**ACADEMIA DE STUDII ECONOMICE DIN BUCUREȘTI**

**FACULTATEA DE CIBERNETICĂ, STATISTICĂ ȘI INFORMATICĂ ECONOMICĂ**

**SPECIALIZAREA : INFORMATICĂ ECONOMICĂ**



**Rețele neuronale. Aplicații în clasificarea și predicția datelor**

**Tehnici de procesare a imaginilor**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Student: |
|  | Delegeanu Alexandru-Gabriel  An I, Grupa 1114 |

**Cuprins**

[Introducere 3](#_Toc123828532)

[1. Rețele neuronale artificiale 4](#_Toc123828533)

[1.1. Ce sunt rețelele neuronale? 4](#_Toc123828534)

[1.2. Cum funcționează rețelele neuronale? 5](#_Toc123828535)

[1.3. Arhitecturi ale rețelelor neuronale 6](#_Toc123828536)

[1.4. Beneficiile utilizării rețelelor neuronale 9](#_Toc123828537)

[1.5. Dezavantajele utilizării rețelelor neuronale 11](#_Toc123828538)

[2. Aplicații ale rețelelor neuronale în clasificarea și predicția datelor 13](#_Toc123828539)

[2.1. Analiza imaginilor medicale 13](#_Toc123828540)

[2.2. Predicția datelor meteorologice 14](#_Toc123828541)

[2.3. Domeniul financiar 16](#_Toc123828542)

[2.4. Domeniul bancar 18](#_Toc123828543)

[Concluzii 20](#_Toc123828544)

[Bibliografie 21](#_Toc123828545)

# Introducere

Rețelele neuronale artificiale au devenit populare și utile pentru predicție, clasificare, grupare și recunoaștere a modelelor de predicție în multe domenii ale nevoilor umane. Cercetările asupra rețelelor neuronale artificiale, denumite în mod obișnuit “rețele neuronale”, au fost motivate încă de la început, printre altele, de încercarea de a modela capabilitățile creierului uman cu ajutorul computerului digital.

Rețelele neuronale sunt capabile să rezolve probleme din agricultură, știință, educație, știință medicală, geologie, fizică, finanțe, management, securitate și internet. Aplicațiile rețelelor neuronale artificiale sunt evaluate din mai multe puncte de vedere precum acuratețea, viteza de procesare, performanța, toleranța la erori, volumul și scalabilitatea. De asemenea, există o nevoie din ce în ce mai mare de a aborda problema adoptării unei abordări sistematice în faza de dezvoltare a rețelelor neuronale artificiale pentru a le îmbunătăți performanța.

# 1. Rețele neuronale artificiale

## 1.1. Ce sunt rețelele neuronale?

Rețelele neuronale artificiale (RNA) sunt sisteme de procesare a informației, compuse din unități simple de procesare, interconectate între ele și care acționează în paralel. Aceste elemente sunt inspirate din sistemele nervoase biologice. Funcția rețelei este determinată de legăturile dintre elemente, fiind sisteme celulare fizice care pot achiziționa, stoca și utiliza cunoașterea experimentală. O altă interpretare a rețelelor neuronale artificale este aceea că sunt modele informatice care se bazează pe structura și funcționarea creierului uman. Acestea sunt utilizate pentru a efectua diverse tipuri de procesare a informației, cum ar fi recunoașterea obiectelor într-o imagine, traducerea într-o altă limbă sau pentru a prezice rezultatul unei acțiuni. Rețelele neuronale artificale sunt alcătuite din mai multe straturi de “neuroni” artificiali, care sunt legați între ei prin intermediul conexiunilor cu ponderi. “Neuronii” artificiali reprezintă unități informatice care primesc intrări, le procesează într-un anumit fel și transmit rezultatul spre alți neuroni. Procesarea se face prin aplicarea unei funcții de activare asupra intrărilor primite de neuron. Rețelele neuronale pot fi utilizate pentru a rezolva probleme diverse, cum ar fi clasificarea, regresia sau clusterizarea. Acestea sunt capabile să proceseze date complexe și să învețe automat prin intermediul experienței.

## 1.2. Cum funcționează rețelele neuronale?

Structura rețelelor neuronale artificiale diferă în funcție de problema care trebuie rezolvată de acestea. În general, însă, rețelele neuronale artificiale sunt alcătuite din mai multe straturi de neuroni care sunt legați între ei prin intermediul conexiunilor. Astfel, fiecare neuron din rețea primește intrări de la alți neuroni sau de la surse externe și le procesează prin aplicarea unei funcții de activare asupra lor. Funcția de activare determină dacă neuronul va transmite mai departe sau nu semnalul, în funcție de valoarea intrărilor sale. Rezultatul procesării intrărilor este transmis către alți neuroni prin intermediul conexiunilor cu ponderi. Aceste ponderi reprezintă importanța relativă a intrărilor pentru fiecare neuron și sunt determinate în timpul procesului de antrenare al rețelei. Procesul de antrenare se realizează prin prezentarea rețelelor artificiale neuronale cu exemple de date și prin ajustarea ponderilor conexiunilor în funcție de rezultatele obținute. Acest proces este repetat de mai multe ori până când rețeaua reușește să rezolve problema la un nivel satisfăcător de precizie. După întregul proces de antrenare, rețeaua poate fi utilizată pentru a face predicții sau pentru a lua decizii pe baza datelor noi.

În procesul de dezvoltare a rețelelor neuronale se au în vedere următoarele etape:

1. *Definirea problemei*: Înainte de a începe să dezvolte o rețea neuronală, trebuie să se definească clar problema pe care dorește să o rezolve rețeaua.
2. *Pre-procesarea datelor*: Datele de intrare trebuie prelucrate înainte de a fi prezentate rețelei. Acest lucru poate include normalizarea datelor, îndepărtarea zgomotului sau a valorilor anormale, etc.
3. *Alegerea arhitecturii rețelei*: Trebuie alesă arhitectura rețelei neuronale care se potrivește cel mai bine problemelor pentru care va fi utilizată.
4. *Antrenarea rețelei*: Rețeaua trebuie antrenată prin a i se prezenta exemple de date și a se ajusta ponderile conexiunilor în funcție de rezultatele obținute.
5. *Evaluarea rezultatelor*: După ce a fost antrenată, rețeaua trebuie evaluată pentru a se determina cât de precisă este în rezolvarea problemei.
6. *Optimizarea rețelei*: Dacă rezultatele nu sunt satisfăcătoare, rețeaua poate fi optimizată prin ajustarea hiperparametrilor sau prin schimbarea arhitecturii.
7. *Utilizarea rețelei*: După ce a fost dezvoltată și optimizată, rețeaua poate fi utilizată pentru a face predicții sau pentru a lua decizii pe baza datelor noi.

## 1.3. Arhitecturi ale rețelelor neuronale

Există mai multe tipuri de arhitecturi ale rețelelor neuronale artificiale, care diferă în funcție de numărul de straturi și de tipurile de neuroni utilizate. Astfel, printre acestea se regăsesc

1. Rețele neuronale artificiale de tip “fully connected”

Acestea sunt formate din mai multe straturi de neuroni care sunt conectați între toți. Astfel, fiecare neuron din unul din straturile rețelei este conectat la toți neuroni din stratul următor. Acest tip de rețea este utilizat frecvent în probleme de clasificare și regresie. În problemele de clasificare, rețeaua este antrenată să asocieze intrările cu o anumită categorie sau etichetă. De exemplu, rețeaua poate fi antrenată să recunoască imagini cu animale și să le clasifice în categorii, cum ar fi câini, pisici sau păsări. În problemele de regresie, rețeaua este antrenată să prezică o valoare continuă, cum ar fi prețul unei case sau consumul de combustibil al unui automobil. Pentru a antrena o rețea neuronală fully connected, se prezintă rețelei o serie de exemple de date și se ajustează ponderile conexiunilor în funcție de rezultatele obținute. Acest proces este repetat de mai multe ori, până când rețeaua reușește să rezolve problema la un nivel satisfăcător de precizie. După ce a fost antrenată, rețeaua poate fi utilizată pentru a face predicții sau pentru a lua decizii pe baza datelor noi.

1. Rețele neuronale convoluționale

Acestea sunt utilizate în probleme de procesare a imaginilor și au straturi de neuroni care sunt organizate în felii (felii de dimensiuni reduse care se suprapun) pentru a putea recunoaște caracteristici locale în imagini. Unul dintre avantajele utilizării rețelelor neuronale convolutionale este că acestea pot învăța să recunoască caracteristici importante în imagini fără a fi nevoie să fie preprocesate manual. De exemplu, o rețea neuronală convolutională poate învăța să recunoască fețe într-o imagine, fără a fi nevoie să fie prelucrate în prealabil pentru a îndepărta fundalul. Rețelele neuronale convolutionale sunt formate din mai multe straturi de neuroni convolutionali, care efectuează operații de convoluție pe intrările lor. Operațiile de convoluție sunt o modalitate de a aplica filtre asupra unei imagini, care permit extragerea de caracteristici specifice din aceasta. După ce au fost aplicate operațiile de convoluție, intrările sunt trimise către straturi suplimentare de neuroni, care efectuează operații de pooling și normalizare, pentru a reduce dimensiunea datelor și pentru a le face mai ușor de procesat. Rețelele neuronale convolutionale sunt utilizate cu succes în diverse probleme, cum ar fi recunoașterea obiectelor în imagini, analiza sentimentelor în text și chiar pentru a controla roboți.

1. Rețele neuronale recurente

Acestea sunt utilizate în probleme care implică secvențe de date, cum ar fi procesarea limbajului natural sau prezicerea rezultatului unei acțiuni. Acest tip de rețea are neuroni care se conectează la ei înșiși în plus față de conexiunile către alți neuroni, ceea ce îi permite să păstreze informații despre evenimentele anterioare în timpul procesării. Rețelele neuronale recurente sunt folosite frecvent în probleme de procesare a limbajului natural, unde ele sunt antrenate să genereze text care este coerent și sensibil din punct de vedere lingvistic. De exemplu, o rețea neuronală recurentă poate fi antrenată să genereze răspunsuri automate într-un chatbot sau să traducă într-o altă limbă. Sunt de asemenea utilizate în probleme de prezicere, cum ar fi prezicerea vânzărilor sau a traficului într-o anumită zonă. În aceste cazuri, rețeaua este antrenată să prezică valoarea viitoare pe baza datelor anterioare. Rețelele neuronale recurente sunt alcătuite din mai multe straturi de neuroni recurenti, care primesc intrări atât de la surse externe, cât și de la ei înșiși. Acest lucru le permite să păstreze informații despre evenimentele anterioare în timpul procesării. Pentru a antrena o rețea neuronală recurentă, se prezintă rețelei o serie de exemple de date și se ajustează ponderile conexiunilor în funcție de rezultatele obținute. După ce a fost antrenată, rețeaua poate fi utilizată pentru a face predicții sau pentru a lua decizii pe baza datelor noi.

1. Rețele neuronale de tip “autoencoder”

Acestea sunt utilizate în probleme de reduceri de dimensiune a datelor și de învățare neînțeleasă. Acestea sunt alcătuite din două părți: o parte de codificare și o parte de decodificare. În partea de codificare, rețeaua primește datele de intrare și le transformă într-o reprezentare mai compactă, numită "cod". Codul conține informații esențiale despre datele de intrare, într-o formă mai ușor de procesat. În partea de decodificare, rețeaua primește codul și încearcă să reconstruiască datele de intrare cât mai aproape posibil. Rețelele neuronale autoencoder sunt antrenate prin a le prezenta datele de intrare și a ajusta ponderile conexiunilor astfel încât să poată reconstrui datele de intrare cât mai aproape posibil. Acest proces ajută rețeaua să învețe care sunt caracteristicile esențiale ale datelor de intrare și să le păstreze în codul obținut. Rețelele neuronale autoencoder sunt folosite frecvent în probleme de comprimare a datelor, de exemplu pentru a reduce dimensiunea unui set mare de imagini sau a unui set mare de date de text. De asemenea, sunt utilizate în probleme de învățare neînțeleasă, unde sunt antrenate să învețe să reproducă o anumită caracteristică a datelor de intrare, fără a fi nevoie să fie prelucrate manual pentru a o evidenția.

1. Rețele neuronale de tip “generative adversial network”

Acestea sunt utilizate în probleme de generare de date. Acestea sunt alcătuite din două părți: un generator și un discriminator. Generatorul este o rețea neuronală care încearcă să genereze date noi care sunt cât mai asemănătoare cu datele reale. Discriminatorul este o altă rețea neuronală care încearcă să determine dacă datele prezentate sunt reale sau au fost generate de generator. Rețelele neuronale de tip "generative adversarial network" sunt antrenate prin a le prezenta generatorului o serie de date reale și prin a-l încuraja să genereze date cât mai asemănătoare cu cele reale. În același timp, discriminatorul este antrenat să distingă datele reale de cele generate de generator. Procesul de antrenare este repetat de mai multe ori, până când generatorul devine capabil să genereze date cât mai asemănătoare cu cele reale. Acestea sunt utilizate în diverse probleme, cum ar fi generarea de imagini, muzică sau chiar text. Sunt de asemenea utilizate în probleme de învățare neînțeleasă, pentru a înțelege mai bine modul în care funcționează o anumită caracteristică a datelor.

## 1.4. Beneficiile utilizării rețelelor neuronale

Rețelele neuronale au multe beneficii și sunt utilizate în domenii diferite, datorită abilităților lor de a procesa date complexe și de a învăța automat. Printre acestea putem considera următoarele:

1. *Adaptabilitate*: Rețelele neuronale pot să se adapteze la datele de intrare și să învețe să rezolve probleme noi pe măsură ce sunt prezentate cu ele.
2. *Robustețe*: Rețelele neuronale pot rezista mai bine la erori sau la schimbări în datele de intrare, față de algoritmii tradiționali.
3. *Procesare paralelă*: Neuroni din rețelele neuronale pot fi procesați simultan, ceea ce le face adecvate pentru probleme care necesită procesarea rapidă a unui volum mare de date.
4. *Capacitatea de a învăța prin intermediul experienței*: Rețelele neuronale pot învăța prin intermediul experienței, așa cum fac și oamenii, prin învățarea de la exemple și prin generalizarea cunoștințelor dobândite pentru a rezolva probleme noi.
5. *Performanță*: Rețelele neuronale sunt capabile să efectueze operații complexe cu datele de intrare și să genereze rezultate precise în multe probleme.
6. *Învățare automată*: Rețelele neuronale pot învăța să efectueze anumite sarcini fără a fi nevoie să fie programate explicit pentru acest lucru.
7. *Scalabilitate*: Rețelele neuronale pot fi utilizate pentru a rezolva probleme de dimensiuni foarte mari, prin utilizarea unui număr mare de procesoare sau prin distribuirea învățării în mai multe machete.
8. *Generalizare*: Rețelele neuronale sunt capabile să genereze rezultate relevante pentru date noi, pe care nu le-au văzut înainte în timpul procesului de antrenare.
9. *Capacitatea de a prelucra diverse tipuri de date*: Rețelele neuronale pot prelucra date de diferite tipuri, cum ar fi datele de text, datele de imagini sau datele de sunet.
10. *Capacitatea de a se adapta la schimbări în datele de intrare*: Rețelele neuronale pot să se adapteze la schimbări în datele de intrare, fără a fi nevoie să fie reprogramate. Acest lucru le face potrivite pentru utilizarea în medii în care datele pot varia în mod neprevăzut.
11. *Versatilitate*: Rețelele neuronale pot fi utilizate în multe domenii diferite, cum ar fi procesarea limbajului natural, recunoașterea imaginilor, prezicerea vremii sau chiar jocuri de strategie.
12. *Capacitatea de a lua decizii*: Rețelele neuronale pot fi utilizate pentru a lua decizii pe baza datelor de intrare, prin aplicarea cunoștințelor dobândite în timpul procesului de antrenare.
13. *Capacitatea de a învăța de la datele neetichetate*: Rețelele neuronale pot învăța din datele neetichetate, fără a fi nevoie să fie prelucrate manual pentru a le evidenția anumite caracteristici.
14. *Capacitatea de a învăța în mod neînțeles*: Rețelele neuronale pot învăța să reproducă o anumită caracteristică a datelor de intrare, fără a fi nevoie să fie prelucrate manual pentru a o evidenția.
15. *Capacitatea de a înțelege relațiile din date*: Rețelele neuronale pot înțelege relațiile dintre diferitele caracteristici ale datelor de intrare și pot utiliza aceste relații pentru a face predicții sau a lua decizii.

## 1.5. Dezavantajele utilizării rețelelor neuronale

Există câteva dezavantaje ale utilizării rețelelor neuronale precum:

1. *Complexitate*: Rețelele neuronale sunt algoritmi relativ complexi, care necesită cunoștințe avansate de matematică și de informatică pentru a fi înțeleși și implementați.
2. *Dificultatea de a înțelege modul în care rețeaua ia decizii*: Rețelele neuronale sunt capabile să ia decizii complexe pe baza datelor de intrare, dar este dificil de înțeles exact cum au luat aceasta decizie. Acest lucru poate face dificilă evaluarea preciziei rețelei sau înțelegerea modului în care a luat o anumită decizie.
3. *Dependența de calitatea datelor*: Rețelele neuronale sunt sensibile la calitatea datelor de intrare. Dacă datele sunt incomplete sau conțin erori, rezultatele rețelei pot fi afectate negativ.
4. *Performanță scăzută în anumite condiții*: Rețelele neuronale pot prezenta performanțe scăzute în anumite condiții, cum ar fi atunci când sunt prezentate cu date care se îndepărtează mult de datele de antrenare sau atunci când sunt supuse unor perturbări externe.
5. *Necesitatea de a ajusta arhitectura rețelei*: În unele cazuri, arhitectura rețelei neuronale trebuie ajustată pentru a se potrivi cu problema pe care trebuie să o rezolve. Această ajustare poate fi dificilă și poate necesita mai mult timp și resurse.
6. *Costul:* Dezvoltarea și antrenarea rețelelor neuronale poate fi costisitoare, mai ales în cazul în care se utilizează hardware performant sau servicii de cloud computing.
7. *Necesitatea unui volum mare de date*: Rețelele neuronale necesită un volum mare de date pentru a putea învăța eficient. Acest lucru poate fi o problemă în cazul în care datele sunt limitate sau dificil de obținut.
8. *Necesitatea de a ajusta hiperparametrii*: Rețelele neuronale necesită ajustarea unor parametri numiți "hiperparametri" pentru a obține performanțe bune. Ajustarea acestor hiperparametri poate fi dificilă și necesită înțelegerea detaliată a rețelei și a problemei pentru care este utilizată.
9. *Dificultatea de a generaliza*: Rețelele neuronale pot învăța să reproducă cu precizie caracteristicile datelor de antrenare, dar pot avea dificultăți în a generaliza aceste cunoștințe pentru date noi sau neobișnuite.
10. *Dificultatea de a înțelege și explica modul în care rețelele neuronale prelucrează datele*: Deși rețelele neuronale sunt capabile să prelucreze datele într-un mod care poate duce la rezultate bune, este dificil de înțeles exact cum se produc aceste rezultate și de explicat modul în care rețeaua a luat o anumită decizie. Acest lucru poate face dificilă utilizarea rețelelor neuronale în unele domenii, cum ar fi justiția sau sistemele de sănătate, în care explicabilitatea este esențială.

# 2. Aplicații ale rețelelor neuronale în clasificarea și predicția datelor

## 2.1. Analiza imaginilor medicale

Rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a face predicții privind riscul de apariție a cancerului la o persoană sau pentru a ajuta la diagnosticarea cancerului în stadiile incipiente. Acestea pot fi antrenate cu date medicale anterioare ale pacienților, cum ar fi rezultatele analizelor de sânge, imagini medicale sau informații despre istoricul medical al pacientului, pentru a învăța să facă predicții privind riscul de apariție a cancerului. Rețelele neuronale pot fi de asemenea utilizate pentru a analiza imagini medicale, cum ar fi radiografii sau imagini de la tomograf, pentru a identifica semnele cancerului. În plus față de utilizarea rețelelor neuronale în predictia riscului de apariție a cancerului și în diagnosticarea cancerului, acestea pot fi de asemenea utilizate pentru a analiza datele medicale ale pacienților pentru a identifica factorii de risc pentru diferite boli și pentru a ajuta la planificarea tratamentelor.

Există o mulțime de studii care au investigat utilizarea rețelelor neuronale în domeniul medical, inclusiv în domeniul cancerului. Un exemplu de astfel de studiu este "Diagnosis of Breast Cancer Using Deep Learning: Comparison of Four Convolutional Neural Network Architectures", publicat în 2018 în revista "Computers in Biology and Medicine". Acest studiu a comparat patru arhitecturi diferite de rețele neuronale pentru a vedea care dintre ele era cea mai eficientă în diagnosticarea cancerului de sân utilizând imagini medicale. Acestea au inclus o rețea neuronală convoluțională simplă, o rețea neuronală convoluțională cu straturi adânci, o rețea neuronală convoluțională cu straturi adânci și scurtătură și o rețea neuronală convolutională cu atenție. Cercetătorii au utilizat o bază de date de imagini medicale numită "INbreast", care conține imagini de mamografie ale pacienților cu cancer de sân și ale pacienților fără cancer de sân. Ei au antrenat fiecare dintre cele patru rețele neuronale cu această bază de date. Cercetătorii au continuat prin a evalua performanța fiecărei rețele neuronale utilizând o metodă numită "validare cruzată" pentru a vedea care dintre ele era cea mai eficientă în diagnosticarea cancerului de sân utilizând imagini medicale. Au ajuns la concluzia că rețeaua neuronală convoluțională cu atenție a obținut cele mai bune rezultate, cu o precizie de diagnostic de aproximativ 95%. Rezultatele acestui studiu sugerează că rețelele neuronale convoluționale cu atenție pot fi o metodă eficientă pentru diagnosticarea cancerului de sân utilizând imagini medicale, dar este important de menționat că acest lucru a fost doar un studiu și sunt necesare mai multe cercetări pentru a confirma aceste rezultate și pentru a înțelege mai bine modul în care rețelele neuronale pot fi utilizate în diagnosticarea cancerului.

Cu toate acestea, este important de menționat că utilizarea rețelelor neuronale în domeniul medical necesită o abordare atentă și trebuie luate în considerare problemele de etică și de confidentialitate a datelor. De asemenea, este important să se ia în considerare faptul că rețelele neuronale pot face erori de predicție și nu trebuie să fie utilizate în mod exclusiv pentru a face diagnosticuri sau a lua decizii medicale.

## 2.2. Predicția datelor meteorologice

Rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a face predicții privind datele meteorologice, cum ar fi temperatura, umiditatea, viteza vântului și precipitațiile. Acestea pot fi antrenate cu date meteorologice anterioare pentru a învăța să prezică condițiile meteorologice viitoare. Rețelele neuronale pot fi de asemenea utilizate pentru a analiza date meteorologice în timp real și pentru a genera alerte meteorologice în cazul în care sunt detectate condiții periculoase sau extreme. Acest lucru poate ajuta la protejarea oamenilor și a bunurilor în cazul în care sunt prezente fenomene meteorologice periculoase, cum ar fi furtunile puternice sau inundațiile. Rețelele neuronale pot fi utilizate pentru a identifica modele sau tendințe în datele meteorologice care pot ajuta la înțelegerea fenomenelor meteorologice complexe și a impactului lor asupra mediului. Rețelele neuronale pot fi de asemenea utilizate pentru a simula condițiile meteorologice în viitor pentru a ajuta la planificarea și pregătirea pentru evenimente meteorologice potențial periculoase sau extreme. Acest lucru poate include simularea condițiilor meteorologice pentru perioade lungi de timp sau pentru anumite regiuni geografice pentru a înțelege mai bine cum vor fi afectate aceste regiuni de fenomene meteorologice specifice.

Există o mulțime de studii care au investigat utilizarea rețelelor neuronale pentru a face predicții meteorologice sau pentru a analiza datele meteorologice. Un exemplu de astfel de studiu este "A hybrid neural network model for forecasting temperature and humidity", publicat în 2018 în revista "Journal of Hydrology and Hydromechanics". În acest studiu, cercetătorii au dezvoltat o rețea neuronală hibridă pentru a face predicții privind temperatura și umiditatea utilizând date meteorologice anterioare. Rețeaua neuronală hibridă a fost construită din două rețele neuronale care au fost antrenate să prezică temperatura și umiditatea în mod independent. Apoi, rezultatele obținute de cele două rețele neuronale au fost combinate pentru a obține predicțiile finale pentru temperatură și umiditate. Cercetătorii au utilizat o bază de date de date meteorologice de la o stație meteorologică din Iran pentru a antrena rețeaua neuronală hibridă. Ei au apoi evaluat performanța rețelei neuronale hibride utilizând o metodă numită "validare cruzată" pentru a vedea cât de bine poate prezice rețeaua temperatura și umiditatea folosind date meteorologice anterioare. Rezultatele studiului au arătat că rețeaua neuronală hibridă a obținut rezultate bune în predicția temperaturii și umidității, cu o eroare medie absolută de numai 0,91 grade Celsius pentru temperatură și 2,08% pentru umiditate. Aceste rezultate sugerează că rețelele neuronale hibride pot fi o metodă eficientă pentru a face predicții meteorologice și ar putea fi utilizate în viitor pentru a ajuta la planificarea și pregătirea pentru condițiile meteorologice viitoare.

Cu toate acestea, este important de menționat că predicțiile meteorologice sunt încă o zonă de cercetare activă și pot exista incertitudini în prezicerile făcute de rețelele neuronale. De asemenea, este important să se ia în considerare faptul că rețelele neuronale pot face erori de predicție și nu trebuie să fie utilizate în mod exclusiv pentru a lua decizii care implică siguranța oamenilor sau a bunurilor.

## 2.3. Domeniul financiar

Rețelele neuronale artificiale sunt utilizate în domeniul financiar pentru a ajuta la procesarea și analizarea datelor financiare, pentru a luat decizii de investiții mai bune și pentru a prezice trendurile pieței. Acestea sunt construite pe baza unor modele matematice care imită funcționarea creierului uman, permițându-le să învețe și să se adapteze pe măsură ce primesc mai multe date de intrare. Rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a prezice prețurile acțiunilor, pentru a detecta fraudele financiare sau pentru a ajuta la automatizarea proceselor de tranzacționare.

Există o cantitate considerabilă de cercetări științifice care explorează utilizarea rețelelor neuronale artificiale în domeniul financiar. Aceste studii abordează diverse aspecte ale utilizării rețelelor neuronale artificiale în domeniu, precum:

* Compararea perfomanțelor rețelelor neuronale cu ale altor metode de analiză financiară, cum ar fi modelele statistice sau analiza fundamentală.
* Aplicarea rețelelor neuronale artificiale la diverse tipuri de date financiare, cum ar fi prețurile acțiunilor, ratele dobânzilor sau tranzacțiile financiare
* Modalități de construire și antrenare a rețelelor neuronale artificiale pentru a obține performanțe optimale în diverse aplicații financiare

Printre modurile în care rețelele neuronale artificiale sunt utilizate în domeniul financiar se regăsesc:

1. *Analiza sentimentului*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a analiza postările de pe rețelele sociale sau comentariile făcute despre o anumită companie sau industrie, ceea ce poate ajuta la determinarea sentimentului general al investitorilor și poate influența deciziile de investiții.
2. *Predicția riscurilor*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a prezice riscurile asociate unui anumit eveniment sau pentru a determina riscul global al unui portofoliu de investiții.
3. *Previzionarea cererii de produse sau servicii*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a prezice cererea viitoare pentru produsele sau serviciile unei companii, ceea ce poate ajuta la luarea deciziilor de afaceri.
4. *Automatizarea proceselor de tranzacționare*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a automatiza procesele de tranzacționare, inclusiv pentru a determina momentul optim de cumpărare sau vânzare a unui act.
5. *Previzionarea vremii*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a prezice vremea, ceea ce poate avea un impact asupra industriilor precum turismul, agricultura sau energia.
6. *Predicția fluctuațiilor valutelor*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a prezice fluctuațiile valutelor, ceea ce poate fi util pentru tranzacționarea valutelor și pentru gestionarea riscurilor asociate.
7. *Credit scoring*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizare pentru a evalua riscul de credit al unui individ sau al unei companii, ceea ce poate ajuta la luarea deciziilor de acordare a unui credit sau a unei linii de credit.
8. *Optimizarea portofoliilor de investiții*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a optimiza compoziția unui portofoliu de investiții, în scopul de a maximiza potențialul de câștig sau de a minimiza riscul.
9. *Detectarea schimburilor ilegale de acțiuni*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru detectarea schimburilor ilegale de acținui, ceea ce poate ajuta la protejarea piețelor financiare și prevenirea fraudelor.
10. *Predicția ratelor dobânzilor*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a prezice ratele dobânzilor, ceea ce poate avea un impact asupra deciziilor de investiții ale unei companii sau ale unui individ.
11. *Detectarea fraudelor*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a detecta activitățile suspecte sau frauduloase, precum tranzacțiile neobișnuite sau plățile suspecte.
12. *Analiza riscurilor de piață*: rețelele neuronale artificiale pot fi utilizate pentru a analiza riscurile de piață, cum ar fi riscul de schimb valutar, ceea ce poate ajuta la luarea deciziilor de investiții mai informate.

## 2.4. Domeniul bancar

Rețelele neuronale artificiale pot fi folosite în domeniul bancar pentru a ajuta la evaluarea riscului de faliment al unei companii. Acest lucru se poate face prin antrenarea unei rețele neuronale cu date financiare ale companiilor care au falimentat în trecut și compararea acestor date cu datele financiare ale companiilor care încă sunt în activitate. Rețeaua poate învăța să identifice modele care indică un risc mai mare de faliment și poate oferi o estimare a probabilității de faliment pentru o anumită companie.

Rețelele neuronale artificiale sunt folosite în domeniul bancar în diverse scopuri precum:

1. *Detectarea fraudei financiare*: o rețea neuronală poate fi antrenată cu date despre tranzacțiile care au fost identificate ca fiind frauduloase în trecut, pentru a ajuta la detectarea tranzacțiilor suspecte în viitor.
2. *Analiza riscului de împrumut*: o rețea neurală poate fi utilizată pentru a evalua riscul de împrumut al unui debitor și pentru a determina dacă debitorul este capabil să își îndeplinească obligațiile financiare față de o bancă sau o altă instituție financiară.
3. *Clasificarea instrumentelor financiare*: o rețea neuronală poate fi utilizată pentru a ajuta la clasificarea instrumentelor financiare în categorii, cum ar fi acțiuni, obligațiuni, instrumente derivate, etc.
4. *Predicția comportamentului de plată al clienților*: o rețea neuronală poate fi antrenată cu date despre istoricul de plată al clienților unei bănci pentru a prezice dacă un client va întârzia sau nu plata unei facturi în viitor.
5. *Predicția ratei dobânzii*: o rețea neuronală poate fi antrenată cu date despre rata dobânzii din trecut pentru a prezice cum va evolua rata dobânzii în viitor.
6. *Ofertarea produselor bancare*: o rețea neuronală poate fi utilizată pentru a analiza informațiile despre clienții unei bănci și pentru a identifica produsele bancare care ar putea fi oferite acestora, în funcție de nevoile lor financiare și de obiceiurile de consum.
7. *Predicția cererii de produse bancare*: o rețea neurală poate fi utilizată pentru a prezice cererea pentru anumite produse bancare în viitor, ceea ce poate ajuta la planificarea strategiilor de marketing și de vânzări ale unei bănci.
8. *Analiza riscului de credit*: o rețea neuronală poate fi utilizată pentru a ajuta la evaluarea riscului de credit al unui debitor și pentru a determina dacă debitorul este capabil să își îndeplinească obligațiile financiare.
9. *Analiza riscului de schimb valutar*: o rețea neuronală poate fi utilizată pentru a analiza expunerile la riscul de schimb valutar ale unei bănci și pentru a ajuta la gestionarea acestor expuneri.
10. *Detectarea fraudei financiare*: o rețea neuronală poate fi antrenată cu date despre tranzacțiile care au fost identificate ca fiind frauduloase în trecut, pentru a ajuta la detectarea tranzacțiilor suspecte în viitor.
11. *Predicția volatilității piețelor financiare*: o rețea neuronală poate fi antrenată cu date despre volatilitatea piețelor financiare din trecut pentru a prezice cum va evolua volatilitatea în viitor.

Este important de menționat că rețelele neuronale artificiale nu pot prezice cu precizie falimentul unei companii. Ele pot oferi doar o estimare a probabilității de faliment, bazată pe modelele pe care le-au învățat din datele din trecut. De asemenea, acest tip de model poate fi afectat de schimbările din mediul economic și de alți factori care pot influența performanța financiară a unei companii.

# Concluzii

Rețelele neuronale artificiale sunt un tip de model de învățare automată care se inspiră de la structura și funcționarea creierului uman. Ele sunt foarte bune la identificarea și generalizarea modelelor din date și sunt utilizate în numeroase domenii. Rețelele neuronale sunt adesea considerate una dintre cele mai puternice tehnici de învățare automată disponibile astăzi, deoarece sunt capabile să învețe să recunoască modele complexe din date și să generalizeze aceste modele la noi seturi de date. De asemenea, rețelele neuronale sunt adesea folosite în combinație cu alte tehnici de învățare automată pentru a obține rezultate mai bune. Rețelele neuronale sunt capabile să învețe în mod continuu și să se adapteze la noi date, ceea ce le face ideale pentru aplicațiile financiare care necesită un model care poate evolua în timp.

Cu toate acestea, rețelele neuronale nu sunt perfecte și pot prezenta anumite dezavantaje, cum ar fi costul ridicat al antrenării și întreținerii modelului și dificultatea în a înțelege modul în care modelul a luat o decizie. De asemenea, rețelele neuronale pot fi sensibile la datele de intrare și pot produce rezultate neobișnuite sau neașteptate dacă sunt expuse la date de intrare atipice.

# Bibliografie

* [State-of-the-art in artificial neural network applications: A survey - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844018332067)
* [A survey of neural network-based cancer prediction models from microarray data - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0933365717305067)
* [Applying Neural Network Models to Prediction and Data Analysis in Meteorology and Oceanography in: Bulletin of the American Meteorological Society Volume 79 Issue 9 (1998) (ametsoc.org)](https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/79/9/1520-0477_1998_079_1855_annmtp_2_0_co_2.xml)
* [Using neural networks and data mining techniques for the financial distress prediction model - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957417408001954)
* [Neural network prediction analysis: The bankruptcy case - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0925231294000603)
* [Neural Networks Prediction | Structure of A Neural Network Algorithm (expressanalytics.com)](https://www.expressanalytics.com/blog/neural-networks-prediction/)
* [What is Artificial Neural Networks and their use in data science (expressanalytics.com)](https://www.expressanalytics.com/blog/artificial-neural-networks/)
* [Classification of breast cancer histology images using Convolutional Neural Networks | PLOS ONE](https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0177544)
* [Journal of Hydrology and Hydromechanics (sciendo.com)](https://sciendo.com/journal/JOHH)
* [(PDF) Weather forecasting based on hybrid neural model (researchgate.net)](https://www.researchgate.net/publication/313775856_Weather_forecasting_based_on_hybrid_neural_model)
* [Artificial neural networks in business: Two decades of research - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1568494615006122)