

SOLUȚIE INTELIGENTĂ PENTRU RECICLAREA ALIMENTARĂ

Student **Ionuț Adrian GORTOESCU**¹, Student **Radu Marius TĂNASE**¹,
Șef lucr. dr. ing. **Cosmina – Mihaela ROȘCA**¹

¹ Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești, Ploiești, România

REZUMAT. Coșul inteligent propus în această lucrare este o soluție inovatoare care abordează problema risipei alimentare. Acesta promovează donarea de alimente a utilizatorilor casnici. Echipat cu tehnologii avansate, precum senzorul IR pentru identificarea materialelor, serviciul de inteligență artificială pentru recunoașterea alimentelor și un ansamblu de monitorizare intern, coșul inteligent previne alterarea alimentelor. Cu ajutorul senzorului de distanță, utilizatorul este notificat când coșul este plin. Motorul integrat acționează clapeta de introducere a alimentelor în coș, iar LED-ul oferă semnallzare vizuală pentru identificarea produselor non-alimentare sau a altor tipuri de erori.

Cuvinte cheie: Sensori, Inteligență artificială, Baze de date, Risipă alimentară.

ABSTRACT. The intelligent bin proposed in this paper is an innovative solution that addresses the problem of food waste. It promotes household users' food donations. Equipped with advanced technologies such as an IR sensor for material identification, an AI service for food recognition, and an internal monitoring assembly, the intelligent bin prevents food spoilage. With the help of a distance sensor, the user is notified when the bin is full. The integrated motor operates the flap for food insertion into the bin, while the LED provides visual signals for identifying non-food items or other types of errors.

Keywords: Sensors, Artificial intelligence, Databases, Food waste.

1. INTRODUCERE

În lumina creșterii alarmante a cantității deșeurilor la nivel global, reciclarea devine o necesitate pentru menținerea echilibrului ecologic. În acest context, abordările inovatoare prezentate în diverse lucrări de specialitate reprezintă puncte de referință pentru dezvoltarea și implementarea soluțiilor eficiente în gestionarea deșeurilor și promovarea unui mediu sănătos și sustenabil. În literatura de specialitate există o multitudine de propuneri menite să prevină sau să reducă din cantitățile deșeurilor existente la acest moment.

Hassan et al. (2018) prezintă dezvoltarea unui prototip de coș de reciclare cu sortare automată, utilizând un microcontroler Arduino, pentru a sorta diferite tipuri de deșeuri reciclabile. Prototipul este constituit din: un senzor ultrasunete pentru detectarea obiectelor, un senzor de proximitate inductiv pentru detectarea metalelor și un senzor LDR pentru diferențierea dintre hârtie și plastic. Partea mecanică include două motoare care dirijează sortarea și deplasarea obiectelor în compartimentele corespunzătoare ale coșului. Un microcontroler Arduino Mega coordonează operațiunile și luările de decizie ale întregului sistem. Prototipul este eficient în sortarea deșeurilor din plastic, dar sensibilitatea pentru deșeuri

din hârtie și aluminiu necesită îmbunătățiri. Astfel, numărul de senzori și unghiurile de detectare ar trebui ajustate pentru a îmbunătăți mecanismul de detectare. Implementarea acestui concept poate contribui la reducerea costurilor de eliminare a deșeurilor solide în viitor, iar un prototip îmbunătățit ar putea include caracteristici Internet of Things (IoT) și un sistem de recompense pentru a crește conștientizarea și angajamentul utilizatorilor în reciclare.

O abordare total diferită de lucrarea lui Hassan et al. (2018), dar cu același obiectiv, este propusă de către Baras et al. (2020), în care infrastructura hardware cuprinde un dispozitiv Raspberry Pi utilizat ca unitate de procesare a datelor și o cameră pentru captarea imaginilor de la interiorul tomberonului. Articolul propune utilizarea unei rețele neuronale convoluționale pentru analiza imaginilor captate de camera Raspberry Pi și pentru clasificarea deșeurilor în categorii precum carton, sticlă, metal, plastic sau resturi.

Abd Wahab et al. (2014) propune un sistem de colectare inteligent bazat pe carduri smart și tehnologie RFID. Fiecare tip de deșeu dispune de o etichetă RFID care conține informații despre tipul de deșeu și greutatea acestuia. Dispozitivele RFID sunt instalate în echipamentele de colectare a deșeurilor. Aceste dispozitive sunt capabile să citească etichetele RFID atunci când deșeurile sunt introduse în coșurile de

reciclare. Informațiile citite de la etichetele RFID sunt transmise către un server central sau o bază de date unde sunt stocate și procesate ulterior.

O altă abordare utilizează codurile QR pentru monitorizarea deșeurilor. Aceste coduri QR sunt utilizate pentru identificarea și urmărirea individuală a fiecărui sac de gunoi, iar senzorii detectează starea și cantitatea de deșuri din coșurile inteligente (Pelonero et al., 2020). Componenta software include aplicații mobile pentru cetățeni, care permit scanarea și autentificarea prin intermediul codurilor QR, astfel încât utilizatorii să poată solicita colectarea deșeurilor și să primească recompense în funcție de participarea lor la reciclare (Pelonero et al., 2020).

Cui et al. (2020) prezintă un sistem de identificare a sticlelor de plastic, care include un senzor de greutate, un senzor ultrasonic pentru a identifica forma aproximativă a sticlelor de plastic PET. De asemenea, ei măsoară lungimea sticlei și ajută la determinarea formei sale generale. Toate aceste activități sunt coordonate prin intermediul unui PLC, ceea ce face ca prototipul să necesite resurse financiare crescute.

Pereira et al. (2019) descrie un coș de gunoi inteligent cu patru compartimente diferite pentru plastic, conținut umed, conținut uscat și apă reziduală rezultată din funcția de curățare automată. Coșul de gunoi inteligent utilizează senzori cu ultrasunete pentru a se deschide când o persoană se apropie pentru a arunca gunoiul, făcându-l astfel igienic. Senzorii capacitivi sunt utilizați pentru a măsura capacitățile diferite ale deșeurilor, permițând coșului de gunoi să facă distincția între deșeurile umede și cele uscate. De asemenea, senzorii infraroșii (IR) sunt utilizați pentru a distinge plasticul de alte deșuri uscate.

În cadrul acestei lucrări va fi prezentat un prototip care include atât o infrastructură hardware, cât și una software, pentru luarea deciziilor de triere a materialelor alimentare cu scopul prevenției risipei alimentare. În acest fel, alimentele pot fi utilizate pentru hrănirea animalelor, fără ca sănătatea acestora, să fie pusă în pericol.

2. CERINȚE TEHNICE

În fața unei probleme globale precum risipa alimentară, inovația tehnologică devine din ce în ce mai importantă. Un pas către soluționarea acestei provocări majore este reprezentat de un concept revoluționar: un coș de alimente inteligent. Acesta nu este doar un element obișnuit pentru depozitarea alimentelor, ci un dispozitiv dotat cu tehnologii avansate care își propune să prevină risipa alimentară și să optimizeze gestionarea proviziilor din gospodărie.

Prin urmare, o parte dintre alimente ar putea fi donate sau utilizate ca hrană animală, cu condiția ca alimentele să fie păstrate nealterate. Mai mult decât atât, unele alimente nu pot fi donate, ca de exemplu un pahar de iaurt început. Din acest considerente, dincolo de clasificarea obiectelor în alimentare și non-alimentare, prototipul prezentat în această lucrare își propune să identifice dacă alimentul se regăsește pe o listă specifică de alimente care pot fi donate. Această ultimă cerință intră în sarcina serviciului de inteligență artificială (IA). Cuplarea tuturor acestor tehnologii (lucrul cu senzorii și elementele de execuție, integrarea unei baze de date, serviciul de IA) în cadrul unei soluții comune, încadrează acest proiect în sfera cercetării și inovării domeniului mecanic.

Lucrarea își propune să realizeze o analiză comparativă între posibilitatea utilizării unui senzor IR pentru separarea alimentelor alimentare de cele non-alimentare și posibilitatea utilizării serviciului de IA. Prin urmare, se dorește identificarea unei soluții moderne pentru reciclare, contribuind la protejarea mediului atât pentru atenuarea condițiilor actuale ecologice, cât și pentru viitoarele generații care ar trebui să beneficieze de o educație în această direcție.

Pentru asigurarea calității alimentelor depozitate, coșul este echipat cu un ansamblu de monitorizare format din senzori de temperatură, umiditate și gaz. Acești senzori detectează și monitorizează condițiile din interiorul coșului, alertând utilizatorul în cazul în care apar anomalii care ar putea duce la alterarea alimentelor.

De asemenea, un ansamblu motorizat acționează clapeta de introducere a alimentelor în coș, asigurând o manipulare ușoară a proviziilor. Un LED integrat în dispozitiv oferă semnalizare vizuală în cazul identificării produselor non-alimentare, ajutând utilizatorul să facă distincția între diversele materiale depozitate.

În final, coșul inteligent este prevăzut cu un senzor de distanță care monitorizează nivelul de umplere al coșului și informează utilizatorul atunci când acesta este plin. Această funcționalitate ajută la gestionarea eficientă a proviziilor și la prevenirea risipei alimentare prin reducerea achizițiilor inutile și promovarea consumului responsabil.

Lucrarea își propune să demonstreze care tehnologie oferă o acuratețe mai bună pentru trierea produselor: senzorul IR sau serviciul de IA pentru identificarea obiectelor. De asemenea, lucrarea este un suport tehnic pentru identificarea tehnologiei de IA potrivite pentru tipologia de problemă specifică sortării elementelor.

3. PROTOTIPUL COȘULUI ROBIN

Prototipul acestui proiect poartă denumirea de roBin, iar infrastructura sa hardware este prezentată în Fig. 3.1. În această figură se poate observa că elementul de sortare este reprezentat de o clapetă a cărei acționare este declanșată de îndeplinirea condiției ca obiectul plasat pe aceasta să fie de natură alimentară. Elementul care implementează acțiunea propriu-zisă este un motor pas cu pas 17HS4401 cu driver A4988. Dacă obiectul plasat pe clapa de sortare nu este de natură alimentară, atunci un LED va informa cu privire la acest neajuns. Identificarea naturii obiectului se realizează atât cu ajutorul senzorului IR, cât și a serviciului de inteligență artificială care încearcă să identifice obiectul plasat pe clapa de acționare.

Monitorizarea în incinta coșului roBin se realizează cu senzorii de temperatură și umiditate, pentru a preveni alterarea alimentelor, iar identificarea momentului în care coșul este plin se realizează cu ajutorul senzorului de distanță

Așa cum se poate observa în Fig. 3.1, activitatea legată de senzori este coordonată prin intermediul unei plăci de dezvoltare Arduino Uno, însă elementul central al tuturor activităților este un sistem de calcul de tip laptop sau stație de lucru. Pe sistemul de calcul rulează o aplicație care comunică cu placa Arduino, dar și cu componenta de IA pentru detecția obiectelor. Aplicația a fost implementată folosind mediul de dezvoltarea Visual Studio și limbajul de programare C#, împreună cu frameworkul .NET. Aplicația care rulează pe placa Arduino a fost dezvoltată folosind mediul Arduino IDE și limbajul de programare C++. Componenta de IA utilizează frameworkul ML.NET,

acesta fiind asociat activităților de învățare automată (Machine Learning) în contextul tehnologiilor .NET. Fig. 3.2 prezintă schema conceptuală a funcționalității software.

Schema logică prezentată în Fig. 3.2 pune în evidență o secvență din execuția aplicației de bază, deoarece această secvență se va executa în mod repetitiv, cât timp aplicația va fi activă.

4. REZULTATE

Funcționalitatea prototipului a fost testată pentru toate situațiile marcate pe schema logică din Fig. 3.2, însă două dintre acestea au prezentat interes în punct de vedere științific. În primul caz au fost testate diferite materiale: sticlă, plastic, hârtie și alimente, împărțite în categoria alimentare și non-alimentare. În tabelul 1 sunt prezentate rezultatele obținute pentru câte un eșantion de 400 de elemente din fiecare categorie, împreună acuratețea senzorului IR. În acest tabel se poate observa că din cele 400 de alimente, 249 au fost identificate în mod corect. De asemenea, acuratețea identificării celorlalte elemente a fost de 100%, ceea ce înseamnă că senzorul NU poate fi utilizat cu succes în departajarea produselor alimentare de cele non – alimentare.

Tabelul 1. Rezultatele identificării categoriei alimentare, respectiv non-alimentare cu senzorul IR

| Categorie | Număr elemente identificate | Acuratețe |
|----------------|-----------------------------|-----------|
| Alimentare | 249/400 | 62.25% |
| Non-alimentare | 397/400 | 99.25% |

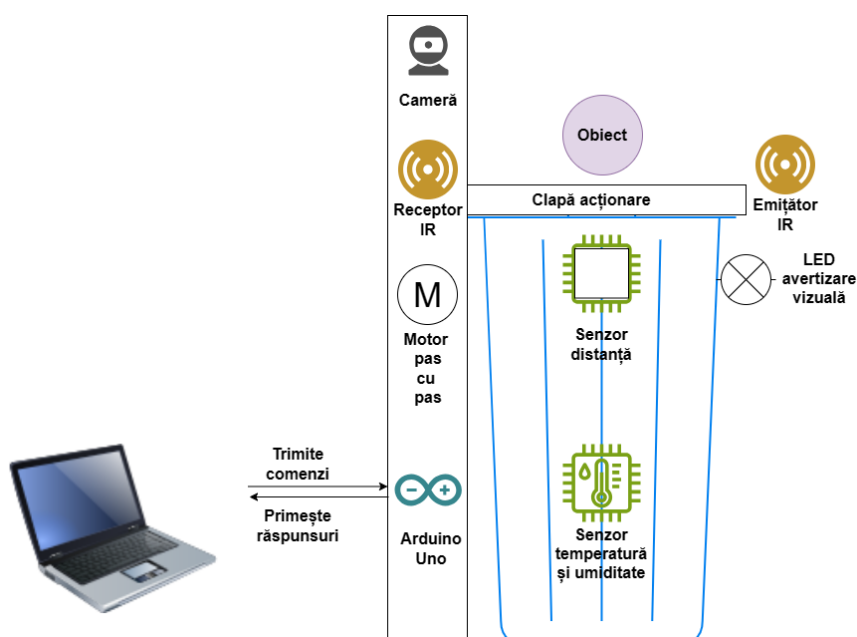


Fig. 3.1. Prototipul coșului inteligent roBin

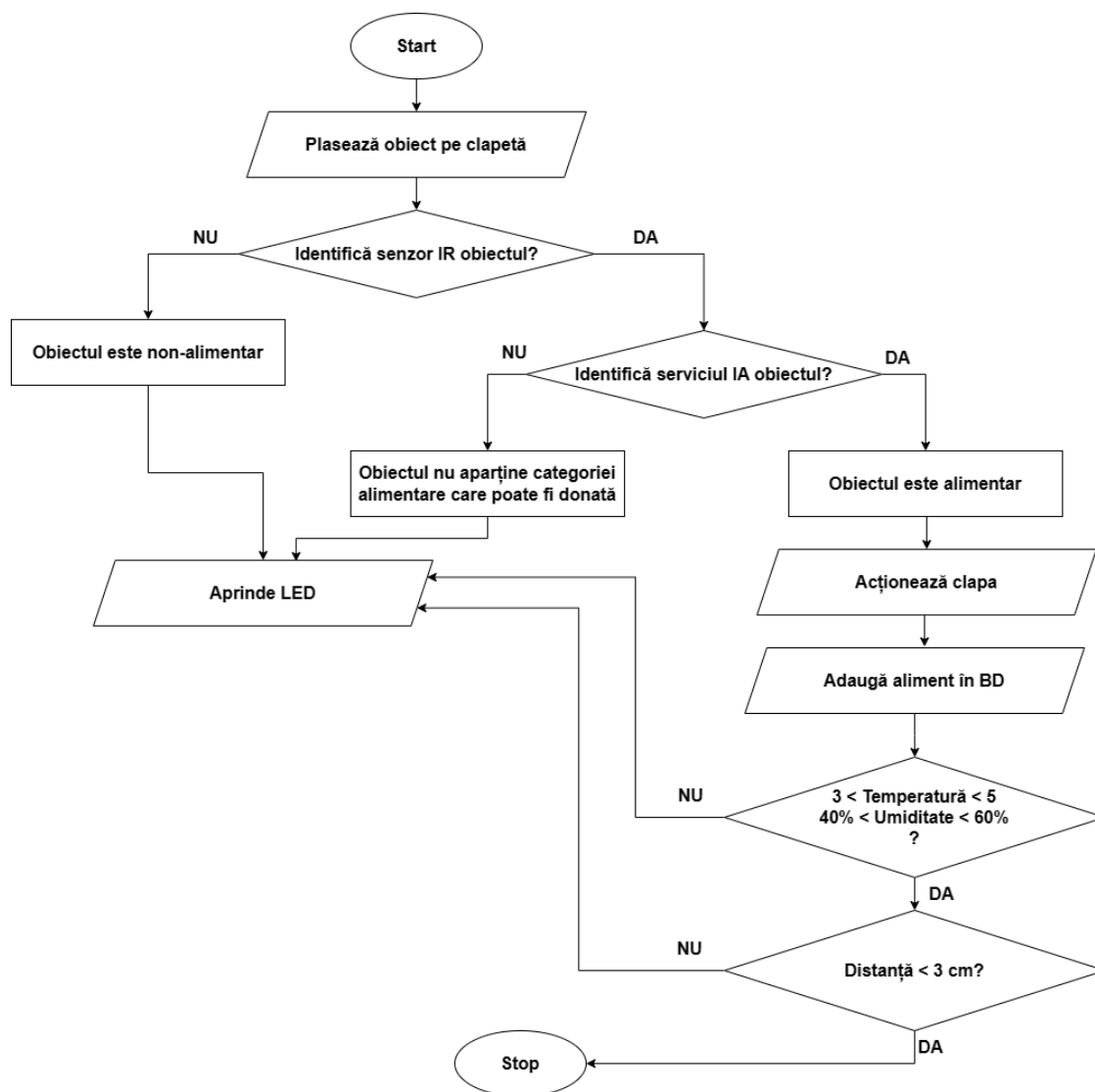


Fig. 3.2. Schema logică a componentei software pentru coșul inteligent roBin.

Cel de-al doilea set de teste a fost realizat pe obiectele existente în baza de date, pentru care s-au ales aceleași produse alimentare din primul set de teste: cartofi, portocale, lămâi și conserve. Cel din urmă obiect a fost ales tocmai pentru că este învelit în aluminiu. În tabelul 2 sunt prezentate rezultatele identificării obiectelor ca aparținând uneia dintre categorii, folosind serviciul de inteligență artificială.

Tabelul 2. Rezultatele identificării categoriei corespunzătoare cu serviciul IA

| Categorie | Număr elemente identificate | Acuratețe |
|-----------|-----------------------------|-----------|
| Cartof | 100/100 | 100% |
| Lămâie | 100/100 | 100% |
| Portocală | 100/100 | 100% |
| Croissant | 100/100 | 100% |

Din tabelul 2 se observă că serviciul pentru detecția și identificarea obiectelor are o acuratețe foarte mare,

ceea ce demonstrează posibilitatea de utilizare a coșului roBin pentru prevenirea risipei alimentare, folosind serviciile de IA.

5. CONCLUZII

Prototipul coșului roBin demonstrează o funcționalitate eficientă în identificarea și sortarea produselor alimentare de cele non-alimentare. Acuratețea senzorului IR în identificarea alimentelor a fost de 62%, iar serviciul de inteligență artificială a obținut o acuratețe de 100% în identificarea obiectelor din baza de date. Aceste rezultate promițătoare sugerează că roBin poate fi utilizat cu succes pentru prevenirea risipei alimentare și pentru o gestionare mai eficientă a deșeurilor. Integrarea tehnologiilor moderne precum inteligența artificială demonstrează potențialul acestui prototip în contextul unei economii inteligente.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Abd Wahab M.H., Kadir A.A., Tomari M.R. Jabbar M.H., *Smart Recycle Bin: A Conceptual Approach of Smart Waste Management with Integrated Web Based System*, International Conference on IT Convergence and Security (ICITCS), Beijing, China, 2014, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICITCS.2014.7021812>
- [2] Baras N., Ziouziou D., Dasygenis M. Tsanaktsidis C., *A cloud based smart recycling bin for waste classification*, 9th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST), Bremen, Germany, 2020, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICECCE49384.2020.9179349>
- [3] Cui C., Tang J., Qiao J., Wang Z. Sun Z., *Review of Waste Plastic Bottle Recycling Equipment Research Status*, 39th Chinese Control Conference (CCC), Shenyang, China, 2020, 1190–1195. <https://doi.org/10.23919/CCC50068.2020.9189177>
- [4] Hassan H., Saad F., Mohd Raklan M.S., *A Low-Cost Automated Sorting Recycle Bin powered by Arduino Microcontroller*, IEEE Conference on Systems, Process and Control (ICSPC), Melaka, Malaysia, 2018, 182–186. <https://doi.org/10.1109/SPC.2018.8704146>
- [5] Pelonero L., Fornaia A. Tramontana E., *From Smart City to Smart Citizen: Rewarding Waste Recycle by Designing a Data-Centric IoT based Garbage Collection Service*, IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP), Bologna, Italy, 2020, 380–385. <https://doi.org/10.1109/SMARTCOMP50058.2020.00081>
- [6] Pereira W., Parulekar S., Phaltankar S. Kamble V., *Smart Bin (Waste Segregation and Optimisation)*, Amity International Conference on Artificial Intelligence (AICAI), Dubai, United Arab Emirates, 2019, 274–279. <https://doi.org/10.1109/AICAI.2019.8701350>

Despre autori

Ionuț Adrian GORTOESCU

Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești, România

Student în anul III la programul de studii universitare de licență Calculatoare din cadrul Facultății Inginerie Mecanică și Electrică, Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești, România.

Radu Marius TĂNASE

Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești, România

Student în anul III la programul de studii universitare de licență Calculatoare din cadrul Facultății Inginerie Mecanică și Electrică, Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești, România.

Cosmina – Mihaela ROȘCA

Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești, România

Șef de lucrări doctor inginer la Departamentul Automatică, Calculatoare și Electronică, Facultatea Inginerie Mecanică și Electrică, Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești, România. Este doctor în domeniul Ingineria Sistemelor din 2018, titlu obținut cu distincția “Magna Cum Laude” la Universitatea Petrol-Gaze din Ploiești. Este titularul disciplinelor Baze de date, Instrumente pentru dezvoltarea programelor și Sisteme de intrare- ieșire și echipamente periferice. A publicat 4 cărți, 3 îndrumare de laborator, 8 articole indexate Web of Science, 12 articole indexate în alte baze de date internaționale.