

Clean City

ALEXANDRU, SABO^a, DRAGOȘ, POP^b, MATEI, TĂNASE^c, DAVID, DURTEA^d, LAURA, TEȘILEANU^e

^aCOLEGIUL NAȚIONAL VASILE LUCACIU BAIA MARE
Specializarea: Matematică Informatică
Email: xansabo@gmail.com

^bCOLEGIUL NAȚIONAL VASILE LUCACIU BAIA MARE
Specializarea: Matematică Informatică
Email: pop.dnv@gmail.com

^cCOLEGIUL NAȚIONAL VASILE LUCACIU BAIA MARE
Specializarea: Matematică Informatică
Email: tanasemateicri@gmail.com

^dCOLEGIUL NAȚIONAL VASILE LUCACIU BAIA MARE
Specializarea: Matematică Informatică
Email: durteadavid@gmail.com

^eCOLEGIUL NAȚIONAL VASILE LUCACIU BAIA MARE
Specializarea: Profesor Fizică
Email: lotesileanu@yahoo.com

Abstract

"Clean City" is a project that aims to help automate waste collection systems and change the way we think about the cleanliness of our communities. The system operates as follows: a mobile station that travels around a predefined perimeter and collects waste using LiDAR and Radar sensors to detect objects and to process the information they provide using YOLOv4 software running on a Nvidia Jetson microcomputer. After filling up, it heads to a fixed station that sorts the various types of waste into the categories mandated by the European Union. Sorting takes place using NIR sensors and Artificial Intelligence.

Keywords: colectarea deșeurilor, sortarea deșeurilor, sustenabilitate, automatizare, inteligență artificială



Introducere

A. Informații generale

Într-o eră în care lumea conștientizează importanța unui comportament sustenabil, una dintre problemele ce a căpătat o importanță ridicată este „Cum asigurăm curățenia orașelor noastre?”. Nivelul excesiv de deșeuri care ajunge să fie aruncat în gropi de gunoi, nesortat și nereciclat, provoacă adesea probleme ecologice, afectând calitatea solului, aerului și a apelor din zonele respective. Proiectul nostru vizează reducerea numărului de deșeuri ce ajunge în astfel de gropi.

B. Scopul proiectului

Clean City este un proiect al cărui scop este de a oferi administrațiilor mediilor urbane un mod eficient, sustenabil și ieftin, bazat pe energie regenerabilă pentru a menține un nivel de curățenie ridicat în comunitățile noastre. În mod concret, Clean City folosește pe lângă componentele mecanice, o serie de motoare electrice, o multitudine de senzori și componente informatice pentru a identifica deșeurile, iar apoi comparându-le cu o bază de date le sortează pe categoriile stabilite de către Uniunea Europeană.

Prezentarea conceptului

Conceptul proiectului „Clean City” este format din două componente majore: partea mobilă și cea fixă.

Partea mobilă (Fig. 1) este alcătuită dintr-un sistem de deplasare, dintr-un sistem de navigație și dintr-un sistem de colectare a deșeurilor, toate acestea antrenate de motoare electrice și prevăzute cu o serie de senzori. În componența fizică a utilajului mobil intră o serie de senzori LiDAR [1] și Radar care funcționează folosind metoda ToF (Time of Flight), măsurând astfel distanța de la mobil la obstacole sau deșeuri, iar în interiorul stației se află un senzor ultrasonic ce operează pe același principiu, însă acesta este folosit pentru a identifica nivelul de umplere a coșului de depozitare. Rolul senzorilor în partea mobilă este acela de a stabili conexiunea dintre componentele mecanice care se ocupă cu colectarea deșeurilor și componentele informatice ce determină traseul urmat de către utilaj.

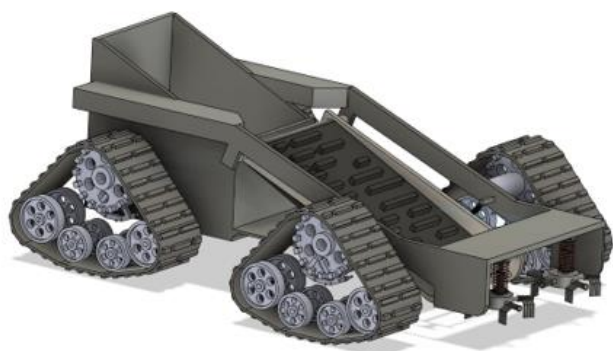


Fig. 1: Stația mobilă

Autor: Sabo Alexandru Nicolae

Sursă: Fusion360

Partea fixă (Fig. 2) care se ocupă cu sortarea deșeurilor este alcătuită din mai multe benzi transportoare rulante, de-a lungul cărora deșeurile sunt identificate. Aceasta folosește două camere hiperspectrale NIR [2], care funcționează prin iluminarea unui material cu o lumină încadrată între lungimile de undă de 780 nm și 2500 nm. Lungimile de undă reflectate de material sunt comparate cu un set de frecvențe de referință, permițând astfel identificarea materialului. Rolul senzorilor în partea fixă este de a furniza date componente informatice care acționează în tandem cu componenta mecanică pentru sortare. Deșeurile ce nu pot fi încadrate în niciuna dintre categoriile mandate de Uniunea Europeană sunt mutate într-un compartiment special care va fi sortat de către un operator uman.

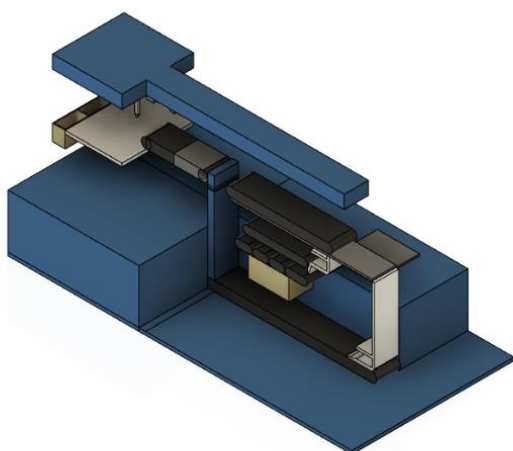


Fig. 2: Stația fixă

Autor: Durtea David

Sursă: Fusion360

Tehnologii

În cadrul proiectului „Clean City” s-au folosit o serie de tehnologii, atât pentru crearea designului 3D, cât și pentru algoritmul de funcționare al utilajului. Proiectarea componentelor mecanice și modelul 3D al ansamblului au fost realizate în Fusion360. Sensorii furnizează datele necesare algoritmilor de recunoaștere care colectează și sortează deșeurile cu ajutorul componentelor mecanice.

Componente mecanice

Utilajul este compus din două părți mecanice separate: partea mobilă, respectiv cea staționară.

Partea mobilă este compusă din mai multe componente:

- a) Deplasarea este realizată de un sistem alcătuit din patru șenile acționate în mod independent de câte un motor electric situat pe fiecare dintre ele.
- b) Două mături mecanice rotative (Fig. 3) ce au ca scop antrenarea și redirecționarea obiectelor din fața lor spre roata de urcare a deșeurilor pe banda rulantă. Transmisia de la motorul electric la mături este realizată printr-un reductor de rotație pe un sistem cu lanț. Arcurile montate pe mături au rolul de a facilita flexibilitatea în cazul întâlnirii unor obstacole în teren. Întregul ansamblu pe care se află sistemul de mături este mobil în raport cu poziția mașinii. Termenul „mobil” în cazul acestor componente este dat de abilitatea de a-și schimba unghiul pe care îl formează cu direcția de mișcare a stației.



Fig. 3: Măturile mecanice rotative

Autor: Sabo Alexandru Nicolae

Sursă: Fusion360

- c) Roata de urcare a deșeurilor colectate pe banda rulantă (Fig. 4) este structurată similar cu roata unei combine agricole, aceasta dispunând și de un sistem de gheare flexibile, proiectate

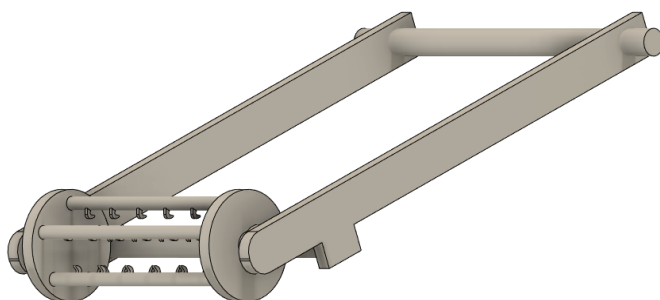


Fig. 4: Roata de urcare a deșeurilor
colectate pe banda rulantă

Autor: Sabo Alexandru Nicolae

Sursă: Fusion360

cu scopul de a antrena și ghida toate elementele colectate pe banda rulantă. Cadrul roții de urcare este și acesta flexibil cu scopul de a urmări denivelările terenului.

- d) Pe cadrul roții de urcare se află și banda rulantă (Fig. 5) care prezintă asperități pentru a împiedica obiectele de pe ea să alunece. Banda rulantă deservește transportul deșeurilor în coșul de depozitare situat pe partea din spate a utilajului. Componenta mecanică ce asigură

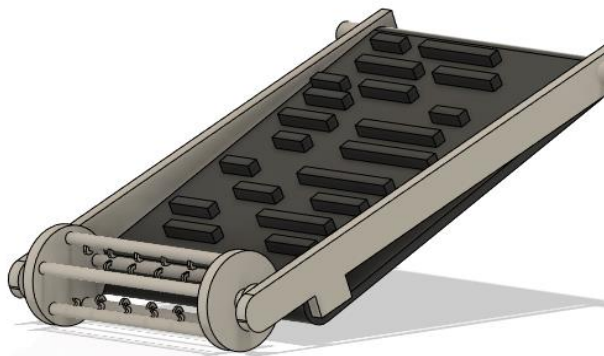


Fig. 5: Banda rulantă poziționată pe roata de urcare

Autor: Sabo Alexandru Nicolae

Sursă: Fusion360

mișcarea lină pe sol a utilajului este arcul ce facilitează conectarea sistemului de susținere al măturilor, respectiv al roții de urcare.

- e) Ultima componentă mecanică a părții mobile este pistonul care degajă deșeurile colectate în stația fixă. Asemenea celorlalte componente, pistonul este acționat de către un motor electric.

Partea fixă are și aceasta mai multe componente:

- a) O bandă rulantă ce are ca scop mutarea deșeurilor preluate de la stația mobilă până la un selector al cărui scop este diferențierea dintre obiectele mici și cele mari. Separarea se realizează comparând diametrul obiectelor cu diametrul unui cerc de $\varnothing 5,25$ cm.
- b) Un sistem format dintr-o țepușă și o ventuză (Fig. 6) care efectuează o mișcare de translație bidimensională ce are ca rol mutarea obiectelor mai mari decât diametrul de $\varnothing 5,25$ cm în compartimentele corespunzătoare. Ventuza se folosește pentru conducerea corpurilor de sticlă, iar țepușa duce restul corpurilor către celelalte compartimente în funcție de materialul de confecționare al acestora. În sortarea corpurilor de sticlă se folosește o ventuză pentru a evita spargerea acestora.

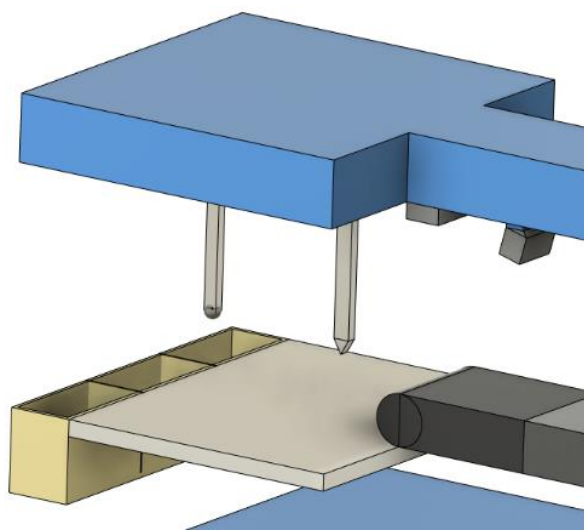


Fig. 6: Sistemul format din ventuză și țepușă

Autor: Durtea David

Sursă: Fusion360

- c) Obiectele mai mici decât diametrul dat cad prin gaura de $\text{Ø } 5,25\text{cm}$ într-o altă secțiune a utilajului (Fig. 7) pe o bandă rulantă diferită. Această bandă rulantă direcționează deșeurile de dimensiuni mici spre coșurile separatoare.

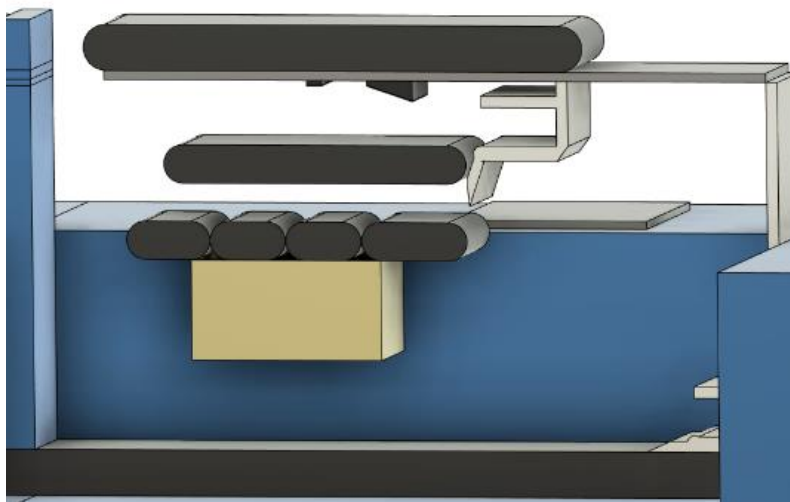


Fig. 7: Secțiunea deșeurilor mici

Autor: Durtea David

Sursă: Fusion360

- d) Coșurile separatoare (Fig. 8) au rolul de a transporta un număr restrâns de deșeuri pe un alt set de benzi rulante situat deasupra benzii de pe care au fost luate. Benzile sunt poziționate pe două nivele distincte (Fig. 9).

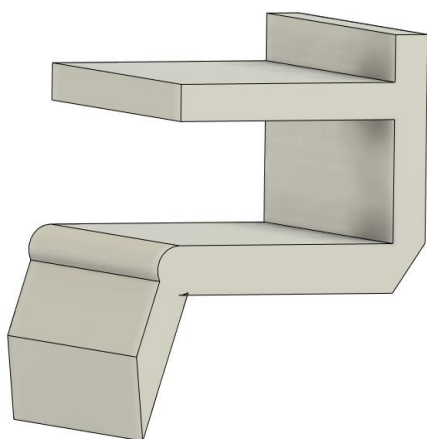


Fig. 8: Coș separator

Autor: Durtea David

Sursă: Fusion360

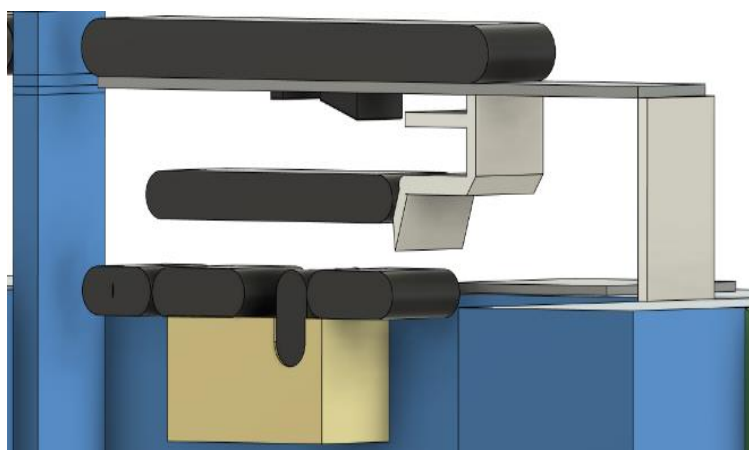


Fig. 9: Cele două nivele de benzi rulante

Autor: Durtea David

Sursă: Fusion360

- e) Primul nivel este alcătuit dintr-o singură bandă rulantă pe parcursul căreia obiectele sunt scanate și tipul de material este identificat folosind senzorii utilajului. După parcurgerea primului nivel deșeurile cad pe un al doilea nivel de benzi rulante. Dacă toate obiectele de pe un segment de bandă rulantă sunt de același tip, banda rulantă ce corespunde materialului identificat se va lăsa în jos pentru a permite deșeurilor să intre în compartimentul corespunzător. Dacă compoziția tipică a obiectelor nu este omogenă atunci ele cad înapoi pe banda inferioară alături de deșeurile neseperate, așteptând să fie reintroduse într-un coș separator într-o altă configurație.
- f) În alcătuirea stației fixe se regăsesc și un număr de motoare electrice folosite pentru antrenarea benzilor rulante, coșurilor de sortare și a sistemului format din ventuză și țepușă.

Senzori

Părțile utilajului, atât cea mobilă cât și cea fixă, folosesc o serie de senzori pentru a își putea îndeplini funcțiile.

Partea mobilă conține mai multe tipuri de senzori:

- a) Senzori LiDAR și Radar ce lucrează în tandem cu scopul de a obține informații cu privire la poziția robotului în raport cu obstacolele detectate.
- b) Pe lângă senzorii utilizați pentru localizarea utilajului se folosesc și senzori optici care au rolul de a transmite imaginile obținute pentru ca acestea să fie descompuse cu scopul de a identifica obstacolele și obiectele de interes.
- c) Ultimul tip de senzor folosit în alcătuirea părții mobile este un senzor cu ultrasunete care detectează nivelul de umplere al coșului. Când senzorul detectează că stația este aproape plină se trimite un semnal ce declanșează întoarcerea utilajului la stația fixă.

Partea fixă prezintă două tipuri de senzori:

- a) Camere hiperspectrale NIR (Near Infra Red) al căror scop este stabilirea tipului de material folosit în alcătuirea corpului. Alături de acești senzori este necesară câte o sursă de lumină pentru a le asigura funcționarea. Camerele hiperspectrale NIR funcționează măsurând cât de multă radiație NIR este absorbită de corp. Acești senzori sunt distribuiți astfel: unul ce scanează obiectele mari înainte să ajungă la sistemul format din țepușă și ventuză, plasat deasupra benzii rulante de după separator, iar celălalt este situat deasupra benzii rulante pe care ajung corpurile de dimensiuni mici după ce sunt transportate de coșurile de sortare.
- b) Un senzor optic ce are ca rol înregistrarea poziției pe placa de sortare și transmiterea acestei informații sistemului alcătuit din ventuză și țepușă.

Componente informatice

Cele două părți autonome ale utilajului folosesc o componentă informatică complexă pentru a își îndeplini funcțiile.

Partea mobilă folosește informațiile trimise de către LiDAR și Radar și le transpune într-o hartă SLAM [3] folosindu-se de Hector Mapping realizat în ROS (Robot Operating System) [4]. Informațiile transmise de senzorul optic ajung la un sistem Nvidia Jetson [5] care apoi se folosește de YOLOv4 [6], program antrenat cu baze de date cum ar fi MS COCO [7], pentru a identifica obiectele din seria de imagini trimise și pentru a parcurge perimetrul dat. (Fig. 10)

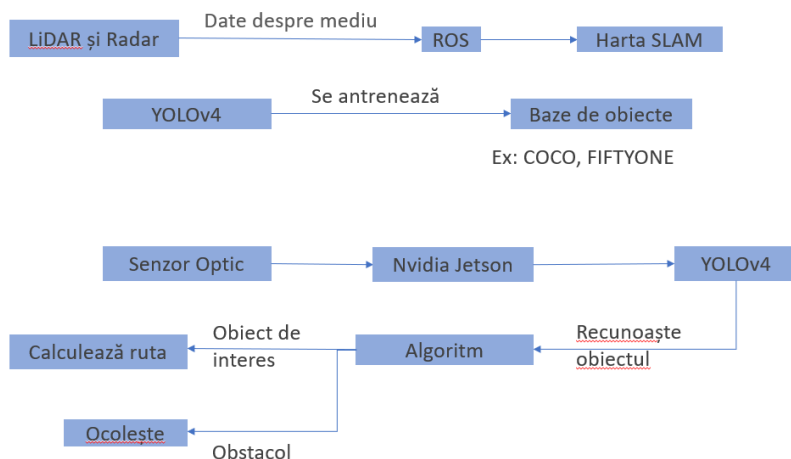


Fig. 10: Algoritm stație mobilă

Autori: Sabo Alexandru Nicolae

Tănase Matei Cristian

Partea fixă folosește informațiile primite despre tipul de material în diferite scopuri:

- a) În cazul obiectelor mari decide dacă să împingă obiectul cu țepușa sau ventuza pentru a duce obiectul în compartimentul corespunzător. (Fig. 11)

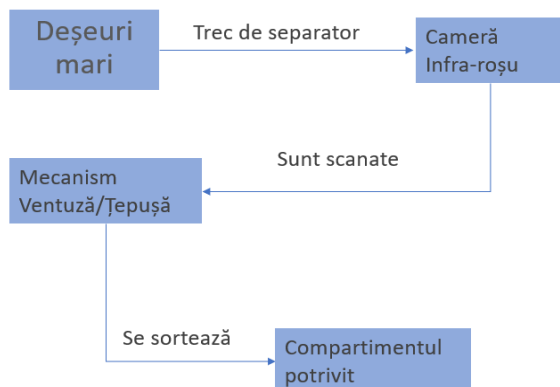


Fig. 11: Algoritm deșeuri mari

Autor: Pop Dragoș Nicolae Vasile

- b) În cazul obiectelor mici, dacă toate sunt identificate ca fiind din același material pe un segment de bandă rulantă, până când acestea ajung pe ultimul set de benzi rulante, se folosește un program pentru a decide care dintre benzile rulante trebuie deschise pentru a permite deșeurilor să intre în compartimentul corespunzător. Dacă există erori în identificarea materialului, atunci toate deșeurile din seria obiectelor scanate ajung în compartimentul pentru deșeurile neidentificate, compartiment ce va fi ulterior sortat de un operator. (Fig. 12)

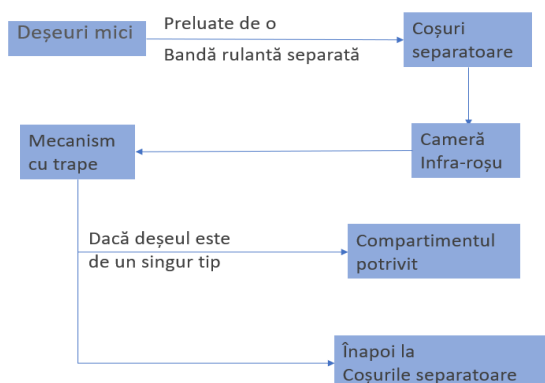


Fig. 12: Algoritm deșeuri mici

Autor: Pop Dragoș Nicolae Vasile

- c) Software-ul citește dacă se află mai multe tipuri de material pe o secțiune și nu lasă niciun corp în vreun compartiment. Identificarea se face comparând rezultatele trimise de către camerele hiperspectrale NIR cu o bază de date a radiației absorbite de diferite materiale. Baza de date se realizează prin scanarea repetată a diferitor tipuri de obiecte și înregistrarea valorilor citite. (Fig. 13)

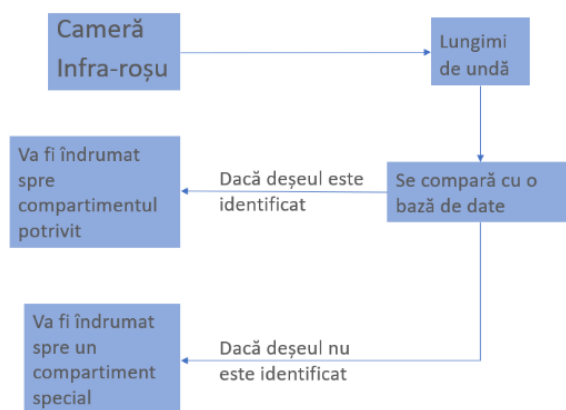


Fig. 13: Algoritm camere NIR

Autor: Pop Dragoș Nicolae Vasile

- d) Dacă valoarea citită de către senzorul de pe bandă se află într-un interval format din valoarea minimă și maximă a unui material introdus anterior în baza de date, acesta va fi redirecționat spre compartimentul corespunzător aceluși material. Dacă valoarea citită de senzor nu se află în intervalul menționat anterior pentru niciun tip de material, se va redirecționa către un compartiment pentru deșeurile neidentificate, ce va fi sortat manual de către operator.

Concluzii

Situația actuală

În momentul actual proiectul nostru este în stadiul de proiectare al unui concept teoretic funcțional. Lucrăm în mod constant pentru a ne atinge scopul de a realiza un prototip, aducând în permanență modificări și optimizări în funcție de situațiile analizate.

Planuri de viitor

Pentru viitorul proiectului avem mai multe obiective principale. Primul obiectiv și cel mai important la stadiul actual este integrarea utilajelor simulate în SolidWorks datorită posibilității de a simula comportamentul utilajului în diferite medii. Al doilea obiectiv este adaptarea utilajului fix, astfel încât acesta să poată funcționa eficient cu debite mărite de deșeuri. Al treilea obiectiv este proiectarea și implementarea unui plan înclinat rulant ce ar juca un rol important în optimizarea procesului de sortare. Al patrulea obiectiv este stabilirea unei comunicări între partea fixă și mobilă, astfel încât un operator, a cărui atribuție este monitorizarea periodică a sistemului, să poată fi avertizat direct de către stația fixă de eventuale defecte întâlnite pe parcursul funcționării. Ultimul obiectiv principal este implementarea panourilor solare în proiectul nostru, eficientizând procesul de încărcare al stațiilor.

Bibliografie

- [1] LiDAR: <https://www.neonscience.org/resources/learning-hub/tutorials/lidar-basics>.
- [2] Imagini hiperspectrale: https://wikicro.icu/wiki/hyperspectral_imaging.
- [3] SLAM maps: <https://www.mathworks.com/discovery/slam.html>.
- [4] ROS (Robot Operating system): <https://www.ros.org/>.
- [5] Meet Jetson, Nvidia Corporation: <https://developer.nvidia.com/embedded-computing>.
- [6] YOLOv4, Cornell University: <https://arxiv.org/abs/2004.10934>.
- [7] MS COCO, Microsoft Corporation: <https://cocodataset.org/#home>.