

# Reproducerea automată a mișcării folosind tehnici de învățare profundă

**Student:**  
Cătălina Guță

**Coordonatori științifici:**

As. Univ. Drd. Ing. Ana-Antonia Neacșu  
Prof. Univ. Dr. Ing. Corneliu Burileanu

Universitatea POLITEHNICA din București  
Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației

Iulie 2023



# Cuprins

- 1 Introducere
- 2 Sistemul de achiziție
- 3 Baza de date
- 4 Preprocesarea datelor
- 5 Perceptronul multinivel
- 6 Rezultate experimentale
- 7 Concluzii

# Introducere

# Introdurre

## Motivație și aplicabilitate

Documentarea motricității membrelor inferioare este importantă pentru monitorizarea evoluției în situația în care subiectul urmează un tratament sau un antrenament sportiv.

## Objective

- 1 Implementarea unui sistem de achiziție pentru semnale staționare
- 2 Crearea bazei de date
- 3 Preprocesarea datelor
- 4 Dezvoltarea unui model de clasificare

## Sistemul de achiziție

# Performanța și cerințele îndeplinite de sistemului de achiziție

## Caracteristici

- Frecvență de eșantionare de 640Hz
- Comunicație fără intermediul firelor
- Viteza de transmisie a datelor în concordanță cu frecvența de eșantionare
- Consum mic de energie



Figura 1: Schema bloc

# Senzorul de mișcare - accelerometrul ADXL345

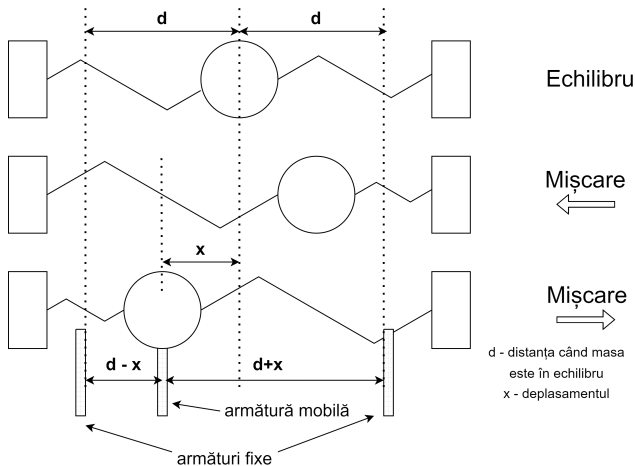


Figura 2: Principiul de funcționare a accelerometrului capacitiv

## Baza de date



## Baza de date - caracteristici principale

### Caracteristici principale

- Numărul subiecților este 22
- Se regăsesc persoane atât de gen feminin cât și de gen masculin
- Vârsta medie a subiecților este de 25 de ani
- Este formată din 7 clase



Figura 3: Poziționarea dispozitivului

# Baza de date - clasa 0 și clasa 1

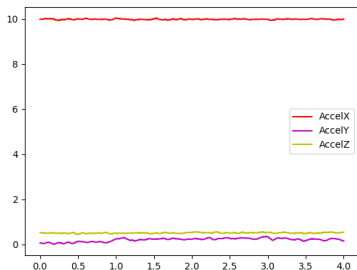


Figura 4: Clasa 0 - stat

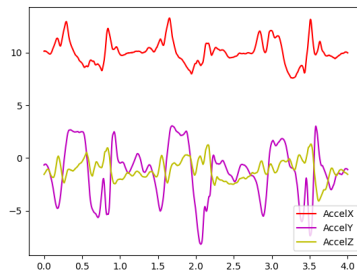


Figura 5: Clasa 1 - mers

## Baza de date - clasa 2 și clasa 3

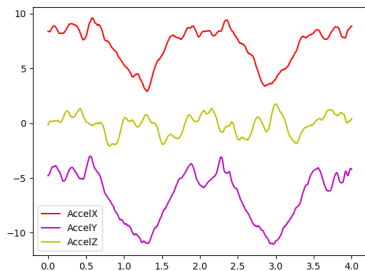


Figura 6: Clasa 2 - genuflexiuni

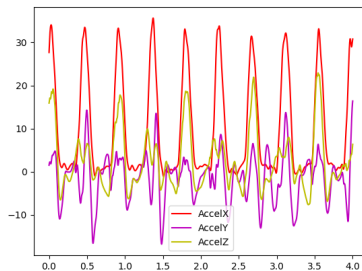


Figura 7: Clasa 3 - jumping jacks

## Baza de date - clasa 4 și clasa 5

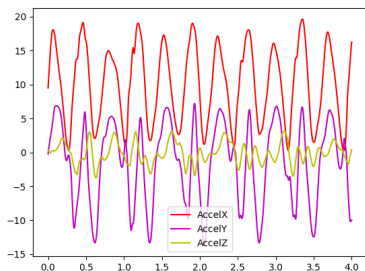


Figura 8: Clasa 4 - alergare pe loc

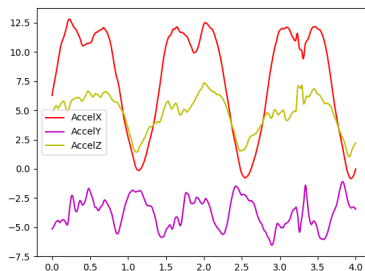


Figura 9: Clasa 5 - ridicarea piciorului în plan frontal

## Baza de date - clasa 6

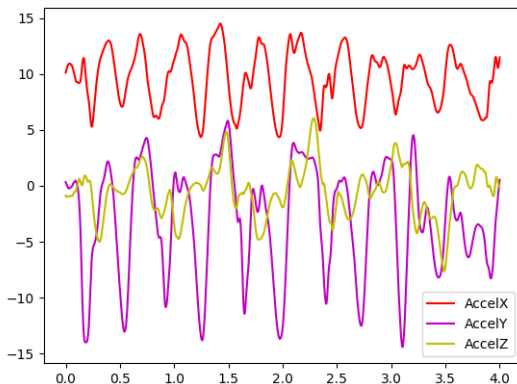


Figura 10: Clasa 6 - dans liber (mișcare în mod aleator)

## Preprocesarea datelor

## Preprocesarea datelor - structura

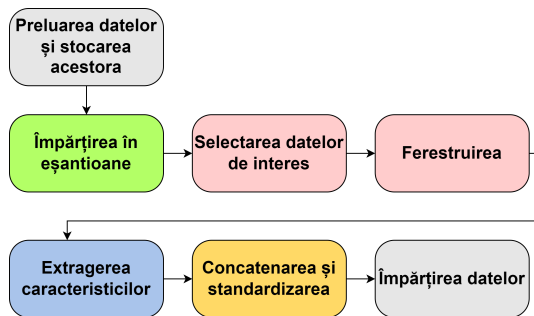


Figura 11: Structura modulului de preprocesare a datelor

# Împărțirea în eșantioane

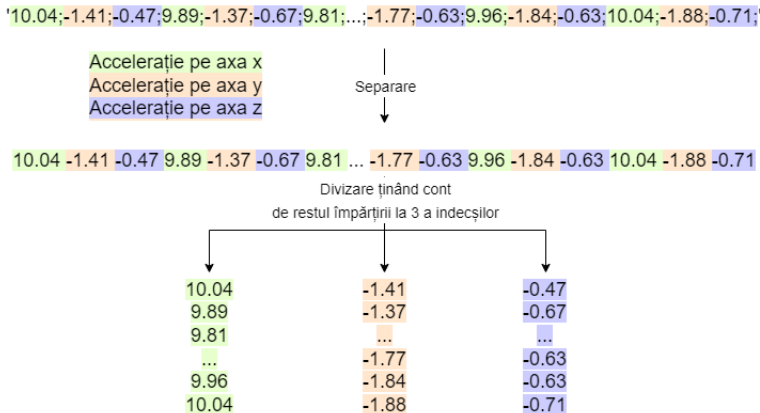


Figura 12: Împărțirea datelor



# Selectarea datelor de interes și ferestruirea

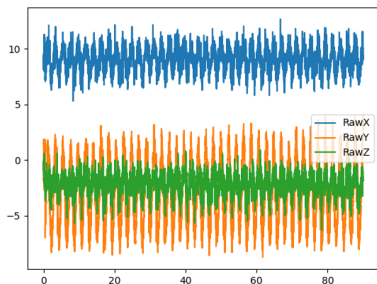


Figura 13: Clasa 2 - genuflexiuni  
IDsubject - 17

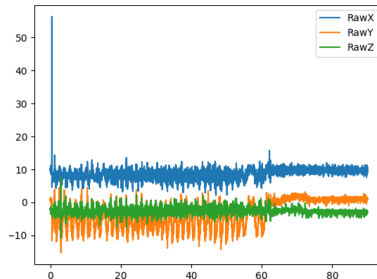


Figura 14: Clasa 2 - genuflexiuni  
IDsubject - 11

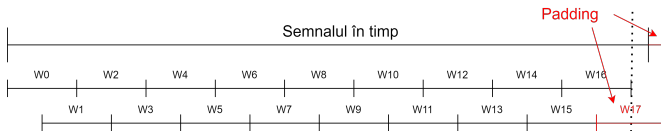


Figura 15: Ferestruire și padding

## Extragerea caracteristicilor

### Caracteristici

- Media absolută
- Rata de trecere prin zero
- Skewness
- Lungimea semnalului
- Deviația standard

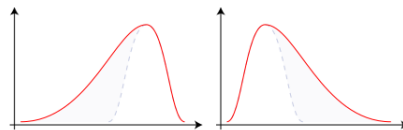


Figura 16: Skewness negativ și pozitiv

# Concatenarea și standardizarea

## Formulă standardizare

$$x'_i = \frac{x_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (1)$$

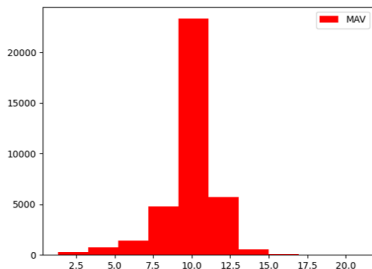


Figura 17: Histograma mediei absolute valori brute

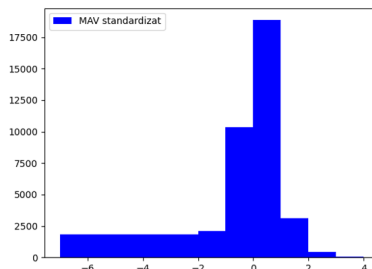


Figura 18: Histograma mediei absolute valori standardizate

# Împărțirea datelor

## Procentaje urmărite

- Lotul de antrenare 70%
- Lotul de validare 20%
- Lotul de testare 10%



Figura 19: Intrauser

	IDsubject 01	
	IDsubject 02	
	IDsubject 03	



	IDsubject 15	
	IDsubject 16	
	IDsubject 17	
	IDsubject 18	
	IDsubject 19	
	IDsubject 20	
	IDsubject 21	
	IDsubject 22	

Figura 20: User

## Perceptronul multinivel

# Structura rețelei neurale

## Caracteristici principale

- Supervizată
- Fără reacție (*feedforward*)
- Complet conectată

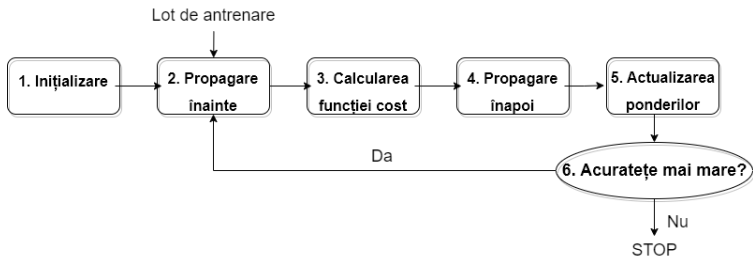


Figura 21: Algoritmul învățării supervizate

# Optimizarea rețelei neurale

## Hiperparametrii optimizați

- Numărul de straturi intermediare

2, 3, 4, 5

- Numărul de neuroni de pe fiecare strat intermediar

8, 16, 32, 64

- Funcțiile de activare ale neuronilor de pe straturile intermediare

Liniară, ReLu, SELU, Sigmoid, Tangentă hiperbolică

# Algoritmul de antrenare

## Algoritmul urmat pentru cele 6800 de modele posibile

- 1 Toate modelele sunt antrenate o singură epocă. Pentru fiecare se calculează acuratețea pe cele 3 loturi: antrenare, validare și testare.
- 2 Sunt selectate 5 modele, criteriul folosit fiind acuratețea cea mai bună obținută pe setul de validare.
- 3 Modelele selectate sunt antrenate 100 de epoci. Cel care dă acuratețea cea mai mare pe lotul de testare este considerat cel mai bun perceptron multinivel.



## Rezultate experimentale

## Cel mai bun model - intrauser

Cel mai bun model pentru împărțirea datelor în modul *intrauser* are 4 straturi intermediare cu 64, 64, 16, 32 de neuroni pe fiecare. Funcția de activare folosită este *ReLU*, iar acuratețea pe lotul de testare este **89.55%**.

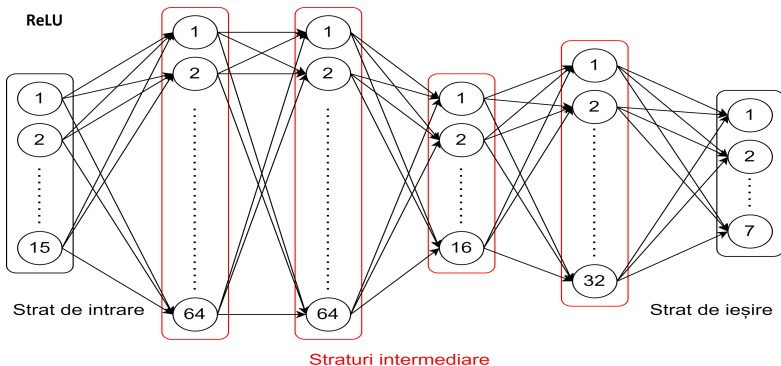


Figura 22: Arhitectura celui mai bun model - intrauser

## Matrice de confuzie - intrauser

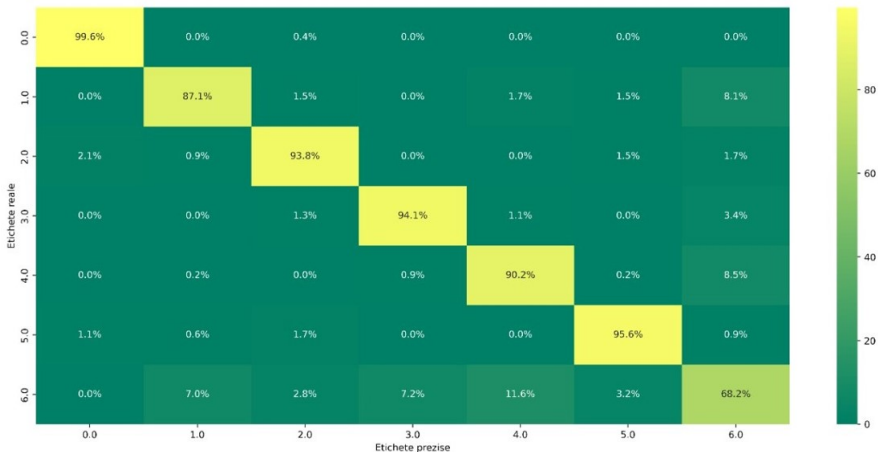


Figura 23: Matricea de confuzie a celui mai bun model - intrauser

## Cel mai bun model - user

Cel mai bun model pentru împărțirea datelor în modul *user* are 5 straturi intermediare cu 64, 32, 64, 32, 64 de neuroni pe fiecare. Funcția de activare folosită este *ReLU*, iar acuratețea pe lotul de testare este **79.45%**.

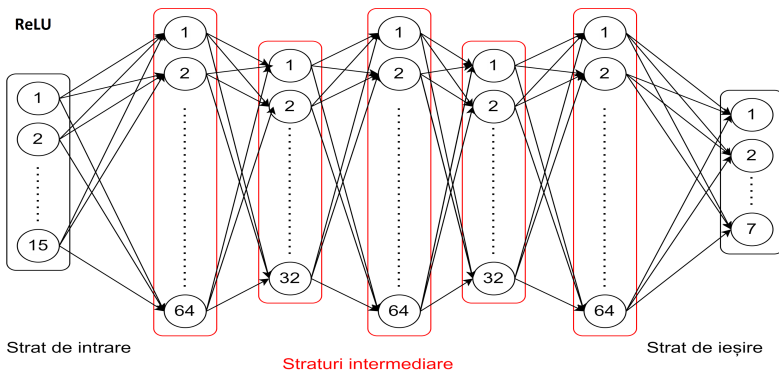


Figura 24: Arhitectura celui mai bun model - user

## Matrice de confuzie - user

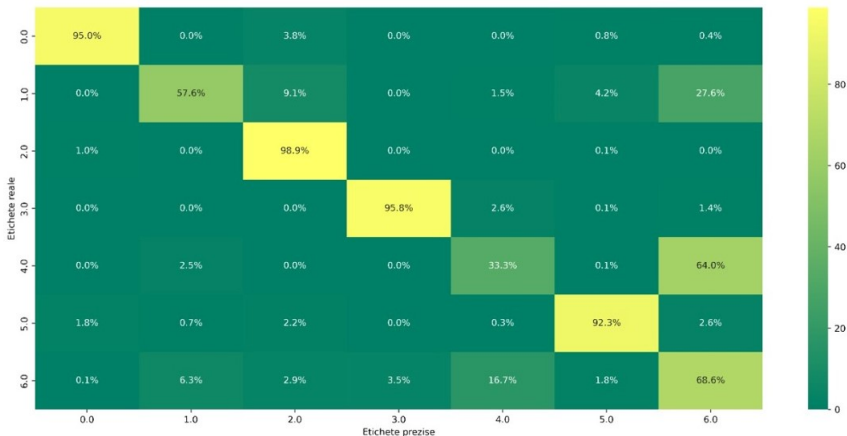


Figura 25: Matricea de confuzie a celui mai bun model - user

## Concluzii

# Interpretarea rezultatelor

## Observații privind rezultatele

- Nu toate arhitecturile sunt antrenate 100 de epoci
- Cele mai bune modele folosesc funcția de activare ReLU sau SELU
- Acuratețea în modul intrauser este mai mare decât în modul user

## Posibile dezvoltări ulterioare

- Folosirea mai multor senzori de mișcare și extragerea mai multor caracteristici
- Extinderea bazei de date
- Încercarea unor modele de învățare nesupervizate

## Alte perspective

### Ce puteam face altfel?

- Am făcut cele mai bune compromisuri între volumul de date și resursele disponibile?
- Persoanele din baza de date, dar și clasele care o formează sunt reprezentative?
- Se obținea o acuratețe mai mare dacă datele erau trecute și printr-un pas de mediere?



Figura 26: Alte perspective



# Bibliografie



Victor Emil Victomil NEAGOE

Recunoașterea formelor și inteligență artificială - suport de curs

2022



Neacsu, Ana Antonia and Cioroiu, George and Radoi, Anamaria and Burileanu, Corneliu

Automatic EMG-based Hand Gesture Recognition System using Time-Domain Descriptors and Fully-Connected Neural Networks

2019 42nd International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)



Ovidiu GRIGORE

Tehnici de optimizare - suport de curs

2022

# Mulțumiri

## Persoanele cărora le sunt recunoscătoare

- |            |                |             |
|------------|----------------|-------------|
| ■ Georgi   | ■ Dragoș       | ■ Lavi      |
| ■ George   | ■ Adelina      | ■ Maria V.  |
| ■ Teo Ș.   | ■ Clara        | ■ Tibi      |
| ■ Mădălin  | ■ Cristi G.    | ■ Paula     |
| ■ Alina    | ■ Vlad M.      | ■ Clau      |
| ■ Claudiu  | ■ Dobre        | ■ Cosmin    |
| ■ Tata     | ■ Sever        | ■ Florin    |
| ■ Bianca   | ■ Mihai S.     | ■ Catrinel  |
| ■ Familiei | ■ Profesorilor | ■ Cristi N. |
|            |                | ■ Colegilor |

# Vă mulțumesc pentru atenție!

---