



Analizarea unui semnal provenit de la trei senzori de presiune folosind Python

Studenti: CHIRIAC Marina
NEAȚĂ Andrei Ștefan

Conducător Științific: DUMITRESCU AnaMaria



CUPRINS

INTRODUCERE.....	1
STATE OF THE ART.....	2
METODA ȘI MATERIALE	8
REZULTATE.....	9
CONCLUZII.....	11
ANEXE.....	12
BIBLIOGRAFIE.....	15

Introducere

În această eră a tehnologiei avansate, analiza semnalelor senzorilor este un aspect esențial în domenii precum ingineria, medicina și robotica. În acest proiect, ne propunem să analizăm un semnal provenit de la trei senzori de presiune tip flex. Acești senzori flexibili pot detecta și măsura schimbările de presiune aplicate asupra lor, oferind informații valoroase despre interacțiunea cu obiecte.

Presiunea plantară este presiunea asupra pielii piciorului pe care piciorul uman o resimte în timpul activităților zilnice.

Cuantificarea mersului cu tehnologie purtabilă necesită identificarea precisă a evenimentelor de contact cu piciorul (foot contact events), cum ar fi contactul inițial cu piciorul (initial foot contact) și depărtarea degetelor (toe-off).

Există numeroase metode de măsurare a presiunii plantare pe piață sau în laboratoarele de cercetare. Sistemele cu platformă și sistemele în încălțăminte sunt cele două categorii principale de dispozitive în ceea ce privește caracteristicile lor tehnice și utilizarea prevăzută.

Sistemele de platformă sunt de obicei încorporate într-o podea. Acest tip de echipament este permis să fie utilizat numai pentru măsurători desculț într-un laborator sau spital, folosit în studiile clinice pentru diabet zaharat, analiza mersului, hallux valgus etc.

Sistemele în încălțăminte pot fi utilizate pentru a înregistra distribuțiile de presiune plantară în interiorul unui pantof. Produsele comerciale includ sistemul de măsurare F-scan (Tekscan, Inc., South Boston, SUA) și sistemul Novel pedar (Novel USA, Inc.), care captează distribuțiile dinamice ale presiunii temporale și spațiale în încălțăminte, care au fost utilizate pentru stabilitatea dinamică a mersului, analiza, detectarea mersului și caracteristicile modificate ale mersului în timpul alergării.

Cu toate acestea, ambele sisteme conectează senzorii din încălțăminte și sistemele de achiziție de date la nivelul taliei folosind cabluri electrice, ceea ce este enervant și inconfortabil atunci când se efectuează antrenamente solicitante. Măsurile externe pe termen lung nu sunt adecvate pentru ei. Pentru analiza mersului și feedback în timp real, a fost creat un sistem de senzori wireless cu integrare a pantofilor. Unitățile de detectare din sistem au fost înlocuite cu dispozitive dure, care sunt incomode și nu pot funcționa pentru o perioadă lungă de timp din cauza oboselii unității de detectare. Deoarece sunt adesea mari, sistemele de colectare a datelor nu pot fi configurate pentru a se conecta la diverse receptoare la distanță, inclusiv smartphone-uri.

State of the art

Senzorii de presiune flexibili sunt un subset semnificativ de electronice portabile care au atras multe cercetări datorită gamei lor diverse de utilizări, inclusiv monitorizarea sănătății și interfețele om-mașină. Pentru a modifica proprietățile mecanice și electrice și pentru a îmbunătăți performanța dispozitivului, au fost create metodologii noi de proiectare a materialelor și fabricare a dispozitivelor pentru a îndeplini cerințele pentru diverse aplicații.

Tehnologiile noi și perturbatoare, precum Internet of Things (IoT) și dispozitivele medicale portabile, au evoluat în ultimii ani ca urmare a dezvoltării rapide a societății contemporane, îmbunătățind sănătatea oamenilor și calitatea vieții. Electronica flexibilă este mult mai adaptabilă la multe substraturi decât electronicele tradiționale pe bază de siliciu, indiferent dacă sunt moi sau rigid, plat sau curbat. Numeroase aplicații, inclusiv diode emițătoare de lumină (LED-uri), baterii, antene și senzori, au fost create ca rezultat al avantajului special al electronicii flexibile.

Dispozitivele și programele instalate pe mașini care facilitează comunicarea om-mașină sunt denumite interfețe om-mașină. Senzorii de presiune flexibili sunt esențiali în transformarea intrărilor mecanice de la utilizatori în semnale electrice care pot fi utilizate pentru a opera o mașină sau pentru a oferi feedback. De exemplu, o mânășă inteligentă cu senzori de presiune încorporați poate direcționa mișcarea unui braț robot pentru a produce muzică, în timp ce software-ul de recunoaștere a vorbirii și senzorii acustici epidermici ar putea interpreta comenzile umane pentru a opera un personaj virtual în jocurile video. Pentru a satisface nevoile display-uri flexibile, matricele transparente de senzori de presiune au fost proiectate pentru panouri tactile flexibile. Kim et al. a descris un ecran tactil ionic elastic cu o tehnologie tactilă capacitivă de suprafață care folosește atingerea vârfurilor degetelor ca electrod de împământare pentru a determina poziția contactului.[3]

pedar[®]: Dynamic pressure distribution inside the footwear.

Monitorizarea sarcinilor locale dintre picior și pantof este posibilă de sistemul pedar, care măsoară distribuția presiunii cu precizie și fiabilitate. Cu numeroasele sale caracteristici de bază și moduri de funcționare, pedar oferă cea mai mare versatilitate. Calculatorul primește datele de presiune de la pedal prin Bluetooth și le afișează imediat. Prin utilizarea unui cablu de fibră optică/USB, acesta poate fi, de asemenea, conectat la un computer. Cu tehnologia Bluetooth deja încorporată, poate funcționa și din mers. O a treia opțiune este stocarea cardului SD al lui Pedar, care permite colectarea datelor oriunde și descărcarea ulterior pe un computer.



Fig. 1 - Sistem de branț cu presiune Novel[®] Pedar[™] [1]

Sistemul pedar este incredibil de mobil și adaptabil datorită tuturor acestor calități, permițându-i să se potrivească practic oricăror cerințe de testare, cum ar fi mersul pe jos, joggingul, urcarea scărilor, transportul bunurilor, jocul de fotbal sau chiar mersul pe bicicletă. Ca urmare, rezultatele sunt mai aplicabile vieții de zi cu zi. S-a realizat un studiu în care s-au obținut rezultate pentru presiunea plantare în timpul mersului la pacienții cu boala Ledderhose dureroasă.[5]

Boala Ledderhose este o tulburare benignă hiperproliferativă a piciorului. Nodulii subcutanați cu creștere lentă care se găsesc frecvent pe benzile mediale și centrale ale fasciei plantare sunt caracteristica definitorie a acesteia. La piciorul afectat, afecțiunea se poate manifesta ca disconfort, tensiune fascială crescută și sensibilitate la presiune. A nu putea sta, merge sau alerga din cauza bolilor piciorului, cum ar fi boala Ledderhose, poate fi extrem de dăunătoare capacității cuiva de a se angaja în activitate fizică.

Pentru a măsura presiunea plantară în pantofi, brânțuri flexibile PEDAR® au fost plasate în interiorul unei perechi de pantofi de zi cu zi. Fiecare brânț includea 99 de senzori de presiune și avea o grosime de 1,8 mm. Brânțurile au fost calibrate în conformitate cu instrucțiunile producătorului. Frecvența de eșantionare a fost setată la 100 Hz, iar datele au fost transmise fără fir folosind Bluetooth® către un computer. În Motion Lab, pacienții au fost sfătuiți să meargă înainte și înapoi la un ritm confortabil pe care l-au ales pentru ei înșiși. Odată ce au fost realizate cinci plimbări legitime, măsurarea a fost încheiată. După fiecare plimbare, s-a verificat dacă pașii au fost înregistrați corespunzător. Cu un marker fixat de cureaua Pedar-X chiar deasupra ombilicului, sistemul de analiză a mișcării Nexus Vicon a măsurat ritmul fiecărei mers.

În cazurile examinate doar informațiile de la picioarele care au fost rănite au fost analizate. Pentru analiza datelor, au fost alese primele patru plimbări legitime, în timp ce a cincea a fost salvată ca rezervă. Doisprezece pași pe picior au fost aleși din fiecare mers, deoarece se recomandă ca datele de presiune plantară în pantofi valizi și de încredere să aibă doisprezece pași pe picior. Din fiecare mers au fost aleși trei pași valabili, ideal în mijlocul unei plimbări. Când au putut fi aleși 12 pași valabili, analiza a luat în considerare și datele din controale. Zona piciorului a fost separată în opt secțiuni anatomice (măști) folosind software-ul profesional medical Pedar®: călcâiul, mijlocul piciorului medial, mijlocul piciorului lateral, antepiciorul medial, antepiciorul central, antepiciorul lateral, haluce și degetele suplimentare. Presiunea totală a tuturor senzorilor individuali dintr-o mască și în toate intervalele de timp ale fiecărei etape este cunoscută sub numele de PP. MMP este presiunea medie maximă (MAP) măsurată de toți senzorii dintr-o mască în timpul unui singur pas. Aria de sub curba forță-timp din interiorul fiecărei măști este reprezentată de FTI, care ia în considerare și timpul.

Cazurile au constatat din 13 bărbați și 28 de femei cu vârsta medie de 54,2 ani și o viteză medie de mers de 1,32 m/s. Martorii au constatat din 14 bărbați și 27 de femei cu o vârstă medie de 21,7 ani și o viteză medie de mers de 1,47 m/s. Toate picioarele afectate ale cazurilor (100%) au avut noduli Ledderhose subcutanați în masca medială a piciorului, în timp ce 12% dintre picioarele afectate au avut și noduli în alte măști (mijlocul piciorului lateral, călcâiul, piciorul medial-central sau lateral).

Teoria la care s-a ajuns demonstrează că persoanele cu boala Ledderhose dureroasă au o distribuție distinctă a presiunii plantare în timpul mersului ca urmare a bolii lor. Aceste constatări au arătat că mijlocul piciorului medial, unde se găsesc frecvent nodulii Ledderhose, este descărcat în timpul mersului. Force Time Integra încorporează componenta temporală și evaluează sarcina completă a fiecărei locații, și face aceste discrepanțe deosebit de clare. [4]

Persoanele cu neuropatie senzorială periferică în diabet zaharat, prezența ulcerelor pe suprafața plantară a piciorului poate fi devastatoare. Detectarea precoce a celor care sunt susceptibili de a dezvolta ulcer la picior este una dintre principalele modalități de a reduce incidența ulcerăției. Studiile au analizat legătura dintre zonele cu presiune plantară ridicată și ulcerăție. Deși s-a demonstrat că zonele de presiune ridicată sunt legate de ulcerăție, persoanele diabetice pot totuși să experimenteze ulcerății la niveluri de presiune care nu sunt adesea considerate a fi periculoase. Beneficiile analizei presiunii plantare pentru înțelegerea bolilor piciorului și potențialul de intervenție terapeutică au fost acoperite într-o serie de publicații. S-au folosit sistemul F-scan în pantof pentru a studia centrul presiunii, sistemul micro-EMED în pantof pentru a găsi presiunea absolută în diferite puncte, s-au efectuat un studiu amănunțit pentru a măsura forța de reacție la sol folosind placa de forță a lui Kistler, s-a folosit F-scan pentru a investiga distribuția presiunii plantare în cazul piciorului diabetic. Înainte de dezvoltarea sistemului de scanare a presiunii piciorului, s-a efectuat un studiu pe un grup de bărbați sănătoși (non-diabetici) folosind sistemul de covor de picior EMED în diferite clinici pentru a estima amplasarea și numărul de senzori care trebuie plasați pe talpă. Datele înregistrate au fost analizate pentru distribuția presiunii. Toată zona a fost împărțită în 5 zone, iar presiunea medie în kPa (kilo Pascal) din fiecare zonă a fost calculată împreună cu deviația standard (S.D.). Zonele au fost specificate ca fiind călcâiul, capul metatarzian (MTH) 1, MTH3, MTH5 și degetul. Valorile presiunii medii (cu deviație standard) au fost observate la călcâi 305 ± 25 K Pa, 1 MTH 257 ± 25 K Pa, 2 MTH 270 ± 23 K Pa, 3 MTH 63 ± 17 K Pa și deget 235 ± 24.5 K Pa. Deși 5 puncte pentru analiza presiunii plantare par satisfăcătoare și se poate continua cu acestea, unii pacienți nu au o anatomie normală. Pacienții cu deformități congenitale precum piciorul plat sau arcuit în exces, piciorul strâmb și degetul sau degetul suplimentar pot modifica punctele de susținere a presiunii. În aceste cazuri, 5 puncte pentru măsurarea presiunii nu pot oferi o imagine clară a distribuției anormale a presiunii. Prin urmare, numărul de senzori trebuie crescut pentru a acoperi o suprafață mai mare pe talpă. Adăugarea a trei puncte suplimentare va oferi o acoperire completă a distribuției presiunii sub talpa pantofului. S-a decis să se utilizeze, astfel, 8 senzori pe talpă. Trei senzori, în plus față de cele 5 puncte existente, au fost plasați în două poziții pe arc și ultimul rămas sub degetul mijlociu. Aceasta va acoperi o suprafață mai mare a talpii pentru a furniza o distribuție a presiunii cu o precizie mai bună. În acest caz, sunt necesare diferite tălpi pentru dimensiuni variate de picioare, astfel încât să fie dezvoltate tălpi de dimensiuni standard pentru a acoperi un număr mai mare de subiecți. În conformitate cu ghidurile studiului efectuat, s-a proiectat un scanner de presiune în interiorul pantofului utilizând rezistoare de sensibilitate la forță (FSR). FSR-ul a fost ales datorită avantajelor pe care le oferă. Acest senzor este mai ieftin decât senzorii capacitivi și piezoelectrice

Pentru această aplicație a fost proiectat un circuit simplu de divizor de tensiune cu amplificator cu câștig unitar. Circuitul a fost proiectat în jurul unui amplificator operațional cu patru canale, LM-324. Circuitul divizorului și amplificatorul au fost proiectate astfel încât ieșirea circuitului să crească odată cu creșterea presiunii aplicate, chiar dacă rezistența variază invers. Acest amplificator operațional este un dispozitiv cu o singură sursă și este recomandat și în notele de utilizare de către Interlink Electronics. Acesta este un amplificator operațional compensat în offset și oferă o impedanță de intrare mare. Opt amplificatoare identice au fost încorporate pe o singură placă pentru procesarea paralelă a datelor de presiune plantară detectate de la 8 locații de presiune. Achiziția de date a fost realizată cu un câștig de amplificare de 50 și furnizează un maxim de ± 10 V ieșire nesaturată, ceea ce confirmă faptul că un semnal de intrare maxim de 200 mV poate fi aplicat modulelor de achiziție de date Biopac. Prin urmare, cartela de procesare a datelor trebuie să furnizeze un maxim de 200 mV ieșire pentru presiunea maximă (1000 kPa) aplicată. Rezistorul în serie a fost inclus pentru a optimiza intervalul de sensibilitate la presiune dorit și pentru a limita curentul prin FSR. Limita maximă a curentului de 1 mA prin FSR a fost menținută pe întregul interval de presiune aplicată. Circuitul a fost simulat pentru diferite valori ale rezistorului de compensare

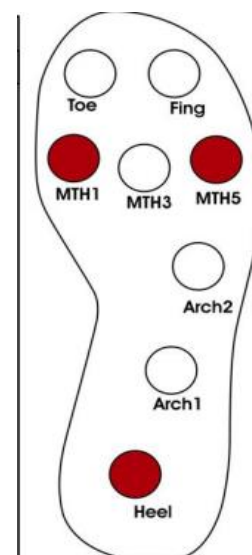
folosind ORCAD. După mai multe simulări, s-a observat că valoarea optimă a rezistorului de compensare este de 8,2 k Ω . Aceste rezultate au fost reprezentate pe o scară liniară, cum se poate observa în Figura 1.2, și s-a observat că graficul prezintă o răspuns îmbunătățit cu o nelinearitate în intervalul de presiune mai mare. Prin urmare, este necesară o compensare a nelinearității pentru observații precise ale datelor.



Fig. 2 - Amplasarea senzorilor și dezvoltarea dispozitivului [6]

Sistemul dezvoltat a fost testat pentru distribuția presiunii plantare pe diferiți subiecți. Au fost recrutați un total de 62 de subiecți, bărbați și femei. Aceștia includeau 25 de subiecți din grupul de control normal, 25 de subiecți din grupul diabetic și 12 subiecți cu neuropatie diabetică. Datele EMG au fost obținute din semnalul RMS calculat, iar normalizarea a fost realizată prin luarea mediei a trei pași consecutivi dintr-o încercare pentru a minimiza eroarea și efectul variației pașilor. Un protocol similar a fost urmat pentru datele de presiune plantară, iar valorile finale au fost obținute prin luarea mediei a trei pași consecutivi pentru parametrii de scală de timp sau de amplitudine. Presiunea a fost normalizată în funcție de greutatea corporală a subiectului și a fost numită presiune plantară normalizată (NPP).

Valorile medii ale presiunii erau semnificativ diferite pentru presiunea la călcâi, MTH1 și MTH5. Analiza suplimentară a fost realizată pentru a identifica grupurile cu diferențe semnificative pentru amplitudinea valorilor de presiune la călcâi, MTH1 și MTH5. Presiunea pe diferitele puncte unde s-a observat o diferență semnificativă este arătată în Fig. 1.8, indicând o presiune mai mare pe călcâi, MTH1 și MTH5 în grupul cu neuropatie diabetică (DN). Diferența în valorile medii ale presiunii între grupurile de control normal (N) și DN observată la călcâi a fost de 11,44 kPa / N și între grupurile diabetic (D) și DN a fost de 11,11 kPa / N. Acest lucru înseamnă că presiunea aplicată a fost mai mare pe călcâi în grupul DN decât în grupurile N și D. Presiunea aplicată pe mijlocul piciorului, în special la MTH1 și MTH5, a fost mai mare în cazul grupului DN în comparație cu grupurile N și D. [6]



METODĂ ȘI MATERIALE

Proiectul propus ca temă analizarea unui semnal provenit de la trei senzori de presiune flexibili, folosind limbajul de programare Python. Acesta se concentrează pe măsurarea presiunii plantare, având ca obiectiv dezvoltarea unei aplicații care să permită captarea și interpretarea datelor provenite de la senzorii de presiune, cu ajutorul unei plăci de dezvoltare și a bibliotecilor Python specializate în prelucrarea semnalelor.

Pentru a atinge acest obiectiv, ne propunem să realizăm următoarele sarcini:

1. Colectarea datelor: Vom configura și conecta cei trei senzori de presiune flexibilă la un microcontroler sau la un dispozitiv electronic compatibil. Vom realiza măsurători pentru a obține semnalul de presiune generat de fiecare sensor
2. Analiza semnalului: Vom explora diverse metode de analiză a semnalelor, cum ar fi calculul valorilor medii, extragerea maximelor și minimelor, Vom utiliza bibliotecile Python pentru a implementa aceste algoritmi și pentru a extrage informații relevante din semnal.
3. Vizualizarea rezultatelor: Vom utiliza bibliotecile de vizualizare Python pentru a afișa semnalul de presiune într-o formă grafică sau interactivă. Acest lucru ne va permite să observăm tendințele, modelele sau variațiile semnalului într-un mod mai intuitiv.
4. Interpretarea și concluziile: Vom interpreta rezultatele obținute prin analiza semnalului și vom trage concluzii relevante în funcție de datele colectate și analizate. Acest lucru ne va ajuta să înțelegem mai bine comportamentul senzorilor de presiune flexibilă și să extragem informații utile din semnalele măsurate.

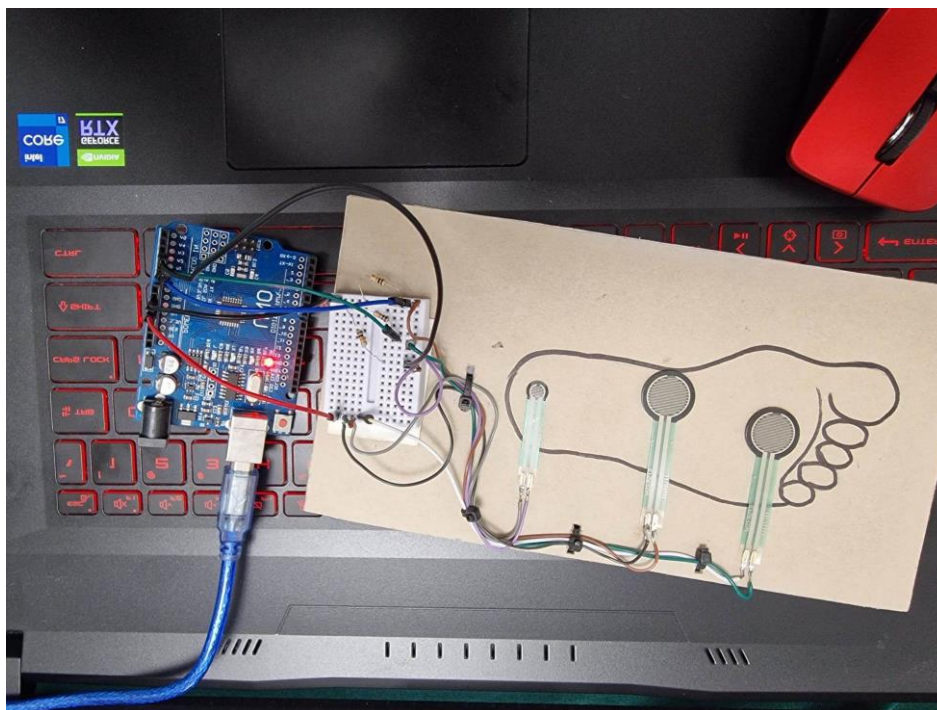


Fig. 3 – Prototip arduino

REZULTATE

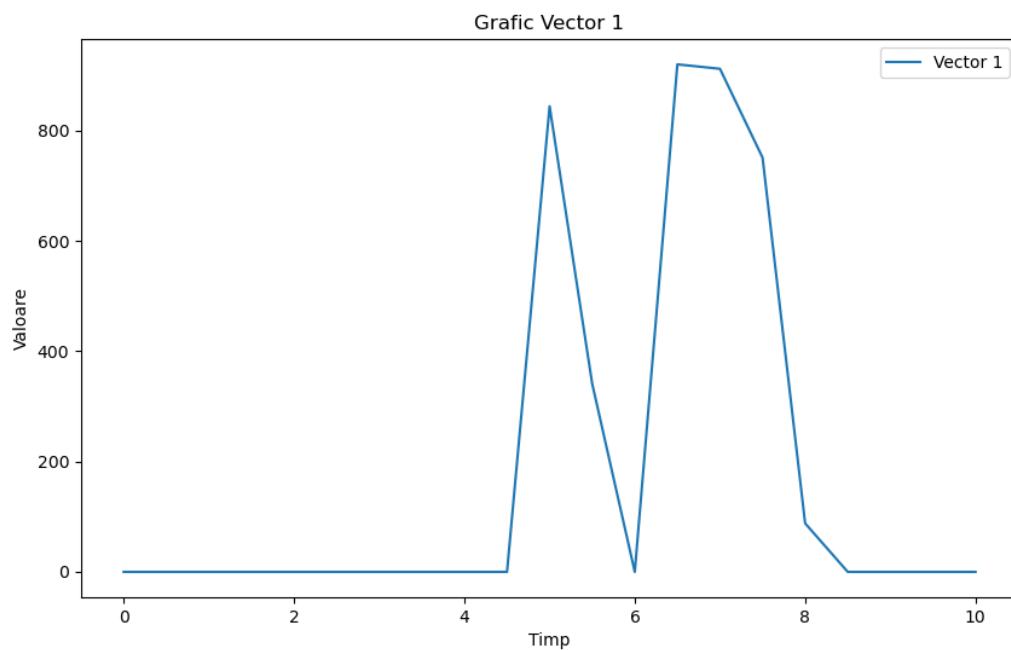


Fig. 3 Grafic reprezentat de senzorul 1

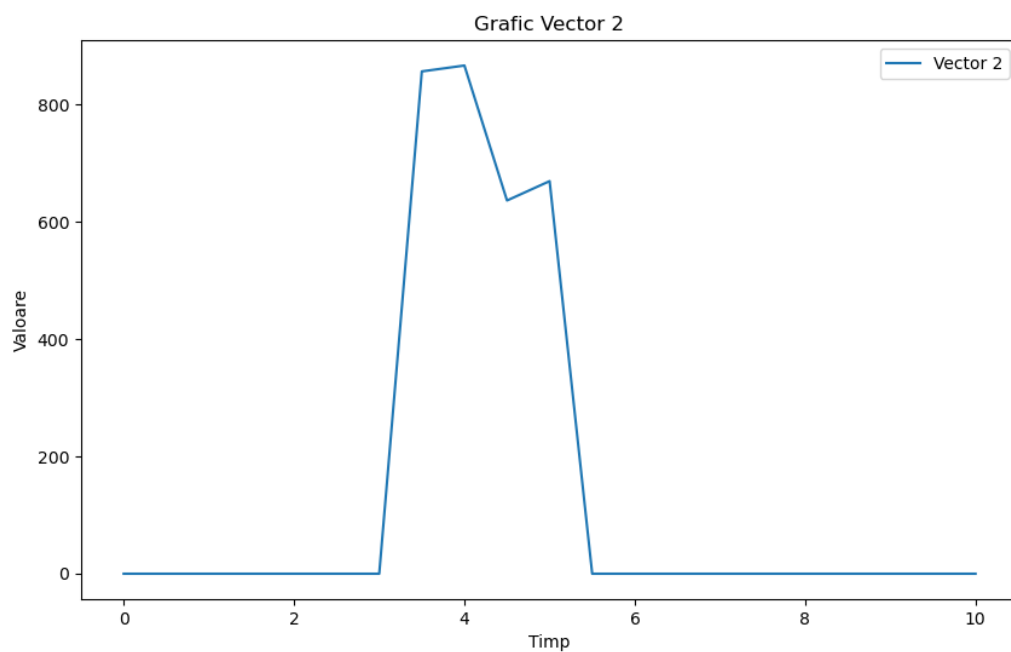


Fig. 4 Grafic reprezentat de senzorul 2

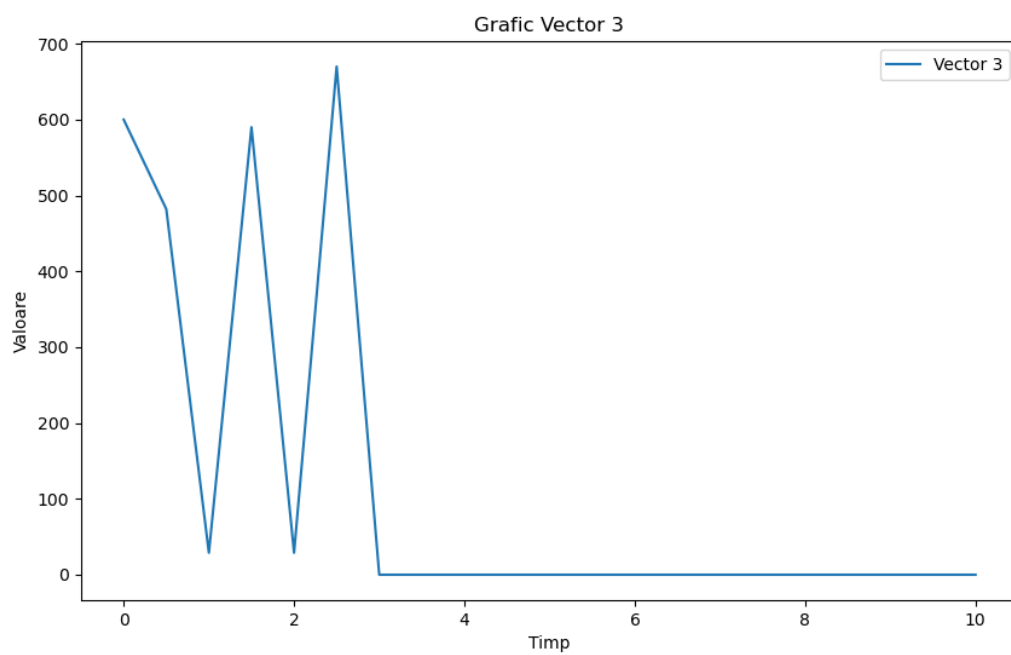


Fig. 5 Grafic reprezentat de senzorul 3

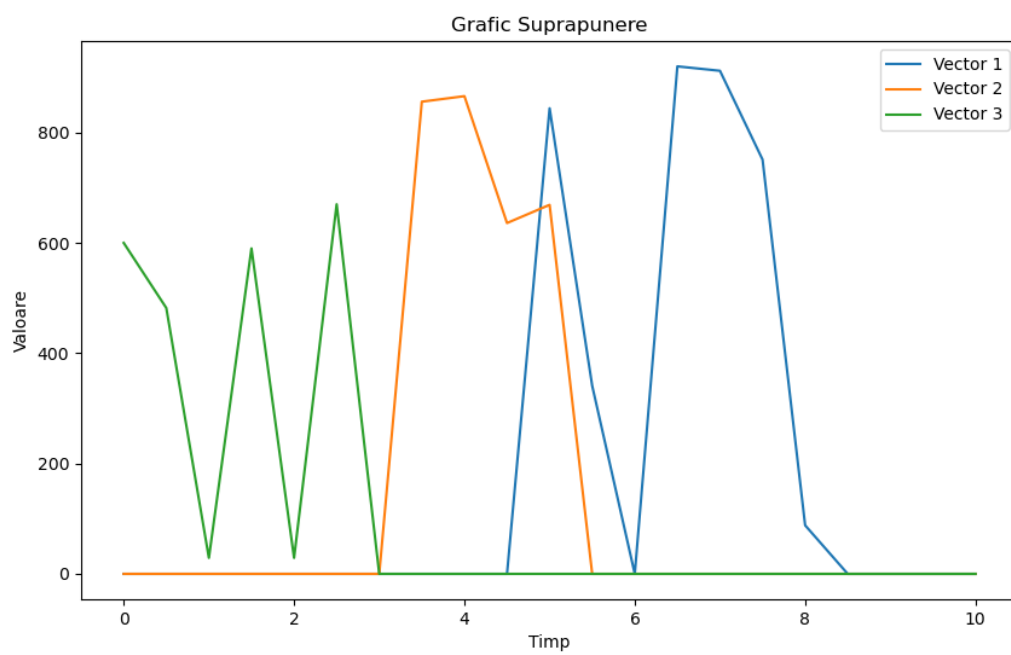


Fig. 3 Grafic reprezentat de valorile tuturor foțelor



CONCLUZII

Utilizând graficele, am prezentat nivelul forței de apăsare corespunzător fiecărui senzor. Înregistrările au fost realizate la intervale de 0.5 secunde și apăsările au fost efectuate în mod aleatoriu, cu niveluri diferite de putere.

Am generat grafice individuale pentru fiecare dintre cei 3 senzori, precum și un grafic care conține informațiile pentru toți cei 3 senzori, pentru a vizualiza forța de apăsare în intervalul de timp de 10 secunde.

Datele de la placa Arduino au fost extrase din Monitorul Serial și introduse într-un fișier Excel, care a fost apoi citit în Python pentru interpretarea valorilor.

În rezultatele obținute în Python, am afișat valorile maxime, minime și medii ale valorilor înregistrate de senzori, precum și un interval de putere care ne indică dacă forța de apăsare este de nivel mic, mediu sau puternic. Valorile prag pentru aceste intervale de putere au fost definite în prealabil, astfel: o valoare citită între 0 și 350 indică o presiune mică, între 350 și 750 indică o presiune medie, iar între 750 și 1000 indică o presiune mare.



ANEXA

Cod Arduino IDE

```
const int sensorPin1 = A0; // pinul analogic pentru senzorul 1 de forță
const int sensorPin2 = A1; // pinul analogic pentru senzorul 2 de forță
const int sensorPin3 = A2; // pinul analogic pentru senzorul 3 de forță
int sensorValue1 = 0; // variabila pentru a stoca valoarea citită de senzorul 1
int sensorValue2 = 0; // variabila pentru a stoca valoarea citită de senzorul 2
int sensorValue3 = 0; // variabila pentru a stoca valoarea citită de senzorul 3

void setup() {
  Serial.begin(9600); // deschide portul serial la o rată de 9600 bps
}

void loop() {
  sensorValue1 = analogRead(sensorPin1); // citește valoarea senzorului 1
  sensorValue2 = analogRead(sensorPin2); // citește valoarea senzorului 2
  sensorValue3 = analogRead(sensorPin3); // citește valoarea senzorului 3
  Serial.print("Valoarea fortei de la senzorul 1: "); // afișează mesajul pentru senzorul 1
  Serial.println(sensorValue1); // afișează valoarea fortei citite pentru senzorul 1
  Serial.print("Valoarea fortei de la senzorul 2: "); // afișează mesajul pentru senzorul 2
  Serial.println(sensorValue2); // afișează valoarea fortei citite pentru senzorul 2
  Serial.print("Valoarea fortei de la senzorul 3: "); // afișează mesajul pentru senzorul 3
  Serial.println(sensorValue3); // afișează valoarea fortei citite pentru senzorul 3
  delay(100); // așteaptă 100 de milisecunde
}
```

Cod Python

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# Citirea datelor din fișierul extern
data = pd.read_excel('C:/Users/stefa/Desktop/date.xlsx')

# Extragem fiecare vector ca o serie de timp
timp = data['timp']
vector1 = data['vector1']
vector2 = data['vector2']
vector3 = data['vector3']

# Generarea graficului pentru fiecare vector în parte
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(timp, vector1, label='Vector 1')
plt.xlabel('Timp')
plt.ylabel('Valoare')
plt.title('Grafic Vector 1')
plt.legend()
plt.show()

plt.figure(figsize=(10, 6))
```



```
plt.plot(timp, vector2, label='Vector 2')
plt.xlabel('Timp')
plt.ylabel('Valoare')
plt.title('Grafic Vector 2')
plt.legend()
plt.show()
```

```
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(timp, vector3, label='Vector 3')
plt.xlabel('Timp')
plt.ylabel('Valoare')
plt.title('Grafic Vector 3')
plt.legend()
plt.show()
```

```
# Generarea graficului care suprapune cele 3 valori
plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.plot(timp, vector1, label='Vector 1')
plt.plot(timp, vector2, label='Vector 2')
plt.plot(timp, vector3, label='Vector 3')
plt.xlabel('Timp')
plt.ylabel('Valoare')
plt.title('Grafic Suprapunere')
plt.legend()
plt.show()
```

```
# Calcularea valorilor maxime, minime și medii pentru fiecare vector
max_vector1 = max(vector1)
min_vector1 = min(vector1)
avg_vector1 = sum(vector1) / len(vector1)
```

```
max_vector2 = max(vector2)
min_vector2 = min(vector2)
avg_vector2 = sum(vector2) / len(vector2)
```

```
max_vector3 = max(vector3)
min_vector3 = min(vector3)
avg_vector3 = sum(vector3) / len(vector3)
```

```
print("Vector 1:")
print("Valoare maximă:", max_vector1)
print("Valoare minimă:", min_vector1)
print("Valoare medie:", avg_vector1)
```

```
print("Vector 2:")
print("Valoare maximă:", max_vector2)
print("Valoare minimă:", min_vector2)
print("Valoare medie:", avg_vector2)
```

```
print("Vector 3:")
print("Valoare maximă:", max_vector3)
print("Valoare minimă:", min_vector3)
```




```
print("Valoare medie:", avg_vector3)

for val in vector1:
    if 0 <= val <= 350:
        print("Presiune mică pentru Senzor 1")
    elif 350 < val <= 750:
        print("Presiune medie pentru Senzor 1")
    elif 750 < val <= 1000:
        print("Presiune mare pentru Senzor 1")

for val in vector2:
    if 0 <= val <= 350:
        print("Presiune mică pentru Senzor 2")
    elif 350 < val <= 750:
        print("Presiune medie pentru Senzor 2")
    elif 750 < val <= 1000:
        print("Presiune mare pentru Senzor 2")

for val in vector2:
    if 0 <= val <= 350:
        print("Presiune mică pentru Senzor 3")
    elif 350 < val <= 750:
        print("Presiune medie pentru Senzor 3")
    elif 750 < val <= 1000:
        print("Presiune mare pentru Senzor 3")
```



BIBLIOGRAFIE

[1] Blades S, Marriott H, Hundza S, Honert EC, Stellingwerff T, Klimstra M. Evaluation of Different Pressure-Based Foot Contact Event Detection Algorithms across Different Slopes and Speeds. *Sensors*. 2023; 23(5):2736. <https://doi.org/10.3390/s23052736>

[2] Lin Shu, Tao Hua, Yangyong Wang, Qiao Li, Feng, D. D., & Xiaoming Tao. (2010). In-Shoe Plantar Pressure Measurement and Analysis System Based on Fabric Pressure Sensing Array. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 14(3), 767-775.

[3] Huang, Y., Fan, X., Chen, S.-C., & Zhao, N. (2019). Emerging Technologies of Flexible Pressure Sensors: Materials, Modeling, Devices, and Manufacturing. *Advanced Functional Materials*, 1808509.

[4] Effect of painful Ledderhose disease on dynamic plantar foot pressure distribution during walking: a case-control studyPDF, Anneke de Haan, Juha M. Hijmans et al. *The Foot*, 56, 9 2023

[5] Footwear pressure distribution measurement- pedar| novel.de <https://novel.de/products/pedar/> Accessed: 2023-05-18

[6] Rana, N. K. (2009). Application of Force Sensing Resistor (FSR) in Design of Pressure Scanning System for Plantar Pressure Measurement. 2009 Second International Conference on Computer and Electrical Engineering.