1. **Introducere**
   1. **Contextul lucrării**

Trăim într-o lume dinamică, care este într-o continuă dezvoltare și unde, pe măsura ce populația planetei se află într-o creștere accelerată, la fel este și consumul de energie electrică la nivel mondial**[1]**. Energia electrică este vitală pentru a încuraja dezvoltarea economică și pentru a ușura viețile de zi cu zi ale oamenilor.

O problemă majoră care apare din cauza acestei creșteri a consumului de energie electrică este poluarea. Multe din sursele folosite pentru producerea energiei electrice sunt mari poluatori, cum ar fi petrolul și gazele naturale. Spre exemplu, în Statele Unite ale Americii aproximativ 62.7% din energia electrică produsă este obținută prin arderea de combustibili fosili**[2]**.

Cum multe din activitățiile sociale și economice ale omenirii au devenit din ce în ce mai digitalizate, în ultimii ani a apărut nevoia pentru a avea acces la o putere de calcul din ce în ce mai mare. Așa au apărut centrele de date, care nu sunt altceva decât conglomerate de calculatoare care, de obicei, se aflată în aceeași încăpere și care lucrează împreună pentru realizarea de activități diverse. Unele dintre cele mai cunoscute centre de date sunt cele ale marilor companii din domeniul IT, cum ar fi cele de la Google**[3]**, Amazon**[4]** sau Microsoft**[5]** care sunt folosite și pentru a furniza servicii de cloud computing.

Pe măsură ce aceste centre de date cresc ca număr și ca putere de calcul, la fel crește și consumul lor de energie electrică. La momentul actual, centrele de date și rețele de transmisie a datelor consumă aproximativ 1% din energia electrică generată global**[6]**. Acest procent ar fi mult mai mare, deoarece, în ultimii ani consumul de energie al centrelor de date a crescut exponențial, dacă nu s-ar fi fost făcut atât de multe îmbunătățiri în eficientizarea consumului de energie electrică al acestor centre de date.

În prezent, deși s-au făcut foarte multe descoperiri în domeniul eficientizării consumului de energie electrică din centrele de date, acest domeniu este încă în plin avânt, deorece, din cauza poluării și efectelor ei dăunătoare asupra mediului înconjurător, cercetătorii caută diferite metode prin care pot să eficientizeze consumul de energie și să reutilizeze tot ce se poate reutiliza care urmare a consumului de energie electrică. În cazul centrelor de date, acest lucru poate fi căldura generată în încăpere datorată încălzirii unitățiilor care intră în componența acestor centre de date.

Datorită creșterii exponențiale a numărului de centre de date și a consumului lor de electricitate, a crescut la fel de exponențial și căldura care este generată de ele. Această caldură ar putea fi integrată în intalațiile locale de termoficare pentru a fi folosită de clădirile din vecinătate pentru încălzire. În acest caz, centrele de date ar putea fi considerate și ca producători de energie electrică.

Dacă s-ar putea prezice temperatură generată de un astfel de centru de date, s-ar putea crea un plan pentru pentru includerea acestei călduri în intalațiile locale de termoficare. În acest fel, energia electrică folosită pentru încălzirea apei ar putea fi folosită cu alt scop, maximizând eficiența pe care un centru de date l-ar putea avea ca producător de căldură și consumator de energie electrică.

Din fericire, datorită dezvoltării accelerate ale inteligenței artificiale și în special a deep learning-ului, precum și a numeroaselor date pe care le avem la momentul actual despre consumul de energie electrică a centrelor de date și a căldurii generate de ele, se pot dezvolta modele matematice care să prezică cu exactitate căldura pe care urmează să fie generată de un centru date, acest lucru permițându-ne să creăm acel plan de distribuire a căldurii pe care l-am menționat în paragraful anterior. Acestă realizare ar duce la o mai bună gestionarea a producției și folosirii de energie electrică, într-un mod mult mai sustenabil.

* 1. **Motivația lucrării**

După cum am specificat în secțiunea anterioară, un centru de date poate fi considerat și ca un producător de căldură. Această căldură ar putea fi folosită pentru încălzirea altor clădiri din apropierea centrului de date sau pentru includerea ei în circuitele locale de termoficare. Acest lucru ar fi posibil doar dacă s-ar putea prezice temperatura generată de către centrul de date, pentru a putea întocmi un plan solid de distribuire a căldurii.

Așadar, motivația principală a acestei lucrări este ilustrarea unor metode de predicție a temperaturii generate de către un centru de date pornind de la un set date existent care conține mai multe informații despre temperatura din centrul de date la anumite intervale de timp, precum și compararea metodelor ilustrate în această lucrare cu alte metode deja existente. Predicția ar trebui să fie cu cât mai aproape de realitate cu putință.

O motivație secundară ar putea fi considerată găsirea unei metode care poate fi generalizată și pentru alte probleme de genul acesta, spre exemplu, predicția consumului de energie pentru un centru de date.

* 1. **Conținutul lucrării**

În aceasta secțiune se va prezenta conținutul acestei lucrări pentru fiecare capitol în parte. Așadar, conținutul lucrării este următorul:

* Capitolul 1 – conține prezentarea contextului și motivației care stau la baza întocmirii acestei lucrări
* Capitolul 2 – conține descrierea obiectivelor principale și secundare ale proiectului
* Capitolul 3 – conține studiul bibliografic a materialelor luate în considerare pentru implementarea soluțiilor discutate în această lucrare
* Capitolul 4 – conține noțiunile teoretice care au fost luate în considerare pentru implementare
* Capitolul 5 – conține exemplificarea detaliilor de proiectare și implementarea soluțiilor alese
* Capitolul 6 – conține ilustrarea rezultatelor matematice și grafice obținute pentru soluțiile alese
* Capitolul 7 – conține setul de intrucțiuni pentru rularea soluțiilor exemplificate
* Capitolul 8 – conține concluziile la care s-a ajuns, precum și eventuale dezvoltări ulterioare

1. **Obiectivele proiectului**

**2.1 Obiectivul principal**

În capitolul anterior am scos în evidență nivelul ridicat de energie electrică pe care centrele de data îl consumă, precum și impactul pe care producția de energie electrică îl are asupra mediului înconjurător. În acest caz, centrele de date pot fi considerate ca mari consumatori de energie electrică. Dar, tot în capitolul anterior, am ilustrat și faptul că centrele de date pot fi considerate și ca producători de căldură, datorită căldurii generate de către componentele care intră în alcătuirea lor. Am văzut cum, teoretic, această căldură ar putea fi folosită pentru încălzirea clădirilor vecine, reducând astfel consumul de energie folosit pentru încălzirea apei din instalațiile de încălzire și, implicit, reducând poluarea și maximizând reutilizabilitatea.

Totuși, pentru a putea folosi această căldură generată de centrele de date este nevoie să știm dinainte câtă căldură poate genera centrul de date respectiv, precum și pe ce perioadă de timp. Este nevoie de aceste cunoștințe pentru a putea întocmi un plan, de care furnizorii de căldură trebuie să fie conștienți. Ei trebuie să știe cât din necesarul de căldură poate să fie acoperit de centrul de date.

Așadar, putem spune că obiectivul principal al acestei lucrări este ilustrarea unor metode de predicție temperaturii generate de către un centru de date. Aceste predicții se vor baza pe un set de date deja existent care va fi descris în capitolele următoare. Toate abordările ilustrate în această lucrare sunt bazate pe algoritmi de deep learning, mai precis, pe rețelele neuronale recurente de tip LSTM (Long short-term memory). Reformulat, obiectivul principal al acestui proiect sună cam așa: **predicția temperaturii dintr-un centru de date folosind rețele neuronale recurente de tip LSTM, pornind de la un set de date, care conține istoricul temperaturilor generate, deja existent**.

**2.2 Obiectivele secundare**

Din obiectivul principal mai rezultă și un set de obiective secundare care vor fi prezentate în această secțiune.

Deoarece o să existe mai multe abordări pentru predicția temperaturii apare și nevoia de a le compara. De asemenea, în această lucrare se încearcă și ilustrarea unei metode generice pentru predicția temperaturii dintr-un centru de date.

***2.2.1 Compararea diferitelor abordări de predicție***

Tot procesul de identificare a unui model potrivit pentru orice tip de predicție se bazează pe un procedeu de încercare a diferitelor metode, a diferiților parametrii pentru algoritmii respectivi, precum și prin preprocesarea a setului de date inițial pentru obținerea de rezultate mai bune.

Pentru acest caz procedura de identificare a unui model potrivit este similară, prin compararea a mai multor abordări. Aceste abordări variază prin configurația rețelei neuronale recurente pe care o folosesc sau prin setul de date folosit (cel inițial sau o variantă preprocesată a sa). Toate rezultatele vor fi comparate prin folosirea unor metrici.

În concluzie, primul obiectiv secundar prezentat poate fi rezumat în următorul fel: **elaborarea unui studiu de comparație între metodele de predicție a temperaturii dintr-un centru de date.**

***2.2.2 Elaborarea unei metode generice de predicție***

Prin încercarea diferitor metode de predicție se va elabora un studiu de comparație între aceste metode. Pe baza acestor rezultate se dorește elaborarea, la nivel teoretic, a unei metode generice de predicție a temperaturii dintr-un centru de date și nu numai.

Prin metodă generică de predicție, se va înțelege o metodă de predicție a temperaturii bazată pe rețele neuronale recurente de tip LSTM care poate fi folosită și pentru alte tipuri de probleme, nu doar pentru centrele de date. Rețele neuronale de tip LSTM sunt foarte bune pentru predicția care se bazează pe date care sunt influențate de datele din trecut (ex. temperatura de afară de azi e influențată de temperatura de afară de ieri). De aceea, abordările prezentate aici se pot preta și pentru alte probleme similare.

Așadar, al doilea obiectiv secundar poate fi formulat după cum urmează: **elaborarea unei metode generice de predicție a temperaturii.**

1. **Studiul bibliografic**
2. **Analiză și fundametare teoretică**
3. **Proiectare de detaliu și implementare**
4. **Experimente și validare**
5. **Manual de instalare și utilizare**
6. **Conluzii și dezvoltări ulterioare**
7. **Glosar**

|  |  |
| --- | --- |
| **Termen** | **Definiție** |
| Cloud computing | **-** |
| Deep learning | **-** |
| LSTM | Prescurtarea de la Long short-term memory – un tip de rețele neuronale recurente |

1. **Bibliografie**

[1] IEA, Data and statistics – Energy Consumption, <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20consumption&indicator=Electricity%20consumption>

[2] EIA, What is U.S. electricity generation by energy source?, <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=427&t=3>

[3] Google global infrastructure, <https://www.google.com/about/datacenters/locations/>

[4] Amazon global infrastructure, <https://aws.amazon.com/about-aws/global-infrastructure/>

[5] Microsoft Azure global infrastructure, <https://azure.microsoft.com/en-us/global-infrastructure/>

[6] IEA, Data centres and data transmission networks, <https://www.iea.org/reports/tracking-buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>