

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 posizione sulle x e la posizione sulle y dei punti della gamba. I punti della gamba sono: anca, ginocchio, caviglia e piede



4 Obiettivi.

1. Pulizia dei segnali da interferenze:

- Interpolazione
- Passa-basso
- 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)

        fs = 25
        fft_f = np.fft.fft(segnali[i])
        n = len(fft_f)
```

```

freq = np.fft.fftfreq(n, 1/fs)

idx = np.argwhere(np.abs(freq)>12)
fft_cut=np.copy(fft_f)
fft_cut[idx]=0

f_cut=np.fft.ifft(fft_cut)

filt_med=signal.medfilt(np.real(f_cut), 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 media 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'altezza dei picchi del segnale passatogli

```

def altezza(y):
    peaksValue=[]
    filt_cut = y
    filt_cut += np.max(np.abs(y))
    peaks, _ = find_peaks(filt_cut, 0, distance=40)
    plt.plot(filt_cut)
    plt.plot(peaks, filt_cut[peaks], "o")
    plt.show()
    for peak in peaks:
        peaksValue.append(y[peak])
    return peaksValue

```

[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))
'''plt.plot(filt_cut)
plt.plot(peaks, filt_cut[peaks], "x")
plt.show()'''
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]]
```

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

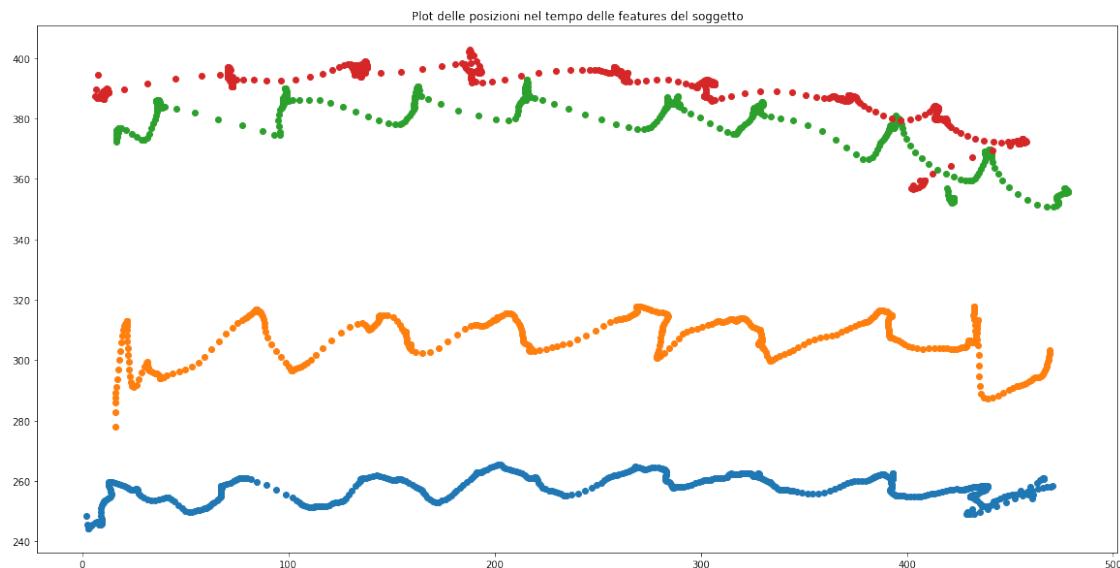
Creo una matrice contenente i dati puliti.

```
[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:

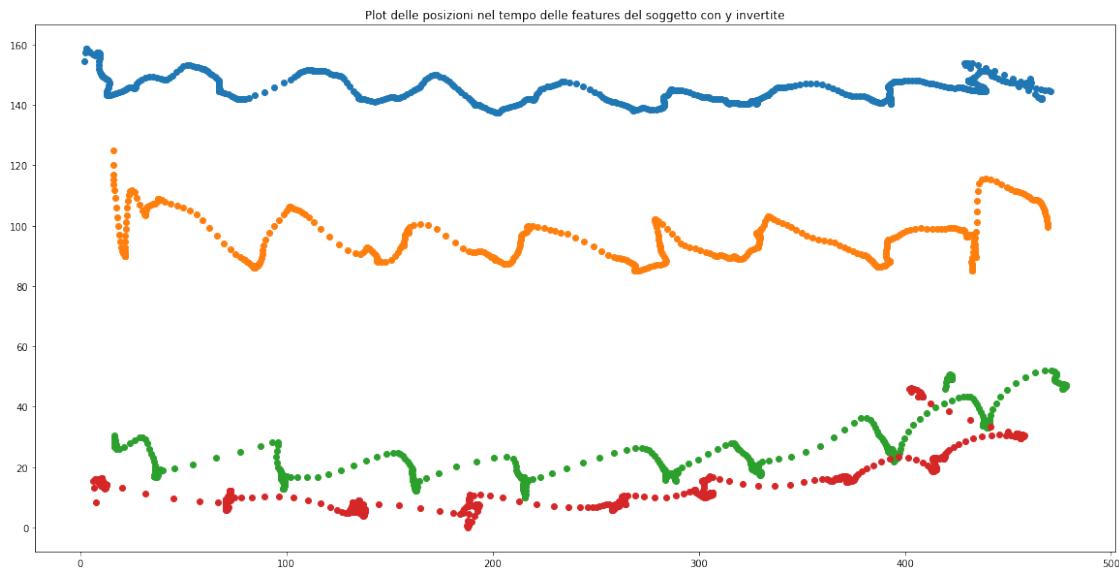
Semplicemente prendo ogni valore degli array contenenti le y e lo sottraggo al valore massimo globale

```
[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 u
↪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:

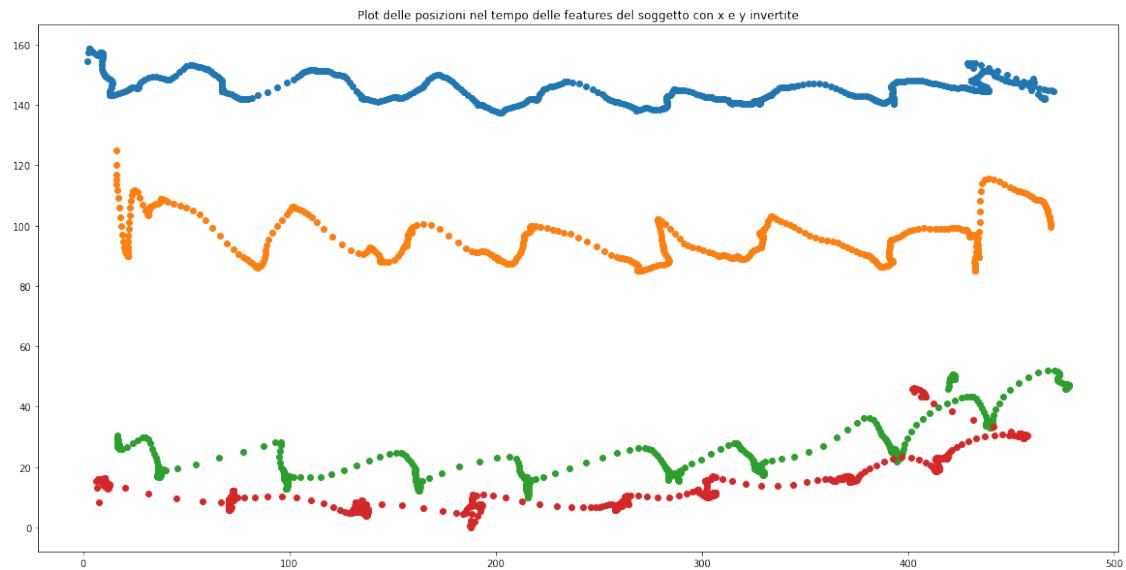
Se la gamba che sto analizzando è la destra, può essere comodo invertire l'asse x per visualizzare gamba sinistra e destra nello stesso modo.

```
[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\u20acinvertite")
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)
```

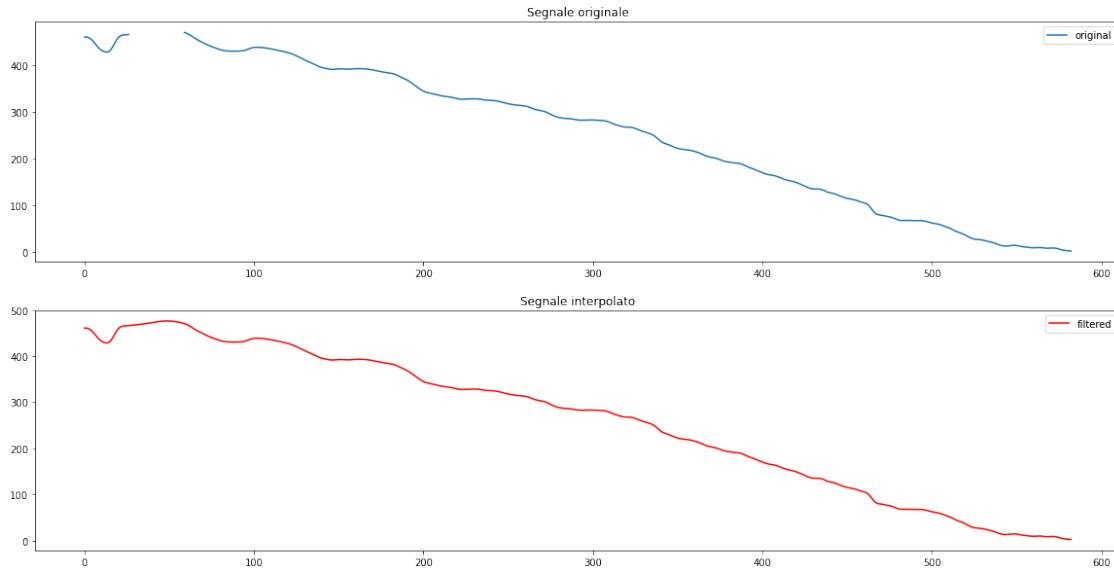
```
plt.subplot(211)
plt.title("Segnale originale")
plt.plot(segnali[0])
plt.legend(['original'])
# plt.title('original')
plt.subplot(212)
```

```

plt.title("Segnale interpolato")
plt.plot(res, 'r')
plt.legend(['filtered'])

plt.show()

```



6.6 Passa-basso

Attraverso un filtro passa-basso elimino i le frequenze maggiori di 12Hz, irraggiungibili dal corpo umano.

Come prima cosa faccio la trasformata di Fourier del mio segnale:

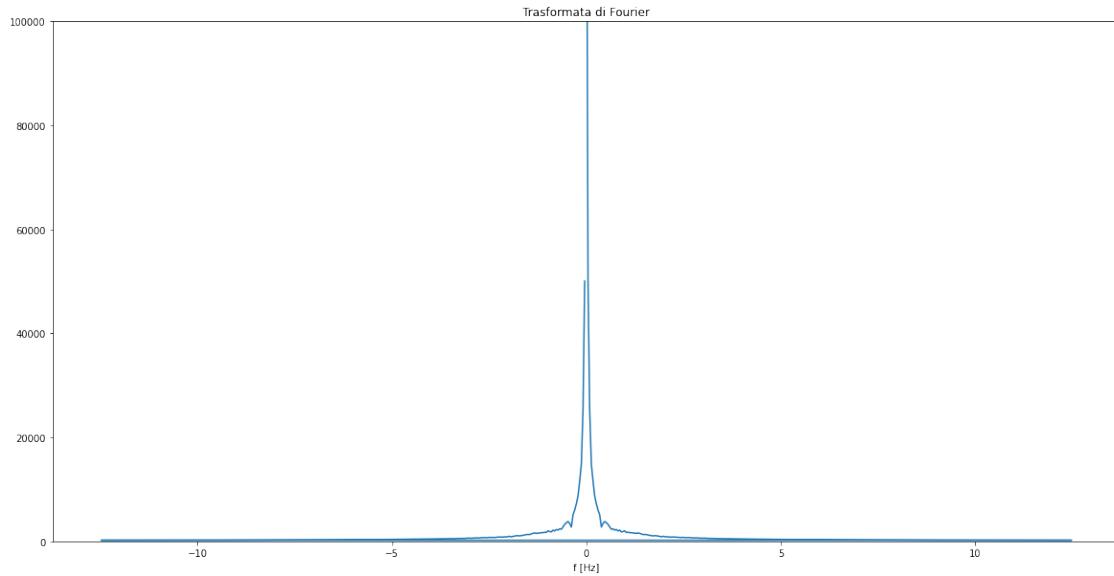
```

[21]: fs = 25
fft_f = np.fft.fft(res) #array delle y
n = len(fft_f)
freq = np.fft.fftfreq(n, 1/fs) #array contenenti indici giusti per il wrap

plt.title("Trasformata di Fourier")
plt.plot(freq,np.abs(fft_f))
plt.xlabel('f [Hz]')
plt.ylim([-1,100000])

```

[21]: (-1.0, 100000.0)

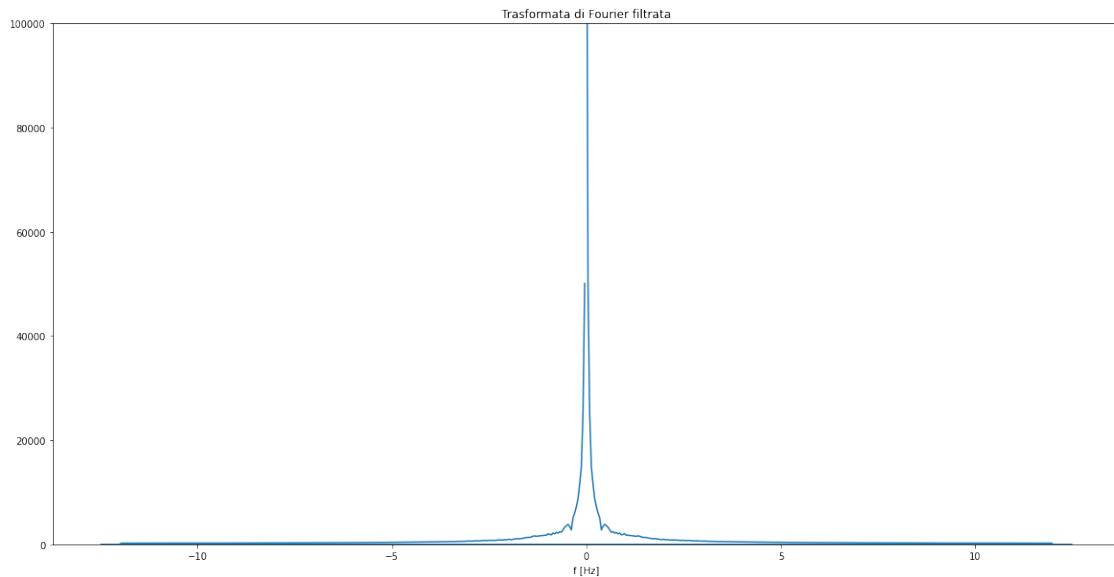


Ora procedo a rendere nulle le frequenze maggiori di 12Hz.

```
[22]: idx = np.argwhere(np.abs(freq)>12)
fft_cut=np.copy(fft_f)
fft_cut[idx]=0

plt.title("Trasformata di Fourier filtrata")
plt.plot(freq,np.abs(fft_cut) )
plt.xlabel('f [Hz]')
plt.ylim([-1,100000])
```

[22]: (-1.0, 100000.0)



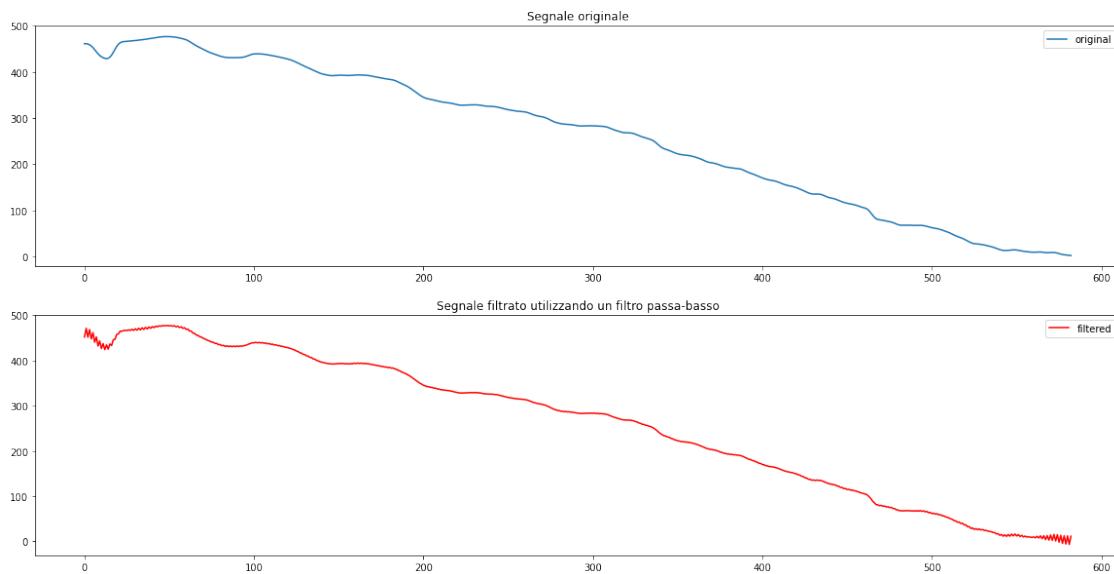
Infine applico una trasformata di Fourier inversa e plotto il segnale pulito risultante paragonato al segnale originale.

```
[23]: f_cut=np.fft.ifft(fft_cut)

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 passa-basso")
plt.plot(np.real(f_cut), 'r')
plt.legend(['filtered'])

plt.show()
```



I segnali sono pressochè identici, anzi attraverso il filtro abbiamo introdotto dei disturbi agli estremi del segnale.

6.7 Mediano

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

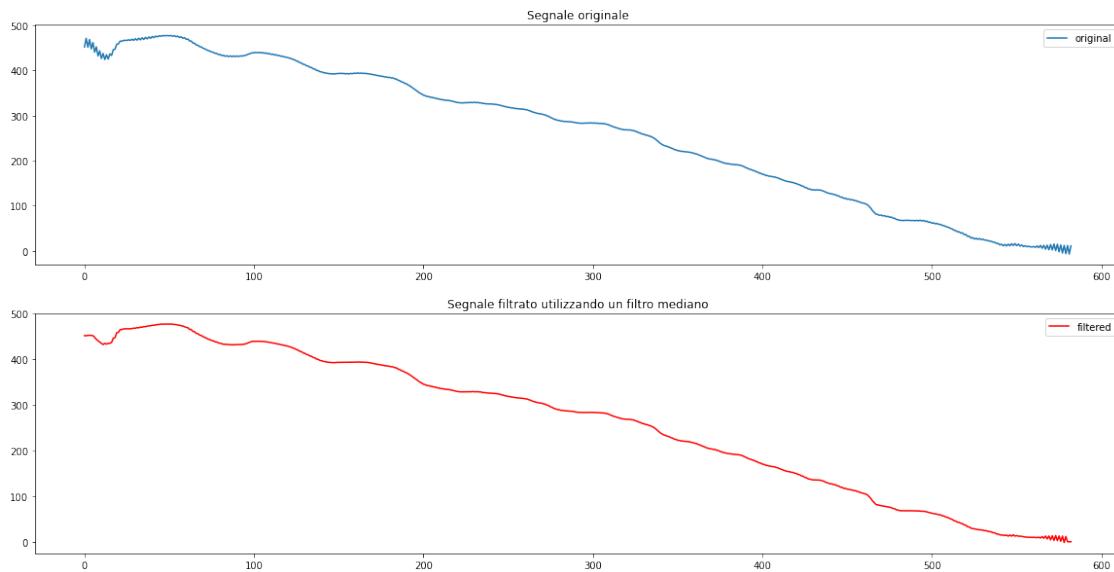
```
[24]: filt_med=signal.medfilt(np.real(f_cut), kernel_size=7)
```

```

plt.subplot(2,1,1)
plt.title("Segnale originale")
plt.plot(np.real(f_cut))
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()

```



6.8 Gaussiano

Infine applico un filtro gaussiano per rendere più “smooth” il segnale e levare, oltre alle altre, le interferenze aggiunte dal filtro passa-basso.

```

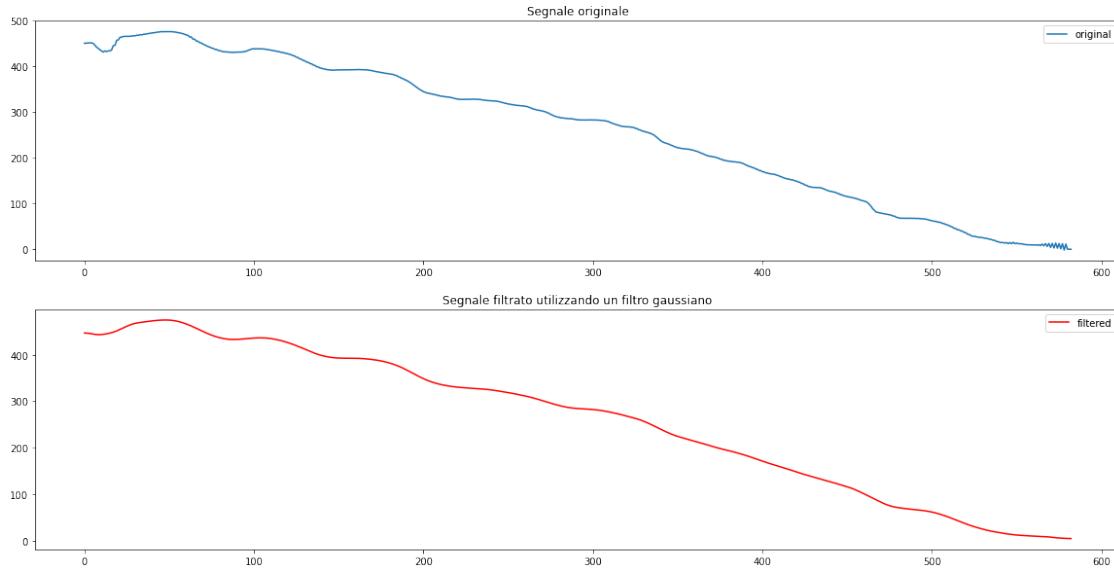
[25]: windowg = signal.windows.gaussian(23, std=10) #cambiare valori della gaussian
windowg /= sum(windowg)
filt = convolve1d(filt_med, windowg)

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()
```



6.9 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).

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

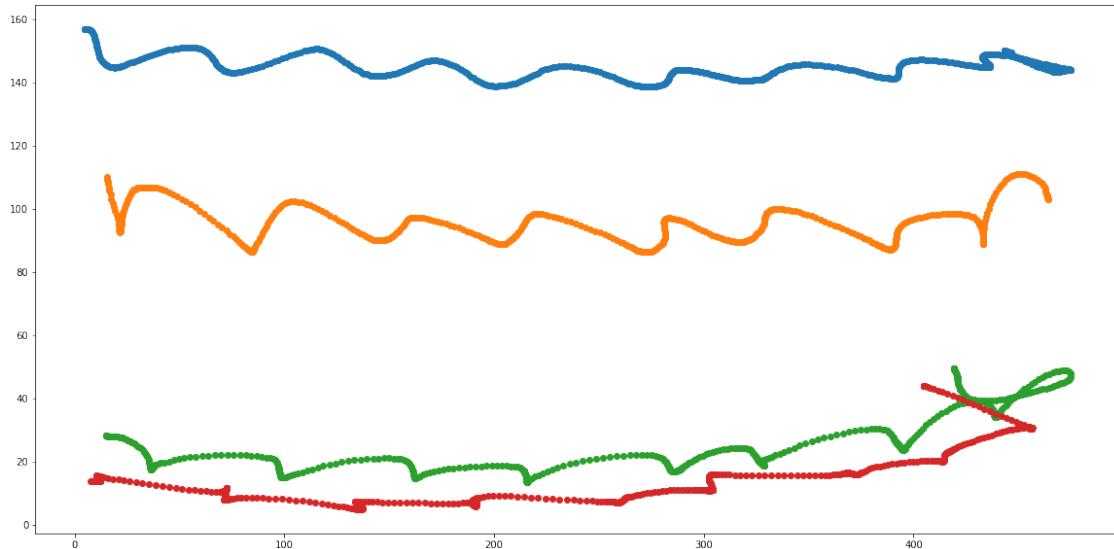
A questo punto tutti i miei segnali sono puliti e pronti per essere analizzati.

6.10 Plot

Plotto i miei segnali puliti.

```
[27]: 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()
```



6.11 Gif

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

```
[28]: #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.

```
[29]: 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.

```
[30]: 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.

```
[31]: 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:

```
[32]: frames=len(segnali[0])#da controllare
print(frames)

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

583

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

6.12 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:

```
[ ]: segnali=getData(percorso+"/Pazienti/522_01_L_joints.mat")
[ ]: md("### Il numero di passi della gamba sinistra del paziente 522 è: {}".
      ↪format(len(peaksFinder(segnali, 4))))
[ ]: segnali=getData(percorso+"/Pazienti/522_01_R_joints.mat")
[ ]: md("### Il numero di passi della gamba destra del paziente 522 è: {}".
      ↪format(len(peaksFinder(segnali, 4))))
```

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.

6.13 Distanza 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).

```
[ ]: plt.title("Percorso della caviglia sel soggetto")
[ ]: plt.plot_date(segnali[4], segnali[5], xdate=False)
[ ]: plt.show()
[ ]: segnali=getData(percorso+"/Pazienti/241_02_L_joints.mat")
```

Calcolo ora la derivata dei valori delle x assunti dalla caviglia del paziente durante la camminata, 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 parte dei sensori o da tremori della caviglia.

Questi sono i picchi:

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

La distanza tra uno e l'altro è:

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

Misuro la distanza media:

```
[ ]: 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, n/25))
```

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

Carico i dati del soggetto S004_sx:

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

Plotto il movimento della caviglia:

```
[ ]: 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 camminata, per identificare i passi.

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

Misuro la distanza media tra i picchi:

```
[ ]: 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, n/25))
```

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.

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

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

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

6.14 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

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

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

```
[ ]: 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:

```
[ ]: 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)
```

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.

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

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

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

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

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

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

6.15 Altezza dei passi (fallita)

Andiamo ora a confrontare le altezze 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

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

Ora trovo i picchi e le valli. Il valore dei picchi è ottenuto sottraendo all'altezza del picco il valore più basso delle y, in questo modo il picco indica l'altezza del passo.

Picchi:

```
[ ]: peaks=altezza(segnali[5])
      peaks=peaks-min(segnali[5])
      print(peaks)
```

Valli:

```
[ ]: valleys=altezza(-segnali[5])
      print(valleys)
```

Prendo il primo picco e la seconda valle e calcolo la distanza tra i due:

```
[ ]: altezza=abs(peaks[0]-valleys[1])
      print(altezza)
```

A questo punto sorge un problema: il pazinete stava camminando non parallelamente alla telecamera e quindi i passi non sono “omogenei” nel senso che, come possiamo vedere la 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.

L’altezza dei passi posso calcolarla di conseguenza in un soggetto del quale so se ha camminato parallelo o meno alla telecamera quindi non posso estenderla a tutti gli altri per vedere le differenze tra le altezze dei passi dei soggetti sani e dei pazineti.

Inoltre l’analisi dell’altezza dei passi di un singolo soggetto è poco indicativa dato che non ho un’unità di misura che mi identifichi i valori dell’asse y quindi ha poco senso farla.

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.