**UNIVERSITATEA BABEŞ-BOLYAI**

**Facultatea de Ştiinţe Economice şi Gestiunea Afacerilor**

**Informatică Economică licență, învățământ la distanță**

**Lucrare de licenţă**

Absolvent,

Liviu Flavius **BRÎNZĂ**

Coordonator ştiinţific,

Conf. univ. dr. Monica **CIACA**

**2019**

**UNIVERSITATEA BABEŞ-BOLYAI**

**Facultatea de Ştiinţe Economice şi Gestiunea Afacerilor**

**Informatică Economică licență, învățământ la distanță**

**Lucrare de licenţă**

Automatizarea casei cu echipamente interconectate prin Z-Wave, folosind Inteligență Artificială pentru interfațare

Absolvent,

Liviu Flavius **BRÎNZĂ**

Coordonator ştiinţific,

Conf. univ. dr. Monica **CIACA**

**2019**

**Rezumat**

Prezenta lucrare reprezintă soluția propusă pentru realizarea unui sistem de casă inteligentă offline, implementat pe echipamente simple și accesibile publicului larg, capabil să interacționeze cu utilizatorii utilizând limbajul natural ca date de intrare, interpretarea acestora folosind o rețea neuronală pentru clasificarea comenzilor și executarea lor cu ajutorul unor componente capabile să comunice prin protocolul Z-Wave. Totodată, se observă avantajele și limitările rețelelor neuronale de tip “feed forward”, precum și starea curentă de maturitate a modulelor integrabile de control Z-Wave. La nivel de interfață s-a folosit mediul de programare vizuală Node-RED și interconectarea dintre nivelul de prezentare (Front End) și cel de logică (Back End) s-a realizat folosind protocolul standard MQTT, ambele menite să faciliteze integrarea echipamentelor fizice.

**Cuprins <TO BE ADDED>**

(rând liber, 12pt, spaţiere 1,5, fără spaţii înainte şi după paragraf)

[Lista tabelelor şi figurilor <TO BE ADDED> v](#_Toc535271077)

[Introducere 1](#_Toc535271078)

[1. Internetul lucrurilor și automatizare 3](#_Toc535271079)

[1.1. Casă inteligentă 3](#_Toc535271080)

[1.2. Protocolul Z-Wave 4](#_Toc535271081)

[1.3. Node-RED 8](#_Toc535271082)

[1.4. Protocolul MQTT 9](#_Toc535271083)

[2. Inteligență Artificială 10](#_Toc535271084)

[1 12](#_Toc535271085)

[2 12](#_Toc535271086)

[2.1 Rețea neuronală pentru clasificare 12](#_Toc535271087)

[Perceptronul 13](#_Toc535271088)

[Antrenarea rețelei 18](#_Toc535271089)

[Backpropagation 20](#_Toc535271090)

[2.2 Procesarea limbajului natural 21](#_Toc535271091)

[Codarea „one hot” 22](#_Toc535271092)

[Identificarea formei de bază și a rădăcinii cuvintelor 23](#_Toc535271093)

[2.3 Inteligență artificială în automatizare de case folosind NLP 24](#_Toc535271094)

[3. A.L.I.C.E. (Automation of locally integrated control equipment) 24](#_Toc535271095)

[3 24](#_Toc535271096)

[3.1 Arhitectura componentelor hardware 24](#_Toc535271097)

[3.2 Arhitectura componentelor software 24](#_Toc535271098)

[3.3 Interfața 25](#_Toc535271099)

[3.4 Prelucrarea comenzilor 25](#_Toc535271100)

[3.5 Librăria Tensorflow pentru rețele neuronale 25](#_Toc535271101)

[3.6 Pachetul python-openzwave 25](#_Toc535271102)

[4. Limitări și posibile îmbunătățiri viitoare 25](#_Toc535271103)

[*1.1.1 Titlu subcapitol* 25](#_Toc535271104)

[*1.1.2 Titlu subcapitol* 26](#_Toc535271105)

[5. Concluzii 32](#_Toc535271106)

[6. Bibliografie 33](#_Toc535271107)

[7. Anexe 34](#_Toc535271108)

**Observaţii:**

*Formatarea textului cuprinsului:* TNR, 11p, spaţiere normală la 1 rând (single). Se recomandă generarea automată a cuprinsului utilizând opțiunea *Insert Table of Contents*, după ce în prealabil titlurile secțiunilor/capitolelor și subcapitolelor din conținutul lucrării au fost setate în mod corespunzător *(Heading 1, Heading 2 etc.)* folosing opțiunea *Styles*. Pentru a vă asigura că cerințele de formatare (a cuprinsului, respectiv a titlurilor secțiunilor/capitolelor și subcapitolelor din conținutul lucrării) sunt respectate, utilizați opțiunea *Modify* disponibilă atât în cazul *Table of Contents*, cât și în cazul *Styles*. Nu uitaţi să actualizați cuprinsul (folosing opțiunea *Update field*) pentru ca acesta să suprindă modificările rezultate în urma verificărilor conducătorului ştiinţific.

Abrevieri <TO BE ADDED>

(rând liber, 12pt, spaţiere 1,5, fără spaţii înainte şi după paragraf)

*D*, valoarea de piaţă a datoriei

*E*, valoarea de piaţă a capitalurilor proprii

*FCFF*, free cash flow to firm

*EPS*, profit net pe acţiune

*ln*, logaritm natural

*g*, rată de creştere

*σ*, abaterea medie pătratică

*βU*, beta asociat unei firme neîndatorate

**Observaţii:**

Completaţi numai dacă folosiţi un număr mare de prescurtări şi abrevieri proprii. Altfel, ştergeţi pagina. Declararea abrevierilor nu se impune pentru abrevieri standard precum: UE, SUA, PIB, BNR, FMI, ASF etc. Unele convenţii recomandă suprimarea punctelor pentru abrevieri standard: UE în loc de U.E. sau BNR în loc de B.N.R. Rămâne la latitudinea autorului. Dacă se folosesc abrevieri puţine, ele pot fi introduse odată cu prima menţionare, direct în text, în introducere sau la începutul capitolelor, secţiunilor. De exemplu: „Un concept important este dobânda anuală efectivă (DAE) deoarece ...” sau „Costul capitalului propriu (*kCPR*) indică ...”. Nu este cazul formalizării excesive de tip „ dobânda anuală efectivă (de aici/acum încolo, DAE)”.

# Lista tabelelor şi figurilor <TO BE ADDED>

(rând liber, 12pt, spaţiere 1,5, fără spaţii înainte şi după paragraf)

**Tabele:**

[1. Titlul concis și relevant al tabelului 5](#_Toc512258698)

**Figuri:**

[1. Titlul concis și relevant al figurii 7](#_Toc512258664)

**Observaţii:**

Completaţi numai dacă lucrarea cuprinde un număr semnificativ (minimum 10) de tabele/figuri. *Formatarea titlurilor tabelelor și figurilor din liste:* TNR, 11p, spaţiere normală la 1 rând (single). Deşi posibilă, nu este recomandată o diferenţiere între *figuri* (scheme, diagrame, mecanisme, imagini) şi *grafice* (dinamica unor variabile cantitative). Astfel, „figura” acoperă şi graficele. De asemenea, nu sunt necesare descrieri de tip „Tabelul nr. 1: Sistemul bancar...” puse imediat sub titlul „Tabele”, simpla numerotare 1, 2, fiind suficientă. Se recomandă generarea automată a listelor tabelelor și figurilor, utilizând opțiunea *Insert Table of Figures*, separat pentru tabele, respectiv figuri, după ce în prealabil tabelele/figurile din conținutul lucrării au fost numerotate în mod corespunzător (tabelele separat de figuri), utilizând opțiunea *Insert Caption*. Pentru a vă asigura că cerințele de formatare a listelor tabelelor/figurilor sunt respectate, utilizați opțiunea *Modify* disponibilă în cazul *Table of Figures*. Nu uitaţi să actualizați listele (folosing opțiunea *Update field*) pentru ca acestea să suprindă modificările rezultate în urma verificărilor conducătorului ştiinţific.

# Introducere

Automatizarea de case inteligente și Inteligență Artificială reprezintă două noțiuni care au cunoscut un avânt remarcabil în industria IT din ultimii ani, tot mai mulți producători lansând pe piață propriile soluții pentru îmbinarea lor, reorientându-și clientela țiintă de la firme de producție, către persoane fizice. Ele oferă posibilitatea integrării unui număr mare de echipamente inteligente într-o manieră agnostică de producător, precum și imbunătățiri continue prin actualizări recurente de software. Totuși, majoritatea soluțiilor cunoscute au două dezavantaje semnificative pentru utilizatorul de rând: prețul unui sistem complet, precum și necesitatea accesului continuu la internet; mai concret, la serverele producătorului, unde se realizează majoritatea procesărilor.

Proiectul descris reprezintă rezultatul încercării de a evita dezavantajele menționate mai sus, prin crearea unei soluții complet offline, izolat la un singur echipament de control și la un număr de echipamente controlate, toate accesibile ca preț pentru potențiali cumpărători, care totodată oferă destule funcționalități pentru a fi utilizate într-un mediu inteligent. Tehnologiile utilizate sunt, de asemenea, disponibile publicului, astfel încât modificările sau extinderile ulterioare sunt și ele, posibile, fără un efort semnificativ.

Deoarece utilizabilitatea a fost unul dintre cele mai importante aspecte în dezvoltarea aplicației, am optat pentru utilizarea și interpretarea limnajului natural ca mijloc de interacțiune, în defavoarea comenzilor specifice de control de forma butanelor, sliderelor, sau a pictogramelor interactive, tipice pentru astfel de soluții de automatizare. Dat fiind faptul că formarea propozițiilor poate varia semnificativ de la un utilizator la altul, hardcodarea tuturor comenzilor specifice ar fi fost o limitare nedorită a soluției propuse, tocmai din acest motiv am optat pentru utilizarea unei rețele neuronale de clasificare, antrenat specific pe posibile comenzi dedicate interacțiunii cu proiectul, facilitând interpretretarea cu succes a comenzilor similare semantic, dar care diferă sintactic.

Interacțiunea cu echipamentele dedicate (în cazul de față, un bec și un termostat) s-a realizat folosind protocolul de comunicare Z-Wave, acesta asigurând prin natura sa interoperabilitate între echipamente și unitatea de control, toate de la diferiți producători,chiar și la distanțe mari. Totodată, se asigură și menținerea rețelei tip plasă creată între nodurile sale, chiar și în cazul în care vreunul devine indisponibil, sau inoperabil, din diferite motive.

Structura lucrării va include în Capitolul 1 concepte generale și noțiuni necesare înțelegerii diferitelor tehnologii utilizate legate de Internetul Lucrurilor (IoT), Capitolul 2 va introduce noțiunile de Inteligență Artificială folosite, fragmentând subcapitolele astfel încât să urmeze traseul de transmitere a informațiilor de la input la output, Capitolul 3 va reflecta aplicarea și implementarea noțiunilor și tehnologiilor menționate în capitolele precedente pentru realizarea propriu zisă al proiectului, iar Capitolul 4 va analiza limitările curente observate de-a lungul procesului de implementarea, oferind posibile soluții de îmbunătățire.

**Observaţii:**

Este recomandat să includă şi partea de motivare a alegerii temei, importanţa şi utilitatea acesteia, scurte observaţii asupra abordării/metodologiei alese, structura pe capitole. Fiind autor unic, studentul se poate exprima pe parcursul întregii lucrări la persoana întâi singular (mi-am propus, consider că); nu e nimic egocentric/arogant şi se practică la nivel internaţional. Totuşi, unele persoane se simt mai confortabil în spatele pluralului (ne-am propus, considerăm că).

*Formatare generală (introducere, capitole, concluzii):* Spaţiere între rânduri de 1,5; 0 puncte înainte de paragraf şi 0 puncte după paragraf. Primul paragraf din fiecare capitol/subcapitol începe de la margine, fără indentare. Următoarele paragrafe au o indentare pentru prima linie de 1 cm (fără indentare left/right, fără hanging). Formatul paginii: A4 (nu letter), margini „Normal”: 2,54 cm sus, jos, stânga, dreapta. Formatarea textului şi paragrafelor se menţine pe parcursul lucrării. Obligatoriu, se folosesc diacriticile (ă, â, î, ş, ţ). Convenţii de editare: fără spaţiu(ii) înainte de virgulă (,) două puncte (:), punct şi virgulă (;), (?), (!).

Corect: „ ... analiză tehnică, economică, financiara;”.

Incorect: „ ... analiză tehnică ,economică , financiara ;”.

# Internetul lucrurilor și automatizare

În cadrul acestui capitol, voi aborda principalele concepte și tehnologii de IoT și care stau la baza proiectului descris, într-un context generalizat.

Internet of Things (IoT) și Industrial Internet of Things (IIoT) sunt două noțiuni care au cunoscut un avânt remarcabil în industria IT din ultimii ani. Majoritatea companiilor se orientează spre crearea propriilor soluții din acest domeniu, sau adaptarea unora deja existente la propriile culturi și politici, în scopuri comerciale. IoT presupune crearea unor rețele interconectate de dispozitive, servicii și sisteme automate sau automatizabile, accesibile și controlabile prin internet. În domeniu industrial, aceasta se transpune în posibilitatea supravegherii, controlului și prezicerii de activităților economice, oferind un timp de reacție mult mai prompt în fața unor situații nou apărute. Aceste beneficii, la rândul lor, se traduc în cheltuieli mai mici și câștiguri mai mari. În domeniul casnic, interconectivitatea dispozitivelor electrice și controlul acestora permite utilizatorului să monitorizeze și să fie notificat în timp util de orice eveniment petrecut la nivelul spațiului automatizat, eficientizând, astfel, costurile de trai un grad de confort sporit. În ambele cazuri de implementare, avantajele IoT-ului sunt clar definite: oferă posibilitatea monitorizării și controlării mediului.

Subramura acestui domeniu cel mai des exploatat de persoanele fizice o constituie automatizarea caselor.

## Casă inteligentă

Noțiunea de casă inteligentă exista deja în anii 1980, când implementarea lor semăna mai mult cu o mașinărie Rude Goldberg. Chiar dacă acest concept nu mai reprezintă o noutate în ultimii ani, este totuși unul destul de puțin cunoscut pentru cei mai mulți dintre locuitori și cu atât mai puțin pus în practică. Principalele argumente împotriva implementării unor astfel de soluții o reprezintă cele de natură financiară, în contextul în care realizarea acestor sisteme implică achiziționarea unui număr semnificativ de echipamente specializate, precum și viabilitatea soluțiilor care, până nu demult, întâmpinau dificultăți în funcționalitate, accesibilitate și securitate. În ultimii ani, însă, odată cu focalizarea atenției producătorilor pe această arie și creșterea concurenței pe piață, prețurile de achiziționarea componentelor au scăzut la un nivel acceptabil, iar utilizabilitatea lor a crescut semnificativ, aceste schimbări explicând creșterea atenției acordate de consumatori, pentru astfel de produse.

Realizarea unui astfel de proiect înseamnă echiparea locuinței cu diferiți senzori, monitorizarea acestora și controlarea unor aparate fie manual, fie printr-un sistem automatizat, astfel încât condițiile monitorizate să se încadreze permanent în parametrii prestabiliți, sau pentru a iniția unele rutine dorite.

Cele mai des automatizate aspecte se referă la: temperatură, luminozitate, supraveghere și acționarea unor aparate electrice pentru controlarea ușilor, sistemelor audio – video, aparatelor casnice, etc.

Cea mai des întâlnită soluție o reprezintă montarea unor senzori și / sau relee pentru controlarea echipamentelor electrice și conectarea acestora la o rețea pentru a putea fi monitorizate și accesate de către un sistem central (de obicei, un computer). Pentru realizarea unor astfel de rețele există diferite soluții la ora actuală, fiecare având avantaje și dezavantaje. Interconectarea echipamentelor se poate realiza prin mai multe tehnologii: conectivitatea prin cablu, infraroșu, bluetooth, GSM, rețea wireless simplă, sau prin protocoale radio dedicate: NFC, Zigbee, LoRa, Z-Wave.

## Protocolul Z-Wave

Reprezintă una dintre cele mai avantajoase protocoale de comunicare dedicată IoT-ului în general, dar axat mai ales pe echipamente pentru automatizare de case.

Introdus în anul 2001 de către firma daneză Zensys, acesta era destinat utilizării în sisteme de auntomatizări de case, însă era necunoscut publicului până în 2005, când s-a format consorțiul “Z-Wave Alliance”, scopul acestuia fiind de a injecta protocolul Z-Wave pe piață, prin crearea unui cadru unanim de utilizare și implementare în cât mai multe echipamente hardware. Această inițiativă și-a atins scopul, numărul echipamentelor echipate cu protocolul Z-wave crescând de la 6 în 2005, la peste 2.400 în Aprilie 2018.

În anul 2013 s-a introdus chipul dedicate seria 500, numit și Z-Wave Plus, care oferă o creștere semnificativă în capacitatea internă a memoriei, a distanței de comunicare wireless și a utilizării bateriei, acestă formă de protocol îmbunătățită fiind compatibil și cu cel Z-Wave standard, permițând interoperabilitatea lor în aceași rețea.

Caracteristici tehnice:

* Topologia rețelei de tip plasă:

Spre deosebire de comunicarea tip wireless clasică, în care două componente trebuie să fie în aceași arie de acoperire pentru realizarea unei comunicări, Z-Wave crează o rețea de tip plasă între toate echipamentele compatibile, în scopul extinderii ariei de acoperire și oferă posibilitatea transmiterii informației printre toate componentele conectate, până ce aceasta ajunge la destinație (information bouncing). Totadă, are capacitatea de a monitoriza buna funcționalitate a componentelor din rețea și în cazul unei defecțiuni, își poate reconfigura structura rețelei pentru a genera noi trasee de comunicare.



În figura XXX se observă configurația unei rețele de tip plasă, în care nodul de control, deși este situat în afara ariei de acoperire al uni nod din extremitatea rețelei, acestea pot totuși transmite informații datorită posibilității information bouncing-ului.

* Bandă de frecvență joasă:

Datorită frecvenței de operare între 800 – 900 MHz (aceasta variind în funcție de țară), Z-Wave permite o transmitere sigură și rapidă de pachete mici de date, cu rate de transfer de până la 100 kb/s. Din însăși natura comunicării dintre echipamente, nu este necesară transmiterea unui număr mare de pachete de date și nici mărimile acestore nu trebuie să fie foarte mari. Banda de frecvență joasă permite o distanță maximă de comunicare între noduri independente de până la 40 m, în cazul protocolului Z-Wave standard și până la 100 m, în cazul protocolului Z-Wave Plus.

* Identitatea unică a echipamentelor în cadrul unei rețele:

Fiecare rețea de Z-Wave se identifică unic printr-un ID propriu, generat la nivel de controller. Odată generat, acest identificator se propagă prin toate nodurile rețelei, permițând astfel izolarea echipamentelor print apartenența lor la aceași rețea.

Înainte de a putea fi utilizat, fiecare echipament trebuie inclus manual într-o rețea Z-Wave, cu ajutorul nodului de control. Acesta poate include sau exclude (pairing / unpairing) echipamente din rețeaua controlată, printr-o rutină specifică. În momentul includerii unui nou nod, controllerul îî trimite acestuia identificatorul rețelei în care se include, un identificator nou generat al nodului nou incluls, cât și informații adiționale de criptare a mesajelor transmise, dacă acesta au fost configurate în prealabil. Datoriă acestei metodologii de apartenență, este posibil ca în același perimetru să funcționeze un număr nelimitat de rețele independente, dără interferență, Nodurile unei rețele fiind incapabile de a intercepta sau a transmite ale informații dintr-o rețea alăturată.

* Interoperabilitate garantată

Protocolul Z-Wave se bazează pe clase de comandă unice, trimise între echipamente. Există trei grupe mari de comenzi cu care se operează: comenzi de bază, comenzi generice și comenzi specifice.

* + **Comenzi de bază**: acestea sunt definite la nivel de protocol Z-Wave și sunt universal valabile pentru toate tipurile de echipamente, indiferent de tipul lor, sau de producător.

Acestea definesc funcționalitățile de bază ale unui nod și rolul acestuia în interiorul rețelei.

* + **Comenzi generice**: definesc la nivel abstract, funționalitățile nodului. Acestea sunt necesare pentru a putea identifica tipul echipamentului (ex. de iluminat, de termoficat, de securitate, utilitară, sau de confort)
  + **Comenzi specifice**: sunt definite generic, dar interpretarea lor depinde strict de nodul care le utilizează (ex. Setare de valoare, interogare de câmp, etc.)

<POSIBILE POZE DE STRUCTURA>

Combinând cele 3 tipuri de comenzi, se realizează comunicarea în interiorul unei rețele, între toate nodurile sale, indeiferent de capacitățile sale, ori de producător.

<https://www.silabs.com/products/wireless/mesh-networking/z-wave/specification>

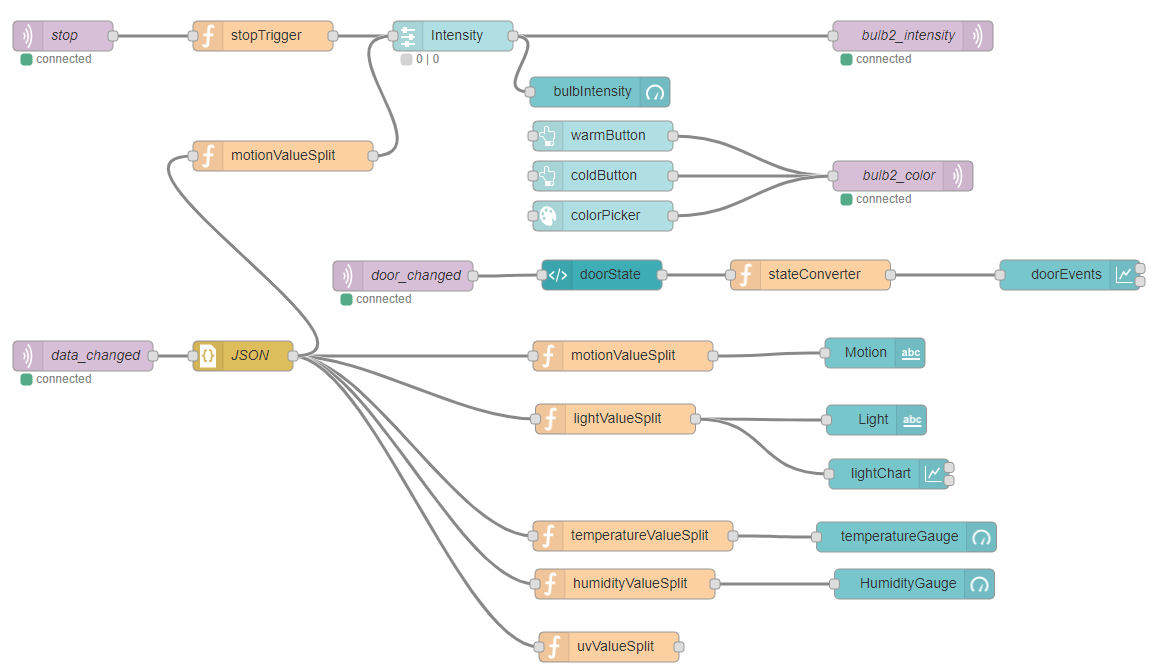
[https://wwwabs.com/documents/login/miscellaneous/SDS10242-Z-Wave-Device-Class-Specification.pdf](https://www.silabs.com/documents/login/miscellaneous/SDS10242-Z-Wave-Device-Class-Specification.pdf)

<https://www.silabs.com/documents/login/miscellaneous/SDS11847-Z-Wave-Plus-Device-Type-Specification.pdf>

<http://wiki.micasaverde.com/index.php/ZWave_Command_Classes>

## Node-RED

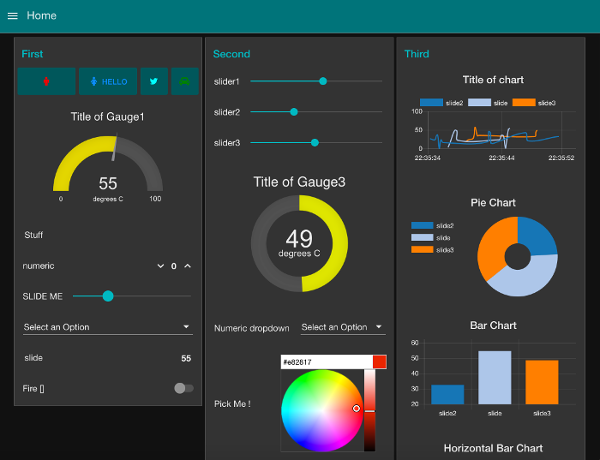
Este un mediu de programare vizuală, open source, dedicată integrării echipamentelor hardware în proiecte de IoT. Acesta permite utilizarea unui număr vast de protocoale de comunicare, API-uri și servicii online, cât și prelucrarea mai multor structuri de date. Permite dezvoltarea pe bază fluxurilor de date, descriind modul de operare și interconectarea diferitlor noduri de lucru, palete și elemente vizuale, printr-un editor accesibil direct din browserul web. Aplicațiile vizuale astfel create, pot fi deployate în serverul web proprietar Node-RED, ca serviciu, acestea fiind accesibile folosind adresa IP al echipamentului pe care acestea rulează.



Node-RED oferă o gamă largă de elemente (noduri) de lucru, variind de la tipuri generice (input de date prin diferite protocoale) până la unele specializate pe echipamente de lucru (acces la pini GPIO al unui Raspberry PI), dar totodată oferă posibilitatea dezvoltării propriilor noduri, folosind limbajul Node.js și extensiile sale pentru implementare.

Elementele vizuale disponibile sunt ușor configurabile și utilizabile, permițând dezvoltarea rapidă a unor interfețe de lucru, specifice nevoilor fiecărui proiect în parte. Acestea se adaptează automat mediului de prezentare, restructurându-se automat în funcție de rezoluția ecranului.

<nodered.org>



## Protocolul MQTT

<mqtt.org>

Message Queuing Telemetry Transport (abreviat MQTT) este un protocol simplu de transmiterea mesajelor pe principiul publicării / subscrierii dezvoltat pentru interconectarea dispozitivelor într-un mediu cu resurse limitate (lățime de bandă redusă, conectivitate sporadică), dezvoltat de IBM în colaborare cu Arcom, în anul 1990.

Într-un sistem MQTT, mai mulți clienți comunică cu un server, denumit și broker. Un client poate fi subscris pentru a primi anumite informații și poate, de asemenea, publica informații. Subscrierea și publicarea de infiormații se grupează pe ierarhie topicuri. În momentul în care un client publică un mesaj, acesta transmite numele topicului pe care dorește să transmită informația, cât și pachetul mesaj, către broker. Acesta, la rândul său, retransmite informația tuturor clienților care s-au subscris la topicul de transmisie.



Conexiunea la nivel de rețea se bazează pe protocolul TCP, controlul fluxului de date cât și securitatea la nivelul de transport fiind realizat de acesta. Singura măsură configurabilă de transmiterea datelor la nivelul MQTT se referă strict la Calitatea serviciului (QoS – Quality of Service). În acest context, conexiunea dintre client și broker se poate configura în 3 variante:

* Cel mult odată: în acest fel, mesajul se transmite fără așteptarea vreunei confirmări din partea partenerului de conversație, pe principiul “fire and forget”
* Cel puțin odată: transmiterea mesajul este reîncercată până se primește o confirmare din partea partenerului de conversație, pe principiul “acknowledgement delivery”
* Exact odată: expeditorul și receptorul realizează un “handshake” bidirectional pentru asigurarea transmiterii mesajului o singură dată, în condiții de siguranță, pe principiul “assured delivery”.

# Inteligență Artificială

În acest capitol vom încerca să definim noțiunea de Inteligență Artificială, cât și evoluția istorică a acesteia, până la aplicabilitatea sa în zilele noastre. Ne vom axa pe rețele neuronale, tipurile acestora și utilitatea lor în contextul automatizării de case inteligente.

Inteligența este un termen foarte complex și ambiguu. Se poate defini ca logică, înțelegere și învățare, conștiință, planificare, creativitate și rezolvare de probleme. Noi, oamenii, ne considerăm inteligenți pentru că utilizăm toate noțiunile enumerate, percepem mediun înconjurător, învățăm și ne planificăm acțiunile în funcție de experiențe și inputuri senzoriale. În acest context putem folosi sintagma de Inteligență Naturală.

În cazul Inteligenței Artificiale, ne referim la o subramură a informaticii, în contextul mașinilor, computerelor și a programelor care le ghidează. Astfel de mașinării mimică funcțiile cognitive ale entităților vii analizând mediul înconjurător, procesând informații, și deducând concluzii logice bazate pe recompense și experiențe dobândite prin procese de învățare.

În 1950 Alan Turing publica în revista Mind o lucrare bazată pe conceptual inteligenței artificiale. Conform lui, o mașină care ar fi capabil să converseze cu o ființă umană, fără ca acesta să poată realiza că partenerul său de conversație nu este om, ar câștiga “jocul imitației” și ar putea fi considerat intelligent. Acest test urma să devină arhicunoscutul Test Turing, un etalon în evaluarea inteligenței artificiale și în zilele noastre.

Paralel cu cercetările filozofice ale lui Alan Turing, mai mulți ingineri încercau implementarea unor mecanizme bazate pe teoria jocurilor și pe lucrările lui John von Neumann, capabile să analizeze risuri și recompense pentru a planifica acțiuni viitoare. În acest context, în anul 1951, un aparat numit Ferranti Mark 1, reușește în premieră șă câștige un joc de șah împotriva unui jucător uman, bazându-se pe algoritmi statistici. Chiar dacă la momentul respectiv aceasta era o realizare semnificativă, faptul că procesarea tuturor posibilităților de mutare și alegerea celei optime dura între 15 – 20 de minute, făcea ca soluția să nu fie una utilizabilă. La scurt timp după, în 1957, Allen Newell și Herbert Simon reușeau dezvoltarea unei aplicații capabile să resolve probleme generale de matematică.

În 1956, un tânăr profesor de matematică numit John McCarthy a organizat conferința numită “Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence”, în esență o sesiune de brainstorming despre viitoarele prospecte ale domeniului de Inteligență Artificială, locul unde această sintagmă s-a folosit pentru prima oară.

Anii ’60 s-au axat mai ales pe dezvoltarea algoritmilor pentru rezolvarea problemelor matemaice și a roboticii combinate cu învățare prin Machine Vision. Astfel, în 1972 a fost prezentat primul robot umanoid considerat inteligent, în Japonia, numit WABOT-1.

Din nefericire, puterea de procesare a calculatoarelor anilor ‘70 – ’90 era mult sub necesarul procesării volumului colosal de date cu care se lucra în domeniul inteligenței artificiale. Din acest motiv, atât investițiile cât și interesul în domeniu a scăzut dramatic, până aproape de stagnare. Această perioadă a fost denumită “Iarna Inteligenței Artificiale” și a ținut până la finele anilor ’90, când tot Japonia a lansat conceptul de a 5.a generașie de calculatoare, menite să promoveze și să dezvolte aria Inteligenței Artificiale. Chiar dacă această tentativă a fost mai degrabă o mișcare de marketing al guvernului Japonez, efectele sale s-au resimțit la nivel mondial, tot mai mulți ingineri reaprinzând flacăra IA-ului, iar în 1997, IBM prezenta primul sistem, numit Deep Blue, capabil să câștige un joc de șah împotriva campionul mondial Garry Kasparov, folosind Inteligență Artificială și nu algoritmi statistici. Arhitectura Deep Blue a facilitat dezvoltarea de sisteme care, bazate pe reguli de operare și experiență antrenată pe principiul cauză – efect, s-au reprofilat pe domenii specifice de activitate. Asemenea implementări au fost denumite sisteme expert. Există două tipuri de sisteme expert utilizate în diferite domenii economice:

* Motoare de cunoștiințe: acestea derivă rezultatele unei probleme din reguli de aplicarea a datelor
* Motoare de deducție: care generează rezultatele problemei utilizând date situaționale (stare curentă a sistemlui asupra căruia se operează), cât și reguli de aplicare a datelor

Viteza de dezvoltare exponențială a puterii computaționale cât și capacitățile de stochare a unui număr din ce în ce mai mare de date din ultimii 15 de ani, a stimulat companii mari ca Amazon, sau Google să profite de învățare automată (machine learning) pentru câștiguri comerciale. În afară de procesarea datelor utilizatorilor pentru înțelegerea clientelei, aceste companii și-au continuat progresele tehnologice în procesarea limbajului natural, recunoaștere de imagini, sisteme de clasificare și generatoare de date, precum și multe aplicații care utilizează Inteligență Artificială în operațiile sale zilnice. Utilizarea rețelelor neuronale în operații complicate de procesare, analiză și generare a facilitat explorarea unor noi soluții de implementare și această tendință va continua să se perfecționeze și în următorii ani.

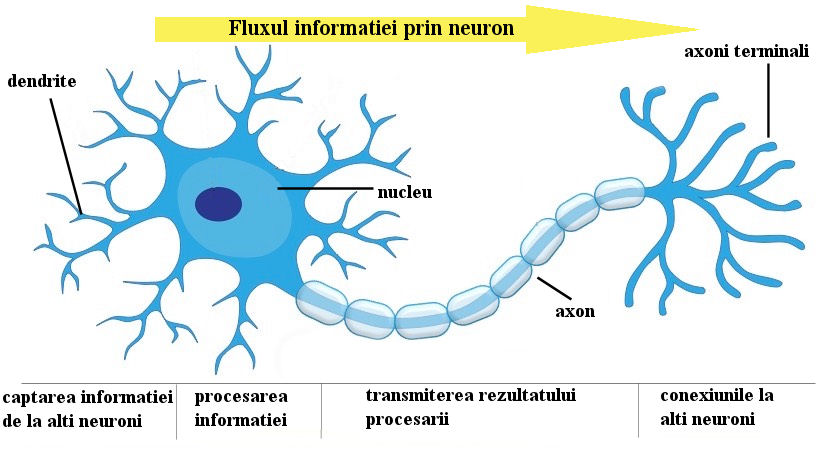


## Rețea neuronală pentru clasificare

Una dintre subcategoriile ale “Inteligenței Artificiale”, recente apărute în aria de interes a cercetătorilor o reprezintă cea a rețelelor neuronale. Interesul acordat acestor structuri a cunoscut un avânt semnificativ în ultimii ani, proporțional corelat cu progresul tehnologic, datorită cantității mari de date utilizate și a vitezei de procesare cu care acestea pot fi prelucrate.

Conf. dr. Radu Ionescu, membrul departamentului de informatică din cadrul Universității din București[[1]](#footnote-1), definește rețelele neuronale ca “rețele de elemente simple puternic interconectate prin intermediul unor legături numite interconexiuni prin care se propagă informație numerică”. Această definiție este una general acceptată și agreată de comunitatea cercetătorilor din domeniu. Așa cum se poate infera din numele lor, rețele neuronale încearcă să replice funționalitatea creierului uman, imitând atât structura neuronală biologică, cât și funcționalitatea sa.

Componenta de bază al creierului uman o reprezintă neuronul. Acesta are rolul de a primi stimuli electrici (informații), a procesa și interpreta semnalele primite și de a tranzmite mai departe rezulatul procesării către alți neuroni conectați care, la rândul lor, vor face același lucru. Deși capacitatea de procesarea datelor al unui singur neuron pare nesemnificativ, cum creierul uman are în componența sa aproximativ 86 miliarde de astfel de neuroni interconectați, aceasta este capabilă de procesarea unui volum extraordinar de date.



[[2]](#footnote-2)Probabil cea mai uluitoare capacitate al unui creier biologic este puterea de a învăța, folosind experiențe anterioare pentru a-și îmbunătății performanțele. Datorită acesteia, ființele umane se dezvoltă de la un bebeluș neajutorat, fără control asupra propriului corp, la un matur capabil să analizeze mediul înconjurător, să interpreteze și să înțeleagă stimulii senzoriali bazat pe evenimente anterioare și, la nevoie, să se adapteze. În lumea programării, o astfel de capacitatea de adaptare era, până de curând, imposibili de atins. În cea mai bună variantă, necesita implementarea unui număr exorbitant de condiții, precum și efectul lor asupra sistemului. Deși au existat de-a lungul anilor diferite metode de implementare de la simple cauze “if” la analiză statistică a unor date, niciuna dintre variante nu a avut adaptabilitatea unui sistem biologic.

Rețelele neuronale artificiale încearcă să replice exact această capacitate al echivalentului lor biologic, reproducând structura, fluxul de informații, precum și capacitatea de a învăța din exemple și experiență, cu rezultate remarcabile în diverse domenii de aplicabilitate cum ar fi clasificare, procesare de imagine, robotică și control, generare de date, previziuni statistice, securitate sau medicină.

### Perceptronul

Așa cum unitatea de bază al unui creier este o singură celulă, neuronul, la fel și unitatea de bază a unei rețele neuronale este o singură structură, perceptronul. (http://www.aut.upt.ro/~andreea.robu/ReteleNeuronale2.pdf) Inițial introdus ca o modalitate de implementarea porților logice, capacitățile sale de adaptare s-au dovedit a fi esențiale în rețele neuronale. Rolul acestuia este unul decizional. În funcție de parametri de intrare și o regulă de procesare, perceptornul generează diferite date de ieșire.



În figura <XXX> este prezentat un perceptron împreună cu principalele sale componente, unde:

* **i0 ... in**: valorile numerice de intrare ale perceptronului
* **w0 ... wn**: factorul de importanță alocat fiecărui input
* **∑:** operația de însumarea valorilor de input, combinate cu factorul lor de importanță
* **f(x):** funcția de interpretarea rezultatului însumării, numită și funcție de activare sau de transfer
* **o:** , rezultatul funcției de activare, valoarea rezultată al perceptronului

În funcționalitatea unui perceptron, fiecărei valori de intrare i se atribuie un factor de importanță, care stabilește relevanța unei valori în calculul rezultatului final. Această pereche de valori se însumează și, după caz, i se adaugă o valoare constantă, numită “bias” care permite ajustarea activării perceptronului în funcție de necesități.

Un exemplu simplu de utilizarea unei valori “bias” ar fi cazul în care dorim ca perceptronul să se activeze doar dacă valoarea calculată este mai mare de 2. În acest caz, la rezultatul însumării adaugăm un bias de -2.

Funcția de activare, sau funcția de transfer, are rolul de a mapa rezultatul operației precedente la o mulțime de valori iarăși, în funcție de cerințele sistemului. Printre cele mai des utilizate merită meționate:

* hard-limit: limitează ieșirea unui neuron la două valori 0 și 1
* liniară: folosiți ca aproximatori liniari în cadrul filtrelor liniare
* sigmoidală: transformă argumentul într-un număr cu valoare cuprinsă între 0 și 1
* ReLU (Rectified Linear Unit): limitează rezultatul operației la valori mai mari de 1



Dacă aplicăm funcția de activare pentru valoare deja însumată, obținem următoare formulă de prelucrarea informațiilor de către un perceptron:

Combinând mai mulți perceptroni într-o structură origanizată pe nivele, se obțin rețelele neuronale, consistând din trei straturi principale:

* **Stratul de intrare**: numărul perceptronilor de pe acest nivel este egal cu numărul valorilor de intrare individuale primite în același moment.
* **Straturi ascunse**: în funcție de scopul rețelei, numărul acestora poate varia între [1,n], de cele mai multe ori n fiind un număr ales după metode euristice, uneori poate chiar alese la întâmplare, iar numărul perceptronilor din fiecare strat, de asemenea, poate fi ales cu metode similare.
* **Stratul de ieșire**: în cazul rețelelor neuronale de clasificare, numărul perceptronilor de pe acest ultim nivel este egal cu numărul răspunsurilor posibile în problema abordată.

În funcție de numărul straturilor ascunse putem vorbi ori de rețele neuronale clasice, în cazul în care acesta are în componența sa doar 1 – 2 straturi ascunse, sau de rețele profunde, acestea având mai multe straturi.

Depinzând de fluxul informației în interiorul structurii, se diferențiază:

* Rețele neuronale feedforward: unde conexiunile dintre neuroni nu formează cicluri, datele propagându-se numai înainte
* Rețele neuronale recurente: unde conexiunile dintre neuroni formează un graf orientat, bucați de date deja, sau parțial, prelucrate putând influența fluxul sau valoare altor bucăți.



Datorită faptului că doi perceptroni de pe același nivel, primesc aceleași date de intrare, straturile fiind puternic interconectate și cunoscând formula de prelucrarea datelor de intrare al unui singur perceptron, putem extrapola formula de prelucrarea tuturor datelor de pe un strat, în formă matriceală, cât și în forma sa simplificată:

Aplicând această formulă fiecărui start, putem afla rezulatul procesării datelor de intrare. Desigur, fără a optimiza valorile implicate în formulele de calcul ale fiecărui perceptron, acest rezultat va fi unul aleator, fără valoare. Pentru a înțelege felul în care ar trebui ajustate aceste valori, mai întâi trebuie înțeles felul în care ar trebui să funcționeze respectiva rețea.

Teoretic, fiecare perceptron dintr-o rețea neuronală de clasificare are rolul de a identifica tipare specifice din datele de intrare, iar combinând rezultatele fiecărui perceptron, de pe un nivel, ar trebui sa permită identificarea unor tipare mai complexe pe următorul nivel. Această compunere se continuă pe fiecare strat, până la cel de ieșire, moment în care ar trebui să se poată clasifica inputul.

Pentru a putea exemplifica această funcționalitatea teoretică, vom considera exemplul clasic de introducere în arhitectura rețelelor neuronale, cel al identificării imaginii unui număr scris de mână. Scopul acestui exercițiu este a da valorile tuturor pixelilor care compun o imagine ca date de intrare unei rețele neuronale, iar acesta să poată identifica cifra scrisă în imagine.



În figura <XXX> se poate vedea rolul straturilor unei rețele în identificarea și combinarea carecteristicilor datelor de intrare pentru aflarea rezultatului clasificării. Așa cum este evidențiat, atât numărul de perceptroni în fiecare strat, cât și numărul straturilor poate impacta semnificativ performanțele sistemului astfel:

* Numărul perceptonilor: impactează direct numărul de caracteristici diferite identificabile
* Numărul straturilor: impactează direct complexitatea caracteristicilor diferite identificabile

Pornind de la această schemă de funcționare, ar fi justificabil să concluzionăm că o rețea neuronală cu cât are mai mulți perceptroni și mai multe straturi, cu atât poate fi mai performant. Realitatea, însă, nu este atât de simplă. Depinzând de complexitatea și de varietatea posibilelor date de intrare, această performanță poate varia, însă acest aspect îl vom aborda în Capitolul 4.

### Antrenarea rețelei

Așa cum am menționat la începutul capitolului, caracteristica principală a unei rețele neuronale constă în capacitatea sa de a învăța din experiențe trecute pentru a-și îmbunătății performanțele. În contextul unui claisificator, această învățare se reflectă în ajustarea parametrilor rețelei (weights și bias-uri) astfel încât fiecare perceptron să poată utiliza și interpreta cât mai eficient posibil datele sale de intrare. Automatizarea acestei repetate ajustări de parametri, pentru a putea identifica orice set de date de intrare definește antrenarea rețelei. Pentru a fi cât mai eficient, această antrenare trebuie făcută pe un volum cât mai mare, dar omogen, de date și se împarte în următorii pași:

1. Inițializarea parametrilor cu valori aleatoare: se asignează câte o valoare fiecărui factor de importanță (și în unele cazuri fiecărui bias), de pe toate conexiunile
2. Parcurgerea rețelei: se introduce un set de date în sistem și se reține rezultatul procesării
3. Analiza rezultatului: Se compară rezultatul primit cu cel dorit, se calculează diferența și se analizează felul în care această diferență s-ar putea reduce
4. Ajustarea parametrilor: odată cunoscută metoda de reducerea diferenței anterioare, această informație se propagă înapoi prin straturile rețelei, modificând proporțional fiecare parametru
5. Se repetă de la punctul 2 până ajungem la un rezultat satisfăcător.

Analiza rezultatului unui pas de antrenare se reduce la compararea rezultatului calculat, cu rezultatul dorit și calcularea diferenței sale. Acesta se numește **funcția de cost**. În contextul rezultatelor matriceale folosite, funcția cost reprezintă suma diferențelor rezultatelor fiecărui perceptron de pe stratul de ieșire.



Ecuația de mai sus prezintă rezultatul funcției cost a unei rețele neantrenate, în care valoarea de intrare era cifra 3, iar rezultatul calculului a fost cifra 8. O rețea bine antrenată va avea funcția cost cât mai aprope de 0. Dacă interpretăm întreaga rețea neuronală ca o funcție foarte complexă, atunci antrenarea sa se poate vedea procesul de găsirea valorii minime a funcției respective, într-un spațiu n-dimensional, n fiind numărul de perceptroni din stratul de intrare.

Pentru găsirea acestei minime, prima dată trebuie să calculăm **gradientul funcției cost**. Concret, este necesar să aflăm în ce proporție ar trebuie să difere factorul de importanță a fiecărei valori transmise de la stratul precedent fiecărui perceptron, astfel încât sa obținem rezultatul dorit. gradientul unei funcții cost reprezintă proporția cu care variația fiecărei valori de intrare afectează variația valorii de ieșire și se poate reprezenta matematic sub forma:

Utilizând valoarea negativă al gradientului de cost, putem afla exact în ce sens trebuie să modificăm valorile parametrilor rețelei neuronale, cât și impactul fiecărei modificări asupra stării curente, astfel încât să minimizăm funcția cost și să ne apropiem de rezultatul dorit.

În exemplul de mai sus, având vectorul tuturor factorilor de importanță, negativul rezultatului gradientului funției cost indică valoarea și sensul în care fiecare valoare de W trebuie schimbat astfel încât să ajungem la rezultatul dorit. Valorile care trebuie să crească sunt marcate cu albastru, iar valorile care trebuie scăzute sunt cu roșu. Cu cât o valoare este mai mare, cu atât o schimbare a sa va impacta rezultatul final al operației.

În esență, calculul gradientului funcției cost o să ne indice locul curent într-un spațiu n-dimensional și direcțiile de urmat către minima spațiului respectiv.

### Backpropagation

În explicarea felului în care se calculează gradientul funcției cost s-a menționat faptul că toți parametrii rețelei trebuie calculați și ajustați însă, în realitate, acest lucru nu se poate realiza direct tocmai din cauza structurii de rețea, în care schimbarea unei valori într-un nivel, afectează direct toți parametrii de pe nivelul următor. Din acest motiv, parcurgerea și adaptarea valorilor trebuie să se facă prin propagarea efectelor dinspre stratul de ieșire, până la stratul de intrare. Acest proces se numește backpropagation.

Pentru a facilita vizualizarea acestei propagări de valori, vom consideră o rețea constând în 4 straturi, cu câate un singur neuron pe fiecare nivel. Formula obținută prin analiza acestei structuri se va putea extrapola în cele ce urmează pentru rețele mai complicate. Notațiie folosite în exemplu vor fi următoarele:

* as valoare neuronului aflat pe stratul s.
* ws factorul de importanță a valorii as-1 în calculul valorii as.
* bs biasul conexiunii între as-1 și as.
* C valoare funcției cost
* f funcția de activare
* ∑s valoare funcției de însumare al perceptronului pe stratul s
* y rezultatul dorit

Urmărind ordinea de înlănțuire a operaților, efectul variației valorii ws asupra lui C se poate reprezenta astfel:

Cunoscând această formulă, putem înlănțui propagarea valorilor de la rezultatul calculat, până la stratul de intrare, ajustând fiecare parametru pe parcurs. În același fel putem utiliza această formulă și pentru rețele cu mai mulți neuroni pe fiecare strat, trebuie ținut cont doar de faptul că valoare de ieșire al unui perceptron afectează valoarea tuturor de pe următorul strat, astfel, trebuie însumate efectele:

Odată cunoscută, această formulă se poate aplica pe orice valoare de intrare și folosită pentru a verifica și a corecta funcționalitatea rețelei neuronale. Repetând această verificare cu un număr mare de date de intrare este, în esență, procesul de antrenare a sistemului.

## Procesarea limbajului natural

Interacțiunea dintre om și echipamente digitale este considerat ceva absolut natural în zilele noastre, tot mai mulți oameni utilizând telefoane mobile, internetul și servicii oferite de acestea într-un mod intuitiv. Acest lucru acum 50 de ani era încă de domeniul ficțiunii, din cauza cunoștiințelor tehnice specifice necesare a fi dobândite pentru a putea interacționa cu un calculator. Odată cu digitalizarea utilajelor de calcul, s-a realizat tranziția de la acționarea mecanică a acestora la implementarea unor șiruri de comenzi de executat. Primele astfel de comenzi au fost elaborate pe cartoane performate într-o ordine interpretabilă și executabilă de calculator, urmat la puțin timp de apariția limbajelor de programare rudimentare și specifice fiecărui aparat. Aceste metode au continuat să evolueze, devenind tot mai intuitive și totodată facilitând accesul unui număr din ce în ce mai mare de utilizatori. Următorul pas logic în această etapă de evoluție este interacțiunea dintre om și calculator, folosind limbajul uman.

Chair dacă studiul aceastei teme și-a găsit începuturile deja în ani 1950, dezvoltarea sa a fost unul constant și relativ lent, din cauza limitărilor tehnologice. La fel ca și alte subdomenii ale Inteligenței Artificiale, procesarea limbajului natural a cunoscut un avânt în dezvoltarea sa în ultimii 20 de ani, proporțional cu avansarea vitezelor de procesare și a capacității de stocarea datelor. Dezvoltarea rețelelor neuronale a fost un factor important în dezvoltarea acestei arii de cercetarii, din cauza capacității acestora de interpretare, clasificare și chiar generare a datelor.

Datorită complexității limbajului uman, interpretarea sa din punct de vedere structural, sintactic și semantic poate varia atât de mult, încât ar fi practic imposibil de implementat un program care să acopere toate variațiile posibile, deși această formă de implementare era specifică primelor tentative de prelucrarea limbajului natural, incluzând arborii decizionali.

Cercetările lui Noam Chomsky, considerat părintele lingvisticii moderne, au favorizat abordarea limbajului natural într-o manieră revoluțională, marcând un punct de cotitură în evoluția științei. Acesta a psotulat ideea de structurarea limbajului pe nivele, începând de la elemente generice prezente în orice limbaj, la construcții specifice, toate interconectabile prin reguli definite de formare și interpretare. Utilizând aceste baze de cunoștiințe și reguli, ș-au dezvoltat modele statistice de procesarea limbajului, variațiile cărora sunt utilizate și în zilele noastre într-o varietate de domenii, de la analize economice, până la dezvoltarea compilatoarelor.

În contextul rețelelor neuronale, analiza limbajului natural a întâmpinat dificultăți din cauza structurii riguroase în care astfel de implementări procesează datele, datele de intrare necesitând a avea o structură bine definită șu utilizabilă de către calculator, lucru incompatibil cu versatiliatea limbajului omenesc. Tocmai din acest motiv, s-au dezvoltat metode de procesare și transformare a datelor într-o formă utilizabilă.

### Codarea „one hot”

În cazul utilizării datelor cu un număr limitat și cunoscut de posibile variații, cea mai utilizată metodă de transformarea acestora în formă utilizabilă de rețele neuronale o reprezintă codarea one hot. Aceasta implică transformarea datelor de intrare într-o formă binară de tip ordinal.

Pentru înțelegerea proceurii de codare vom considera un exemplu de rețea neuronală care însumează două cifre.



Chiar dacă primul insinct ar fi să creăm nivelul de intrarea din 2 perceptroni, unul pentru fiecare cifră în parte, felul în care rețelele neuronale procesează datele ar produce rezultate incorecte. Din acest motiv, datele de intrare vor fi transformate într-o listă de 10 elemente populate cu valoarea 0, mai puțin elementul de pe poziția valorii cifrei de procesat.

Numărul total de cifre: 10

Cifrele se vor transforma astfel în:

0: [1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]

1: [0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]

....

8: [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0]

9: [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1]

Datele de intrarea astfel transormate, permit crearea unei rețele neuronale cu 20 de perceptroni în stratul de intrare, reprezentând concatenarea a celor două cifre care se doresc a fi însumate. Rezultatul operației va fi dat în aceeași formă codată, iar decodarea sa folosind inversul procedurii one hot, obținem cifra rezultat în formă decimală.



Această formă de codare funcționează optim în cazul utilizării unor date cu formă fixă și bine cunoscută. Deoarece vocabularul unei limbi nu respectă aceste constrângeri, este necesară fie utilizarea unei forme alternative de codare compatibil cu rețelele neuronale, fie prelucrarea prealabilă a datelor utilizate pentru a satisface necesitățile codării one hot.

### Identificarea formei de bază și a rădăcinii cuvintelor

O caracteristică importantă a limbajului natural o reprezintă îmbogătățirea vocabularului prin derivare. Aceasta se defineşte ca procedeul de formare a unui cuvânt nou având ca bază un alt cuvânt existent în limbă (Marouzeau, 1933: 63 ş.u.). Acesta are două subtipuri: derivarea progresivă sau propriu-zisă şi derivarea regresivă. Cea dintâi constă din adăugarea unor afixe (sufixe sau prefixe) la un cuvânt bază. În funcţie de poziţia din cuvântul bază în care se ataşează afixul, vorbim despre prefixare sau sufixare. Derivarea regresivă constă în suprimarea unor afixe de la un cuvânt bază[[3]](#footnote-3).

Pentru a putea utiliza cuvinte derivate în contextul codării one hot, este necesar ca acestea să fie reduse în prealabil la cuvintele sale de bază. Pentru aceasta există două tehnici frecvent utilizate: lematizare și identificarea rădăcinii cuvintelor.

Lematizarea reprezintă identificarea formei de bază a cuvintelor, prin eliminarea tuturor afixelor (atât prefixe cât și sufixe) pentru a găsi forma de dicționar al unui cuvânt lematizat. Folosind acest proces, din cuvântul *sfințeniei* obținem cuvântul de bază, *sfințenie.* Acest proces reduce cuvântul procesat la forma sa de bază, fără a schimba cuvântul rădăcină.

Identificarea rădăcinii cuvintelor (eng. *Stemming*), pe lângă reducerea tuturor afixelor, încearcă să identifice rădăcina cuvântului prelucrat, obținându-se, astfel, chiar și alte cuvinte. Folosind același cuvânt ca în exemplul precedent, *sfințeniei*, identificând rădăcina cuvântului obținem cuvântul *sfânt*.

Aplicând ambele metode de procesare, obținem un lexic compus doar din cuvinte cu formă fixă, deci utilizabile în procesul codării one hot. Acest proces trebuie efectuat pentru toate propozițiile menite a fi utilizate ca date de intrare pentru rețele neuronale.

**Propoziția originală**: Mașinuțele copilului au culori diferite.

**Propoziția procesată:** Mașina copil avea culoare diferit.

Din exemplul precedent este ușor de observat că dacă dorim a reține diferențe subtile de context și nuanță, cum ar fi faptul că este vorba de mai multe mașini, rezultatul s-ar putea să nu fie optim scopului și ar fi indicată utilizarea unei alte forme de procesare.

## 2.3 Inteligență artificială în automatizare de case folosind NLP

# A.L.I.C.E. (Automation of locally integrated control equipment)



## Arhitectura componentelor hardware

## Arhitectura componentelor software

## Interfața

## Prelucrarea comenzilor

## Librăria Tensorflow pentru rețele neuronale

## Pachetul python-openzwave

# Limitări și posibile îmbunătățiri viitoare

Se recomandă ca titlurile capitolelor și subcapitolelor să aibă o dimensiune de până la 100 de caractere, incluzând spațiile. De asemenea, înaintea oricărei subdiviziuni a capitolului, este recomandată o prezentare sintetică (3-5 rânduri) a conţinutului capitolului şi/sau a obiectivelor urmărite. De exemplu: „În cadrul acestui capitol, mi-am propus să prezint principalele concepte teoretice legate de credit. Consultând literatura de specialitate, am sintetizat abordările reprezentative ...”. Fiecare capitol trebuie sa înceapă pe pagină nouă. *Formatare „Titlu capitol”*: mărimea fontului 14p, bold, aliniere stânga, indentare „hanging” de 1 cm, aceeaşi spaţiere de 1,5, fără spaţii înainte şi după paragraful titlului (vezi în document).

De regulă, primul capitol este unul cu caracter teoretic. În cadrul acestuia se introduc conceptele generale şi particulare în jurul cărora gravitează tema lucrării.

*Formatare „x.y Titlu subcapitol”*: mărimea fontului 13p, bold, aliniere stânga, indentare „hanging” de 1 cm, aceeaşi spaţiere de 1,5 dar un spaţiu de 12p înainte şi 6p după paragraful titlului (vezi în document).

### *1.1.1 Titlu subcapitol*

Atunci când este cazul, introduceţi subdiviziuni de tip x.y.z. Recomandarea este ca astfel de delimitări ale textului să nu fie excesive. Există tendinţa ca simple enumerări (de exemplu: credite imobiliare, nevoi personale, linii de credit, scrisoare de garanţie bancară) să fie transformate în subdiviziuni care conţin 2-3 fraze, nefiind justificate. Atenţie la menţinerea unui relativ echilibru între volumul subdiviziunilor. Trebuie evitate situaţiile în care un capitol (subcapitol) conţine 25 (15) pagini şi altul 3 pagini (3 rânduri).

*Formatare „x.y.z Titlu subcapitol”*: mărimea fontului 12p, italic, centrat pe pagină, indentare „hanging” de 1 cm, aceeaşi spaţiere de 1,5 dar un spaţiu de 12p înainte şi 6p după paragraful titlului (vezi în document).

### *1.1.2 Titlu subcapitol*

Ancorarea textului în referinţele bibliografice se face prin raportarea sursei direct în text şi nu ca notă de subsol. Formatul citărilor este unul relativ standard dar diferă în funcţie de tipul sursei şi numărul de autori. Redăm mai jos, sub forma unei enumerări, principalele forme de citare. Cu această ocazie, recomandăm şi modul de formatare al unei enumerări (bullets) sau numerotări (numbering).

* „Conform abordării descrise în Manea şi Vancea (2012), ...”.
* „Metodologiile clasice (Sweeney, 1988; Fama şi French, 1998) sugerează ...”. Dacă citarea apare în cadrul parantezelor, eliminaţi paranteza corespunzătoare anului şi folosiţi virgula pentru delimitarea autorilor de an. Dacă apar mai multe citări în paranteză, separaţi-le cu punct şi virgulă (;).
* Lucrările/Articolele cu trei sau mai mulţi autori: la prima citare în text se menţionează toţi autorii: „Într-o abordare neconvenţională, Lo, Mamaysky şi Wang (2000), confirmă ...”. La următoarele citări, se foloseşte „Lo et al. (2000)” sau „(vezi Lo et al., 2000)” dacă din anumite motive, citarea apare în paranteză.
* Nu folosiţi text bold sau italic pentru individualizarea citărilor. Pentru „*et al.*”, ca şi pentru expresiile în latină în general (*ceteris paribus, ab initio, a priori, ex post, ex ante*) există tendinţa de a folosi text italic. Nu este obligatoriu.
* Pentru citate extinse (maxim 250 de cuvinte), indicaţi şi pagina corespunzătoare. „Conform Isărescu (2014, p.39), explicaţia este următoarea: ...”. Aveţi un exemplu de astfel de citare la începutul subcapitolului 1.2.

*Formatarea enumerărilor / numerotărilor*: mărimea fontului 12p, justified, indentare „first line” de 1 cm, fără „hanging”, „left” tab la 1,75 cm, aceeaşi spaţiere de 1,5 dar un spaţiu de 6p înaintea primei enumerări din listă respectiv 6p după ultima enumerare din listă. (vezi în document).

Preluarea de text din referinţele bibliografice (articole, cărţi, legislaţie) impune indicarea clară a acestui lucru prin folosirea citării cu pagina de la care începe textul şi eventual prin scoaterea în evidenţă a textului citat printr-o formatare diferită. Dăm un exemplu.”Conform Manea (2008, p.190), particularitatea acestei anomalii constă în:

„lipsa oricărei legături cu ... text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text.”

*Formatare citare extinsă*: mărimea fontului 12p, justified, indentare left şi right de 1 cm, fără „hanging”, aceeaşi spaţiere de 1,5 dar un spaţiu de 6p înainte şi 6p după paragraful asociat (vezi în document). Frecvent, un astfel de text citat este italicizat din raţiuni de estetică însă lizibilitatea scade.

Apar situaţii în care anumite idei din text impun detalieri sau înterpretări suplimentare. Aceste informaţii fie nu sunt atât de importante pentru a fi incluse în text, fie includerea lor ar complica/divaga în mod nejustificat expunerea. Soluţia este folosirea notelor de subsol (references, footnotes). Şi în cazul acestora este recomandată menţinerea unui echilibru în raport cu întinderea lucrării[[4]](#footnote-4).

Cercetarea în domeniul economic presupune uneori culegerea, analiza şi interpretarea de date. Astfel, tabelele şi figurile devin elemente importante în expunerea lucrării. Există câteva recomandări minimale care pot îmbunătăţi lizibilitatea acestora (vezi şi Tabelul 1).

1. Nu folosiţi linii verticale (borders) pentru delimitarea coloanelor şi celulelor. De asemenea, o folosire minimală a liniilor orizontale (borders) creşte lizibilitatea datelor din tabel. Se recomandă folosirea liniilor orizontale pentru încadrarea capului de tabel şi parţial a ultimei linii.
2. Titlul tabelului trebuie să fie cât se poate de concis şi să surprindă esenţa şi mesajul informaţiilor transmise.
3. În mod normal, tabelul trebuie să poate fi citit şi interpretat în mod independent de textul capitolului. Se recomandă ca explicaţiile necesare înţelegerii tabelului să apară imediat sub titlu, sub forma unor note, legende. În special sensul şi unităţile de măsură a valorilor raportate trebuie să fie clare.
4. Atunci când se lucrează cu valori mari (sute de milioane, zeci de miliarde), raportarea lor se face prin transformarea-reducerea lor în unităţi uşor de afişat, citit şi comparat în cadrul tabelului. De exemplu: (12345678910 şi 987654321) vs. (12.345.678.910 vs. 987.654.321) vs. (12,35 mld şi 0,99 mld). De regulă, rotunjirea se face în mod tradiţional: (3270-3274) devine 3,27 mii iar (3275-3279) devine 3,28 mii.
5. În cazul în care conţinutul tabelului este preluat din alte surse, chiar dacă este reîncorporat de student într-o altă structură, este obligatorie menţionarea sursei imediat sub tabel. Citarea se face după modelele menţionate anterior. Dacă tabelul rezultă în urma prelucrărilor proprii ale studentului nu este necesară menţionarea sursei (aşadar, nu „Prelucrările autorului”, nu „Prelucrări proprii în Eviews”, ...).
6. În cazul în care o coloană conţine valori negative şi pozitive cu zecimale şi/sau diverse mărci (vezi Tabelul 1, coloana *Text2*), în mod ideal se recomandă o aliniere a valorilor faţă de virgula zecimală (Tab, alignment de tip decimal) pentru a putea compara uşor valorile.
7. Se recomandă ca tabelul să se regăsească pe o singură pagină (poate fi şi format „landscape”) şi nu împărţit pe mai multe pagini. În niciun caz nu se vor include în corpul lucrării mai mult de 2 pagini consecutive de date sub formă de tabele. Dacă şi după aplicarea formatarii (eliminarea spaţiilor, contracţia unităţilor de măsură) un tabel rămâne totuşi supradimensionat, se recomandă filtarea datelor esenţiale şi raportarea celorlalte în cadrul anexelor. Este interzisă includerea în lucrare (inclusiv în anexe) a unui volum exagerat de date irelevante. De exemplu, o simplă serie de observaţii zilnice a indicelui BET poate „umple” 25-30 de pagini de cifre. Relevanţa unei astfel de „contribuţii” este nulă.
8. În cazul tabelelor se recomandă folosirea unui font de 11p şi spaţiere normală la 1 rând (single). Excepţii: „Tabel x” şi „Sursa ...” cu 6p spaţiu înainte de paragraf, respectiv după, pentru a delimita tabelul în interiorul textului. Elementele „Tabel x”, „Titlu tabel ...” şi eventuala „Sursă...” se aliniează centrat. Explicaţiile/legenda, aliniere justified. Celulele tabelului, aliniere după caz: stânga pentru text (*Text1*), dreapta pentru numere (*Text3*, *Text4*). Fără bold, cu excepţia elementului „**Tabel x**”. Italic pentru capul de tabel şi variabile.

**Tabel 1.** Titlul concis și relevant al tabelului

Tabelul raportează principalele statistici legate de fenomenul .... (coloana „Text1”). Variabila „*Text2*” măsoară .... \*, \*\*, \*\*\* indică semnificativitate 10%, 5%, 1%. Indicatorul „*Text3*” raportează valoarea .... Valorile indicatorilor corespund perioadei xxxx-xxxx, datele fiind obţinute de pe ....

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Text1* | *Text2* | *Text3 (mil. lei)* | *Text4* |
| Text text text | 6,25\*\*\* | 134,56 | 2 |
| Text text text | 1,56\* | 2,45 | 28 |
| Text text text | -0,28 | 1.250,56 | 3 |

Sursa: Manea şi Vancea (2012, p.37)

Din raţiuni de omogenitate vizuală a textului, se recomandă setarea lăţimii tabelului exact pe dimensiunile paginii: se selectează tabelul, „Table properties”, „Preferred width:” 100%, „Measure in:” Percent. Enumerăm câteva recomandări valabile în cazul figurilor:

* în cazul figurilor importate din alte surse (fotografii/scanări din diferite materiale, capturi de imagine „Print screen” din documente electronice online sau .pdf, „paste” din alte documente de tip word) trebuie asigurată calitatea imaginii şi a textului: o rezoluţie suficient de bună pentru a asigura lizibilitatea informaţiei. Obligatoriu, menţionarea sursei.
* în cazul figurilor construite de student se recomandă dezvoltarea acestora în cadrul obiectelor de tip „Drawing canvas”: Insert, Shapes, New Drawing Canvas. Fontul din cadrul casetelor de text să fie acelaşi cu cel din text: TNR, mărime 11p sau 12p, după caz.
* în cazul graficelor generate (în aplicaţii de tip Excel) pe baza unor serii de date trebuie asigurată o proporţie rezonabilă între suprafaţa graficului propriu-zis (partea esenţială) şi cele asociate legendei, etichetelor axelor, titlului etc. De evitat reprezentarea unui număr excesiv de serii în acelaşi grafic: de exemplu, evoluţia PIB anual în cazul tuturor ţărilor UE. Pe lângă faptul că un astfel de grafic impune folosirea unui număr mare de culori, vom experimenta cel mai probabil şi o suprapunere a liniilor astfel încât utilitatea de ansamblu a reprezentării va fi aproape nulă. În astfel de cazuri se recomandă reprezentarea dinamicii datelor sub forma unui tabel care să conţină creşterea medie PIB (eventual o măsură a variabilităţii) pentru ţările avute în vedere. Sunt de evitat: grafice care nu spun nimic sau spun ceva într-un mod obscur; folosirea excesivă a culorilor mai ales în graficele a căror înţelegere nu necesită colorare; complicarea/”profesionalizarea” inutilă a graficelor prin reprezentări 3D, perspective greu de interpretat, colorarea violentă a backgroundului etc.
* la fel ca şi în cazul tabelelor, este interzisă folosirea excesivă a figurilor în cadrul lucrării. Este admisă gruparea mai multor figuri în aceeaşi pagină dar nu supradimensionarea forţată a unei singure figuri la dimensiunile paginii. Se interzic secvenţele de 2,3, ... pagini consecutive dedicate exclusiv graficelor/tabelelor. Dacă sunt *absolut necesare* în construcţia lucrării, excesul de figuri poate fi inclus în anexe.
* *Formatarea figurilor:* textul cuprinzând captura, titlul şi explicaţiile apare imediat după figura propriu-zisă. Font TNR, 11p, bold doar pentru captură (**Figura 1.**), aliniere justified. Spaţiere normală la 1 rând (single). Excepţii: 6p înaintea paragrafului cu captura şi titlul (Figura 1. Titlu ...), 6p după paragraful cu explicaţiile şi sursa (pentru demarcarea figurii în cadrul textului).



**Figura 1.** Titlul concis și relevant al figurii

Figura reprezintă evoluţia ... în cazul României (2000-2012). Text ... text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text text. Sursa (dacă este cazul): ...

În perioada în care manuscrisul lucrării este în lucru se recomandă folosirii alinierii la stânga şi nu a celei de tip „justified”. Unele persoane au tendinţa să adauge/elimine în mod artificial cuvinte pentru a obţine o „umplere” uniformă a rândului (apare o concentare neproductivă pe formă în dauna conţinutului). Chiar dacă în momentul scrierii textului studentul nu doreşte să prelucreze efectiv tabelul sau figura care se impune în curgerea textului, este necesară precizarea schematică a locului şi conţinutului acestora, eventual câteva note personale.

[*Introdu aici tabelul cu evoluţiile macroeconomice din UE;*

*datele în format .xls sunt în fişierul “dateUEEurostat”;* ]

Nu se recomandă numerotarea tabelelor şi figurilor decât după verificarea-corectura finală deoarece unele dintre ele pot dispărea sau pot fi modificate.

Se recomandă ca lucrarea de licență/disertație să urmeze, în linii mari, structura consacrată a unei lucrări științifice. Acest lucru presupune, pe lângă elaborarea unui prim capitol cu caracter teoretic, în cadrul căruia se introduc conceptele generale şi particulare în jurul cărora gravitează tema lucrării, redactarea unui capitol în care să se fixeze și să se descrie în detaliu cadrul metodologic al cercetării aflate la baza lucrării, respectiv a unui capitol în care să prezinte, interpreteze și discute rezultatele cercetării derulate.

Capitolul cu caracter teoretic ar trebui să se încadreze între *15-20 pagini*, conform regulilor de formatare descrise în documentul de față.

Capitolul în care se fixează și descrie în detaliu cadrul metodologic al cercetării aflate la baza lucrării ar trebui să facă referire la aspecte precum: obiectivele specifice ale cercetării, ipotezele de cercetare care urmează a fi testate, variabilele luate în calcul, tipul de cercetare adoptat (calitativă/cantitativă) și metoda de cercetare aplicată (observația, analiza documentelor, studiul de caz, experimentul, sondajul, interviul individual, interviul de grup etc.), cu argumentarea pertinenței și adecvării acestora la obiectivele urmărite și contextul concret al studiului. Totodată, în acest capitol ar trebui descrise modalitatea de culegere a datelor, tipul de date utilizate și sursele acestora, precum și procedura de sistematizare a acestora, respectiv tehnicile de analiză și prelucrare a datelor sistematizate, cu argumentarea pertinenței și adecvării acestora. Acest capitol ar trebui să se încadreze între *5-15 pagini*, conform regulilor de formatare descrise în documentul de față.

În fine, capitolul în care sunt prezentate, interpretate și discutate rezultatele cercetării derulate ar trebui să se încadreze între *15-30 pagini*, conform acelorași reguli de formatare.

Pe lângă capitolele care corespund structurii consacrate a unei lucrări științifice, este posibilă elaborarea unui capitol suplimentar care să conţină aspecte și prezentări concrete, specifice anumitor piețe sau sectoare economice și/sau anumitor zone geografice asupra cărora se concentrează cercetarea care stă la baza lucrării, în măsura în care volumul de informație relevantă este suficient de consistent (în caz contrar, aceste aspecte și prezentări concrete pot fi incluse în cadrul primului capitol, cu caracter teoretic, conferindu-i acestuia mai multă consistenţă şi o notă personală suplimentară). Un astfel de capitol ar avea rolul de a evidenția contextul specific și practic al cercetării și ar trebui să se încadreze între *10-15 pagini*, conform regulilor de formatare descrise în documentul de față.

Secțiunile aferente introducerii și concluziilor ar trebui să se încadreze fiecare între *1-3* pagini, cu respectarea regulilor de formatare detaliate în documentul de față.

Per ansamblu, dimensiunea lucrării de licență/disertație ar trebui să se încadreze între *40-70 pagini* (excluzând secțiunile aferente abrevierilor, listelor tabelelor/graficelor, introducerii, concluziilor, bibliografiei și anexelor).

Urmează capitolele 3, 4, ...

# Concluzii

(rând liber, 12pt, spaţiere 1,5, fără spaţii înainte şi după paragraf)

În această lucrare am abordat ...

**Observaţii:**

În mod ideal, concluziile generale ale lucrării nu vor relua părţi din introducere şi nici eventualele concluzii punctuale/parțiale de la nivelul capitolelor, acestea din urmă fiind coroborate și integrate sub forma unor concluzii generale. Se poate realiza o scurtă sinteză a demersului ştiinţific (1-2 paragrafe) dar accentul ar trebui să cadă pe o discutare non-tehnică, poate mai generală, a rezultatelor lucrării (atât cele teoretice cât şi cele empirice/practice). De exemplu: (1) În ce constă utilitatea demersului şi pentru cine? (2) Se confirmă/infirmă rezultate anterioare; cum se explică o eventuală infirmare? (3) Care sunt limitele sau neajunsurile sesizate ale cercetării derulate? (4) Cum ar putea fi gestionate-rezolvate aceste probleme într-o abordare viitoare (masterat, doctorat) și care ar putea fi direcțiile viitoare principale de dezvoltare/extindere a cercetării derulate? (5) Eventualele mulţumiri pot apărea de asemenea în cadrul concluziilor (pentru coordonare, datele furnizate, mijlocirea practicii/dezvoltării studiului de caz). Doar dacă este cu adevărat cazul se pot preciza şi aşa-numitele „policy implications”, adică recomandările către diferite autorităţi.

# Bibliografie

(rând liber, 12pt, spaţiere 1,5, fără spaţii înainte şi după paragraf)

Acu, I.M. (1996), *Titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii*, Editura Kyz, Braşov. //carte cu 1 autor

Albulescu, M. şi Cocea, N. (2014), *Titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii*, Editura Xyz, Bucureşti. //carte cu 2 autori

Bal, N.G., Cornea, I. şi Albu, G. (2005), *Titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii titlul cărţii*, Editura Vyz, Iaşi. //carte cu 3 autori

Cornea, I. şi Albu, G. (2007), Titlul articolului de specialitate, *Numele revistei*, 40 (numărul volumului), p. 25-42. //articol de specialitate cu 2 autori

Harvey, C.R. şi Liu, Y. (2014), Evaluating trading strategies, Working paper. Disponibil pe SSRN: <http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2474755> //articol „working paper”

\*\*\* Dăianu, D., Criza zonei euro şi cea geopolitică frânează „Noua Europă”, <http://www.zf.ro/zf-24/criza-zonei-euro-si-cea-geopolitica-franeaza-noua-europa-13684478> . //articol din presă

\*\*\* Banca Naţională a României (2012), Raport anual 2011, Direcţia Statistică. //materiale instituţii

\*\*\* Institutul Naţional de Statistică, *Indicele preţurilor de consum*. //date

**Observaţii:**

Referinţele bibliografice se sortează alfabetic (A-Z), după numele primului autor. Acest set principal grupează de regulă cărţi, articole ştiinţifice, lucrări susţinute la conferinţe dar nepublicate (working papers). Nu se impune o raportare a referinţelor pe categorii (separat pe cărţi, articole). Se recomandă ca referinţele non-standard (adrese web, materiale nepublicate, broşuri, articole din presa de specialitate, norme, regulamente, legi etc.) să formeze un al doilea set de referinţe, imediat după cel principal (cu marca \*\*\*). Obligatoriu: fiecare sursă citată în textul lucrării trebuie să se regăsească în lista de referinţe bibliografice şi vice-versa. Nu există un număr optim de resurse ataşate unei lucrări (depinde de domeniu, temă, nivel) dar se recomandă evitarea extremelor (sub 5-10 referinţe; peste 30). Accentul trebuie să cadă pe articolele publicate în reviste de specialitate (cel puţin 50% din numărul referinţelor) Restricţii orientative: cărţi (max. 35%), articole publicate în volumele unor conferinţe (max. 10%), articole nepublicate (max. 5%).

*Formatare „referinţe bibliografice”:* TNR, 11p, aliniere justified, spaţiere la 1,5 rânduri, fără spaţii înainte sau după paragraf, indentare de tip „hanging” de 1cm.

# Anexe

(rând liber, 12pt, spaţiere 1,5, fără spaţii înainte şi după paragraf)

Anexa 1. Evoluţia ratei reale a dobânzii ....

...

Anexa 2. Descrierea procedurii de prelucrare a datelor ....

...

**Observaţii:**

Secţiunea de anexe poate avea o dimensiune de maxim 20% din volumul lucrării (Introducere - Bibliografie). Fiecare anexă (tabel, figură, date, documente, etc) trebuie să aibă un titlu şi să fie numerotată.

**Acest ghid a fost aprobat în ședința Consiliului Facultății de Științe Economice și Gestiunea Afacerilor din data de 4.10.2018**

**Observații generale:**

Lucrarea de licență/disertație se listează în felul următor:

* pagina cu titlul lucrării, respectiv secțiunile ”Rezumat”, ”Cuprins”, ”Abrevieri” (dacă există) și ”Lista tabelelor și figurilor” (dacă există) se listează doar pe o parte (față);
* restul lucrării se listează față-verso.

Lucrarea de licență/disertație listată se leagă în oricare din variantele de mai jos:

|  |  |
| --- | --- |
| legare clasica cu copertă | legare cu spirala |
|  |  |

1. http://raduionescu.herokuapp.com/ia/Lab7.pdf [↑](#footnote-ref-1)
2. - poza neuron http://ib.bioninja.com.au/standard-level/topic-6-human-physiology/65-neurons-and-synapses/neurons.html [↑](#footnote-ref-2)
3. Identificarea automată a afixelor româneşti. Studiu de caz: identificarea sufixelor, Verginica Barbu Mititelu [↑](#footnote-ref-3)
4. O convenţie în acest sens impune un număr maxim de note de subsol care să nu depăşească numărul paginilor lucrării. *Formatare „Note de subsol”*: acelaşi font (TNR), 11p, justified, spaţiere 1,25, fără spaţii înainte/după paragraf, fără „hanging”. [↑](#footnote-ref-4)