

**Universitatea Tehnică a Moldovei**



**VERIFICAREA SEMNĂTURII UTILIZÂND  
REȚELE NEURONALE  
SIGNATURE VERIFICATION USING NEURAL  
NETWORKS**

**Masterand:**

**Viorel Budeci**

**Conducător:**

**conferențiar universitar, dr. Victor Beșliu**

**Chișinău-2019**

Ministerul Educației, Culturii și Cercetării al Republicii Moldova

Universitatea Tehnică a Moldovei

Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică

Departamentul Ingineria Software și Automatică

Admis la susținere

Șef departament: conf. univ., dr. Ciorbă Dumitru

*C. Ciorbă*

„17 decembrie” 2018

# VERIFICAREA SEMNĂTURII UTILIZÂND REȚELE NEURONALE

Teză de master în  
Tehnologii Informaționale

Masterand: Viorel Budeci (*Viorel Budeci*)

Conducător: Victor Beșliu (*Victor Beșliu*)

Chișinău – 2019

## ADNOTARE

la teza de master cu tema

### VERIFICAREA SEMNĂTURII UTILIZÂND REȚELE NEURONALE, Chișinău, 2019

Teza cu tema „Verificarea semnăturii utilizând rețele neuronale” este constituită din introducere, trei capitole, concluzii și bibliografie, conține 51 titluri, 7 anexe, 70 pagini de text de bază, 34 figuri, 6 tabele.

Rezultatele obținute au fost publicate în doar în această lucrare științifică, nefiind publicată în alte surse.

Cuvinte-cheie: rețelele neuronale artificiale, rețeaua neuronală biologică, neuron, dendrite, soma, axon, sinapsă, nod, pondere, conexiuni, biologic, antrenament, perceptron, recunoaștere, propagare inversă, semnătură, set de date.

Domeniul de studiu și obiectivele tezei propuse constituie: analiza unui sistem informațional bazat pe inteligență artificială; aplicarea cunoștințelor teoretice în practică și realizarea unui sistem inteligent; studierea algoritmilor de învățare continuă pentru un set de date; studiere părților slabe ale unei rețele neuronale și rezultatele eronate.

Noutatea și originalitatea științifică a lucrării constă în crearea noilor tehnologii care se bazează pe inteligență artificială. În teză se propune o cercetare aprofundată asupra rețelelor neuronale, după care, aplicarea lor în practică, pentru a studia beneficiile care se pot obține de la un asemenea sistem și domeniile în care poate fi utilizat.

Semnificația și valoarea aplicativă a tezei constă în crearea unui sistem inteligent, în care să nu fie necesară intervenirea ființei umane. Cu astfel de sisteme se poate atrage foarte mulți clienți la noi în țară, deoarece tema are o scară largă de dezvoltare în orice domeniu. Pe lângă aceasta, conținutul lucrării poate servi la crearea unei părți dintr-un sistem foarte sofisticat.

## ANNOTATION

to the master thesis with the theme

VERIFICATION OF SIGNATURE USING NEURONAL NETWORKS, Chisinau, 2019

The thesis with theme "Verification of Signature Using Neural Networks" consists of introduction, three chapters, conclusions and bibliography, contains 51 titles, 7 annexes, 70 pages of basic text, 34 figures, 6 tables.

The results obtained have only been published in this scientific thesis and have not been published in other sources.

Key words: artificial neural networks, biological neural networks, neuron, dendrite, soma, axon, synapse, node, ponder, connections, biological, training, perceptron, recognition, reverse propagation, signature, data set.

The field of study and the objectives proposed: analysis of an information system based on artificial intelligence; apply theoretical knowledge in practice and the development of a smart system; studying continuous learning algorithms for a set of data; studying weak parts of a neural network and erroneous results.

The scientific novelty and originality of the work consists in creating new technologies based on artificial intelligence. The study proposes an in depth research on neural networks and how to apply in practice, study the benefits that can be gained from such a system and the areas in which it can be used.

The meaning and applicative value of a thesis is to create an intelligent system in which it is not necessary to interfere with the human being. Such systems can attract many customers to us in the country because the theme is in large scale development in any domain. Besides, the content of the thesis can serve to create a child component for a very sophisticated system.

# Cuprins

INTRODUCERE .....	9
1 REȚELE NEURONALE ȘI DOMENII DE APLICARE.....	11
1.1 Noțiuni fundamentale.....	11
1.1.1 Topologiile unei rețele neuronale .....	15
1.1.2 Aria de aplicare .....	16
1.1.3 Paradigme de învățare.....	17
1.1.4 Tipuri de algoritmi. Supravegheați. ....	18
1.1.5 Tipuri de algoritmi. Nesupravegheați. ....	19
1.2 Platforma web .....	21
1.3 Cerințe față de sistem.....	22
1.4 Definirea sistemului .....	23
1.5 Definirea problemei .....	24
1.6 Sisteme similare .....	24
2 MODELAREA ȘI PROIECTAREA SISTEMULUI INFORMATIC .....	26
2.1 Descrierea sistemului .....	26
2.1.1 Sarcini în cadrul verificării semnăturii.....	27
2.1.2 Selecția elementelor .....	28
2.1.3 Modele concurente .....	28
2.2 Metode de implementare.....	28
2.2.1 Rețele neuronale convoluționale.....	29
2.2.2 Arhitectura VGG.....	31
2.2.3 Antrenarea rețelei neuronale .....	31
2.2.4 Transferul de învățare .....	31
2.2.5 Compararea rețelelor.....	32
2.3 Seturi de date și caracteristici.....	32

2.3.1	Seturi de date.....	32
2.4	Evaluarea sistemului .....	32
2.4.1	Evaluarea metricilor .....	32
2.4.2	Sarcina de bază.....	33
2.4.3	Parametrii maximali .....	34
2.4.4	Activități de comparare.....	35
2.5	Proiectarea sistemului .....	36
2.5.1	Cazurile de utilizare .....	36
2.5.2	Secvențe aplicației.....	37
2.5.3	Activitățile aplicației .....	38
2.6	Modelarea sistemului .....	40
2.6.1	Clasele aplicație .....	40
3	REALIZAREA SISTEMULUI.....	41
3.1	Instrumente.....	41
3.2	Arhitectura sistemului .....	42
3.3	Descrierea aplicației .....	43
3.4	Citirea datelor din baza de date.....	44
3.5	Prelucrarea datelor .....	44
3.5.1	Prelucrarea datelor cu ajutorul algoritmului Perceptron .....	44
3.5.2	Prelucrarea datelor cu ajutorul bibliotecii TensorFlow.....	45
3.5.3	Prelucrarea datelor cu ajutorul instrumentul Custom Vision.....	53
3.6	Afișarea datelor .....	56
	CONCLUZII.....	58
	BIBLIOGRAFIA .....	59
	Anexa A. Listingul programului.....	60