

RAPORTARE ȘTIINȚIFICĂ

Raportul Științific 2024

Contract nr. 1PHE/2023; etapă nr. 2/2024; Remediere scalabilă a deșeurilor marine pe ciclu complet în Marea Mediterană: soluții robotizate și participative;

În cea de-a doua etapă a acestui proiect, eforturile noastre s-au concentrat pe avansuri legate de cele trei obiective principale ale planului nostru de cercetare: optimizarea lanțului cinematic, cartografierea deșeurilor și managementul infrastructurii de calcul. Acest raport prezintă principalele realizări și progresele înregistrate în fiecare dintre aceste domenii. În plus, evidențiem activitățile de diseminare și rezultatele obținute până acum, urmate de o scurtă concluzie și pașii viitori.

Optimizarea lanțului cinematic

Primul obiectiv a fost de a îmbunătăți designul actual al dispozitivului de prindere SeaClear2.0 pentru a permite mai multă flexibilitate în manipularea diferitelor tipuri de obiecte. În cadrul proiectului suport, ne-am propus să facem acest lucru folosind două strategii. În prima strategie, am aplicat tehnici de optimizare pentru calcularea dimensiunilor geometrice optime pentru elementele dispozitivului de prindere, astfel încât să realizăm forțele dorite necesare colectării cu succes a diferitelor tipuri de deșeuri. Această optimizare este legată de anumite constrângeri provenind din specificațiile sistemului SeaClear2.0, cum ar fi dimensiunile maxime și greutatea dispozitivului. Rezultatele acestei optimizări au fost integrate cu succes în proiectarea finală a dispozitivului care este în prezent în curs de fabricație (Figura 1).

A doua strategie de optimizare a prinderii diferitelor tipuri de deșeuri este prin sisteme subactuate. Astfel de sisteme permit unui mecanism să se înfășoare în jurul diferitelor tipuri de obiecte, având în același timp un număr limitat de actuatori, făcându-le astfel o soluție fezabilă pentru un sistem subacvatic. Am evaluat diferite tipuri de subactuate și în prezent proiectăm un astfel de sistem care ar putea fi utilizat pe dispozitivul de prindere din SeaClear2.0.

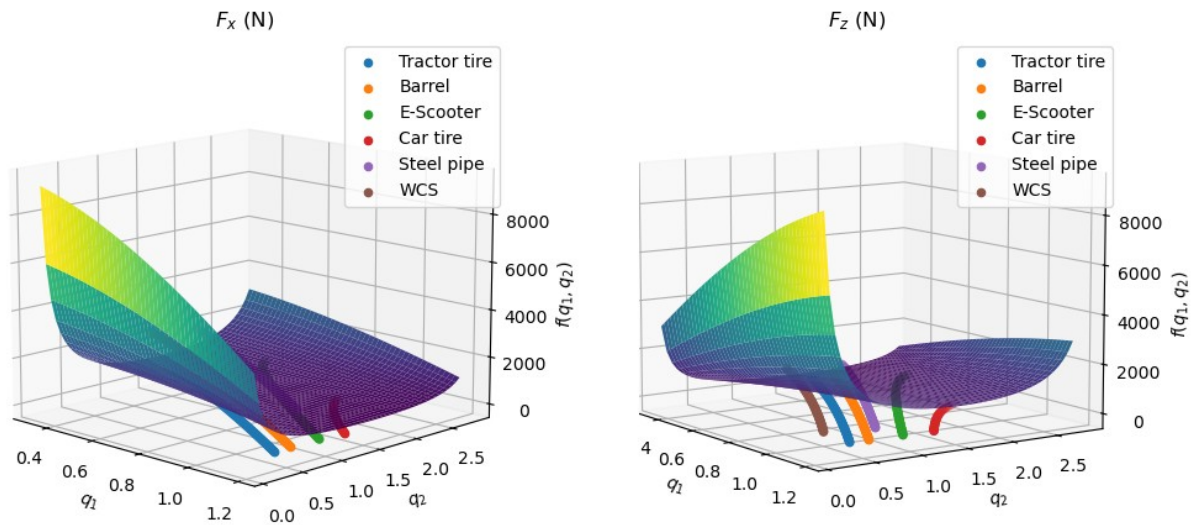


Figura 1: Scenarii de forță pentru ciupirea (stânga) și încunjurarea (dreapta), pentru diferite tipuri de deșeuri. Suprafața reprezintă forțe fezabile, în timp ce buline reprezintă forțe necesare pentru culegerea reușită pentru anumit tipuri de deșeuri.

Cartografierea deșeurilor

Obiectivul de cartografiere s-a concentrat pe îmbunătățirea tehnicilor de estimare a poziției și pe integrarea datelor de la mai mulți senzori pentru a obține o precizie mai mare a sistemului. Progresul a început cu testarea diferitelor modele de estimare a poziției pe seturi de date existente, care au oferit perspective comparative asupra eficacității acestora în diferite scenarii. Cercetarea actuală se concentrează pe dezvoltarea unor metode de estimare a poziției care utilizează mai mulți senzori. Am dezvoltat o platformă de testare dedicată care încorporează mai mulți senzori plasați în diverse orientări, astfel încât să putem efectua teste în diverse condiții (Figura 2). În plus, am proiectat un protocol experimental pentru a evalua eficiența abordărilor de estimare a poziției în diferite traiectorii și scenarii de mediu. Acest protocol asigură un proces de evaluare sistematic și replicabil, care ne va ajuta să înțelegem numărul optim de senzori și amplasarea acestora pentru estimarea corectă a poziției.

În vederea utilizării pentru predicția hărților în proiectul principal SeaClear2.0, am dezvoltat arhitecturi de rețele neurale profunde de tip LRU (linear recurrent unit, unități liniare recurente). Noutatea în aceste arhitecturi este o reprezentare politopică a unei dinamici neliniare în fiecare bloc LRU, în loc de dinamica liniară prezentă în arhitectura standard. În prezent testăm acest tip de arhitectură pe probleme de identificarea sistemelor pentru a optimiza arhitectura înainte de a o transfera la problema de predicție a hărților.

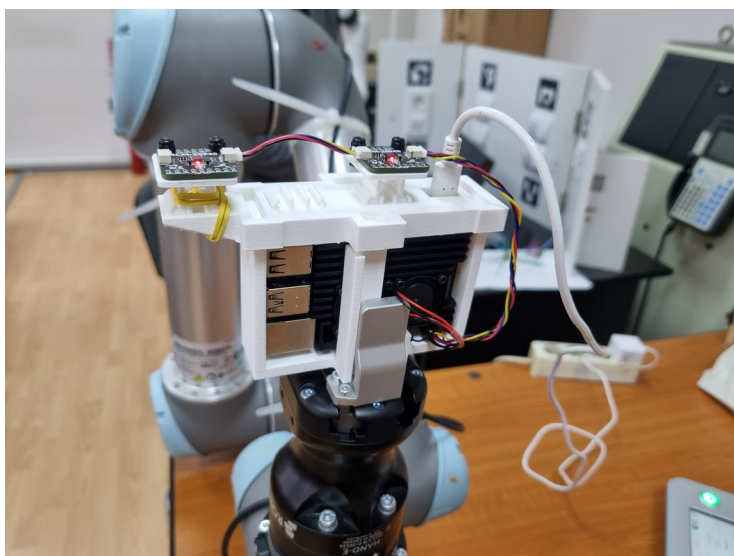


Figura 2 Platforma de testare, care cuprinde de un calculator de forma mica, un stand de atașament senzorilor, și a robotului care implementarea anumite traiectorii.

Infrastructura de calcul

Au fost aduse îmbunătățiri semnificative infrastructurii de calcul a grupului nostru de cercetare, ceea ce face parte ultimul obiectiv al acestui proiect. În primul rând, am instalat și configurat o nouă instanță de sistem de notebook-uri Jupyter pe serverul *paparuda*, care este găzduit la sediul nostru. Acest lucru permite mai multor utilizatori să se conecteze la server și să aibă un mediu de programare ușor de utilizat pentru a codifica și a executa simulări intense din punct de vedere computațional. Pentru a răspunde nevoilor de gestionare a datelor, a fost instalat sistemul MARV-Robotics, care este o soluție robustă pentru stocarea, organizarea și preluarea datelor experimentale produse de grupul nostru de cercetare. În plus, a fost implementat un sistem de rezervare pentru a facilita programarea și utilizarea resurselor hardware, asigurând acces eficient pentru toți membrii echipei.

În cele din urmă, am configurat un nou server care oferă capacități de calcul semnificative sub formă de mai multe GPU-uri (prezentând în prezent 8x GPU-uri de vârf – nVidia 4090 -- pentru antrenarea rețelelor neuronale și rularea simulărilor) (Figura 3). În prezent, instalăm mașini virtuale care utilizează aceste resurse și le oferă acces cercetătorilor grupului. Pentru a ne asigura că nu se pierd eforturi, am implementat strategii de backup fără întreruperi pentru toate datele și configurațiile generate. Aceste activități au îmbunătățit considerabil capacitățile grupului nostru de a efectua activități de cercetare, cum ar fi crearea de noi modele și simularea comportamentului roboților noștri.



Figura 3: Server de calcul pentru antrenarea rețelelor neuronale

Diseminare și rezultate

Diseminarea rezultatelor a fost un punct important al acestei etape. Rezultatele proiectului au fost prezentate la două conferințe majore în domeniu, evidențiind progresele înregistrate și încurajând angajamentul cu comunitatea de cercetare mai largă. Aceste prezentări au marcat un pas important în stabilirea contribuțiilor proiectului la avansarea cercetării în robotică. Prima publicație a fost prezentată la AQTR 2024 (IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics) desfășurată la Cluj-Napoca în perioada 16-18 mai 2024. Tema publicației a fost despre un algoritm care permite evitarea coliziunilor cu obstacole on-line, fără informații prealabile despre obstacole și în timpul executării unei sarcini. Acest lucru este important într-un scenariu subacvatic, deoarece de obicei au hărți la rezoluție scăzută, iar obstacolele pot apărea imprevizibil din cauza curenților.

Cea de-a doua publicație a fost prezentată în cadrul CAMS 2024 (15th IFAC Conference on Control Applications in Marine Systems, Robotics and Vehicles), care a avut loc la Blacksburg, SUA, între 3 și 5 septembrie 2024. În această lucrare am prezentat configurația noastră experimentală pentru experimente subacvatice care vor fi utilizate pentru validarea algoritmilor de cartografiere a deșeurilor descriși în al doilea obiectiv.

Concluzie

Realizările din această etapă a proiectului au pus o bază solidă pentru lucrările viitoare. Efortul prezentat în toate cele trei obiective demonstrează rezultate concrete care vor permite progrese semnificative în etapa finală a proiectului. Diseminarea rezultatelor demonstrează, de asemenea, că munca noastră este de interes general.

Director Proiect,
Șl. Dr. Ing. Anastasios NATSAKIS

