra)
md("### In media il piede durante la camminata sta poggiato a terra per {}␣
 ↪secondi".format(round(media/25, 2)))
```

[49]:

6.13.1 In media il piede durante la camminata sta poggiato a terra per 1.17 secondi

Ora eseguo la stessa procedura prima con tutti i pazienti e poi con tutti i soggetti sani per confrontare così i risultati.

[50]:
```
tempo=frameTerra(percorso+"/Pazienti/*.mat")
md("### In media i pazienti durante la camminata tengono poggiato il piede per␣
 ↪{} secondi ".format(round(tempo, 2)))
```

[50]:

6.13.2 In media i pazienti durante la camminata tengono poggiato il piede per 0.68 secondi

[51]:
```
tempo=frameTerra(percorso+"/Sani/*.mat")
md("### In media i soggetti sani durante la camminata tengono poggiato il piede␣
 ↪per {} secondi".format(round(tempo, 2)))
```

[51]:

6.13.3 In media i soggetti sani durante la camminata tengono poggiato il piede per 0.26 secondi

0.26 secondi è un po' poco, probabilmente il rilevamento dei frame nei quale la derivata è vicina allo 0 non è andato molto bene sui soggettti sani. Nonostante ciò la mia ipotesi sembra di nuovo essere confermata.

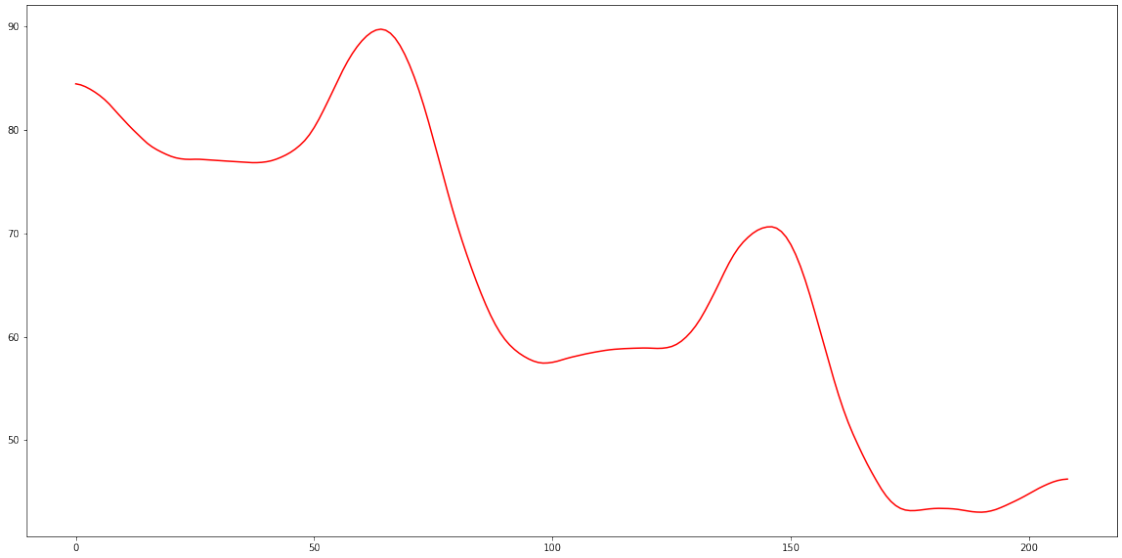
6.14 Altezza dei passi (fallita)

Andiamo ora a confrontare le altezza dei passi dei soggetti sani con quelle dei pazienti.

La mia ipotesi è che i pazienti facciano passi meno alti rispetto ai soggetti sani.

Plotto i valori della caviglia sull'asse y

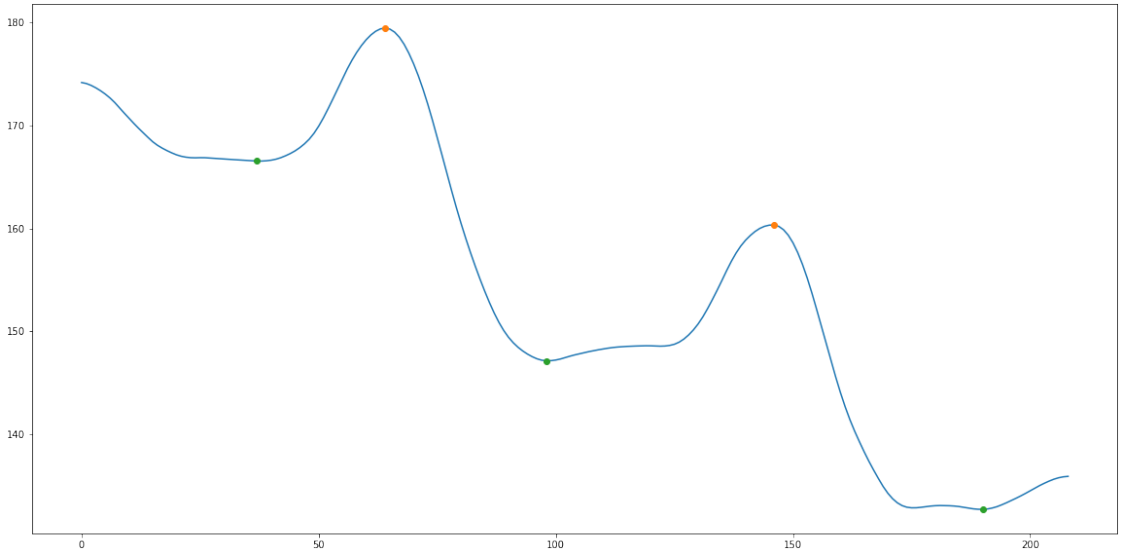
[52]:
```
plt.plot(segnali[5], "r")
plt.show()
```



A questo punto sorge un problema: il paziente stava camminando non parallelamente alla telecamera e quindi i passi non sono "omogenei" nel senso che, come possiamo vedere dal plot precedente, il piede sale di un certo tot ma poi scende di più di quanto era salito. E' come se il soggetto stesse scendendo una scala e quindi viene difficile calcolare l'altezza del passo.

La funzione "altezza" da me creata sembra risolvere questo problema in quanto va a prendere il valore della valle più bassa adiacente al picco però non funziona su tutti i soggetti quindi analizzerò l'altezza del passo più alto solo di questo paziente.

[53]:
```
h=altezza(segnali[5])
md("### Il passo più alto del paziente è alto: {}".format(round(h, 2)))
```



[53]:

6.14.1 Il passo più alto del paziente è alto: 32.27

7 Conclusioni:

Le analisi effettuate circa la distanza dei passi e il tempo di appoggio sembrano confermare ipotesi sensate quindi mi reputo soddisfatto delle analisi effettuate. Riguardo all'altezza dei passi purtroppo ho dovuto rinunciare per via dei problemi visti prima non potendo quindi confermare la mia ipotesi.