

UNIVERSITATEA TITU MAIORESCU

FACULTATEA: INFORMATICĂ

DEPARTAMENT: INFORMATICĂ

Programa de studii: INFORMATICĂ

DISCIPLINA: **INTELIGENȚĂ ARTIFICIALĂ**

IA - Testul de evaluare nr. 12

Vehicul Maritim fără Pilot (UMV)

Grupa	Numele și prenumele	Semnătură student	Notă evaluare

Data: ____ / ____ / ____

CS-I dr.ing.

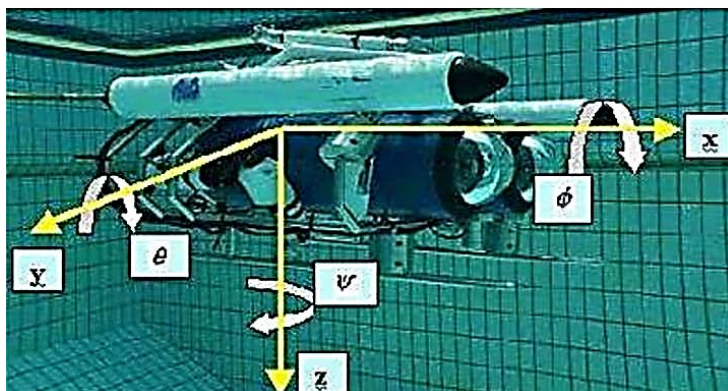
Conf.dr.ing.

Lucian Ștefăniță GRIGORE

Iustin PRIESCU

Ș.L.dr.ing.

Dan-Laurențiu GRECU



Cuprins

1.	INTRODUCERE	3
2.	PLANIFICAREA ȘI CONTROLUL MISIUNII	12
3.	SOFTWARE	18
4.	BIBLIOGRAFIE.....	30

1. INTRODUCERE

Nevoia de supraveghere eficientă a litoralului, a granițelor fluviale, a porturilor și, nu în ultimul rând, a zonelor economice, impun dezvoltarea unor sisteme autonome de patrulare navală. Acestea sunt considerate mai eficiente, întrucât au costuri operaționale și de personal reduse, iar utilitatea lor crește atunci când sunt incluse în ecuație sistemele aeriene autonome care pot asista misiunea de explorare de la distanță. *UMV* pot deservi multiple misiuni în mod simultan, precum: monitorizarea mediului și a calității apei, sondarea submarină, interceptarea și descurajarea acțiunilor ostile etc.

Dezvoltarea unui *UMV* se poate realiza pe baza unei propulsii electrice sau mecanice, precum motoarele cu ardere internă. Se preferă soluțiile pe bază de propulsie electrică cu propulsor hibrid, care folosește acumulatori și rezervor de H_2 pentru sursa suplimentară de energie, iar conversia H_2 în energie electrică realizându-se prin intermediul unei pile de combustie. Prezintă interes deosebit *UMV*-urile din clasa X (SMALL) care au ca suport structura unui ski-jet. Deși ieftine, autonomia și stabilitatea lor suferă în proporții destul de mari, dar poate fi îmbunătățită prin inovare științifică și tehnologică. Ca exemplu de *UMV* din clasa X, se prezintă modelul ski-jet Kawasaki 1100 ZXi cu motor termic pe șasiu de ski-jet. Acest *UMV* a fost proiectat prin utilizarea software-ului Maxsurf, care facilitează simularea parametrilor caracteristici necesari în obținerea modelului dinamic al sistemului *UMV*.

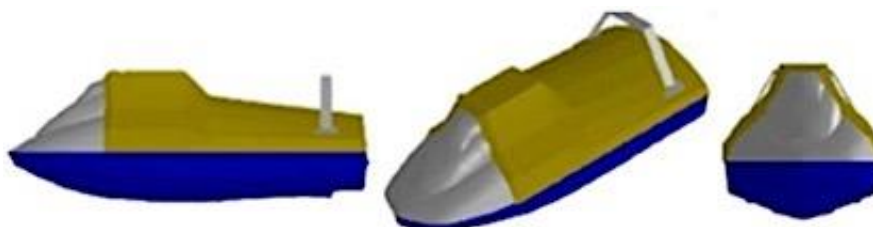


Fig. 1.1 Model 3D UAMVS – aferent platformelor existente

Infrastructura *UMV* este, de obicei, caracterizată prin proiectare într-un spațiu generos care permite instalarea echipamentelor de colectare și de stocare a datelor, concomitent cu transmiterea online a acestora. Astfel, pot fi echipate cu instrumente cum ar fi sistemul global de poziționare (GPS), sisteme inerțiale de măsurare (IMU), senzori oceanografici, camere de supraveghere submarine. Comunicarea wireless se va efectua în frecvența de lucru de 2,4 GHz pentru monitorizare și control în timp real, inclusiv prelevarea de date. Modulul GPS permite transmiterea datelor la distanță, inclusiv în condițiile de mare agitată.

Merită remarcat faptul că în perioada 1997÷2000, Uniunea Europeană a finanțat proiectul numit „*Advanced System Integration for Managing the coordinated operation of robotic Ocean Vehicle - (ASIMOV)*”. Scopul urmărit de acest proiect a fost dezvoltarea unei metodologii ingineresti de legătură între UMV și UAV. Tipul de cocă folosit pentru UMV a fost cel al unui catamaran (Fig. 1.1). UMV-ul construit a fost echipat cu senzori acustici, motoare electrice, sistem de navigație inerțial, senzor Doppler, velocimetru și DGPS (pentru realizarea de hărți maritime).

Sistemul UMV prezentat este autonom și poate fi exploatat fără intervenție umană. Sistemul de propulsie este de tipul cu jet de apă, iar duzele de ejecție a apei au și rol de cârmă. Nava este echipată cu GPS, busola IMU, scanner de tip sonar, camera de supraveghere, camere subacvatice, camere de emisie-recepție, sistem wireless.

Procesorul de calcul și comandă este CRIO de la National Instruments, care este un sistem de control și achiziție încorporat, reconfigurabil. Modularitatea procesorului simplifică arhitectura hardware care are diverse instrumente în cadrul sistemului. Robustețea CRIO se potrivește cerințelor de mediu dure la care este supus UMV în timpul operațiunilor. Circuitul de programare FPGA ajută ca sistemul să poată fi acționat cu o eficiență mai mare.

În Fig. 1.2 este redată schema bloc originală care descrie modul de colaborare între echipamentele hardware și senzori, compusă din următoarele subcomponente:

- a) aparat foto subacvatic: pentru a monitoriza arealul subacvatic și mediul marin;
- b) două camere de supraveghere;
- c) GPS;
- d) IMU: pentru a determina introducerea datelor de poziție față de un reper stabilit cât și a datelor privind abaterea UMV de la un traseu prestabilit;
- e) senzor DS5-hidrolab Oceanographic pentru a măsura:
 - i) calitatea apei în termeni de oxigen dizolvat (DO);
 - ii) pH;
 - iii) clorofila;
 - iv) salinitatea;
 - v) conductivitatea;
 - vi) temperatura apei;
 - vii) potențialul redox;
- f) senzori ai agregatului energetic pentru măsurarea:
 - i) temperaturii lichidului de răcire;
 - ii) presiunii lichidului de răcire;
 - iii) consumului instantaneu și total de combustibil;
 - iv) rezervei de combustibil din rezervor;

- g) senzori de curent pentru stabilirea:
 - i) necesarului de energie electrică la parametri optimi ai consumatorilor, alții decât cei pentru propulsie vizibilitate nocturnă;
 - ii) consumului echipamentelor de intervenție și operare în câmpul operațional, pentru ca misiunea ce urmează a fi îndeplinită să nu fie condiționată din punct de vedere al autonomiei energetice;
- h) senzori pentru măsurarea temperaturii, presiunii mediului ambiant;
- i) senzori pentru determinarea vitezei și direcției vântului;
- j) senzori de proximitate;
- k) senzori pentru determinarea poziției *UMVs* față de un reper fix.

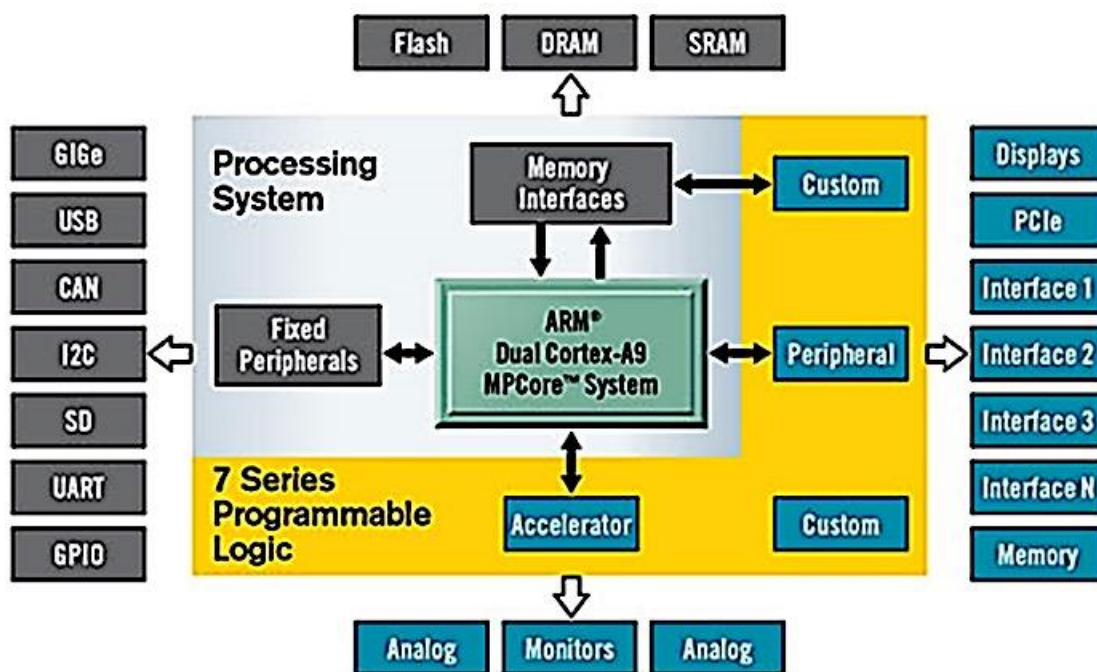


Fig. 1.2 Schema bloc a sistemului UAMVS

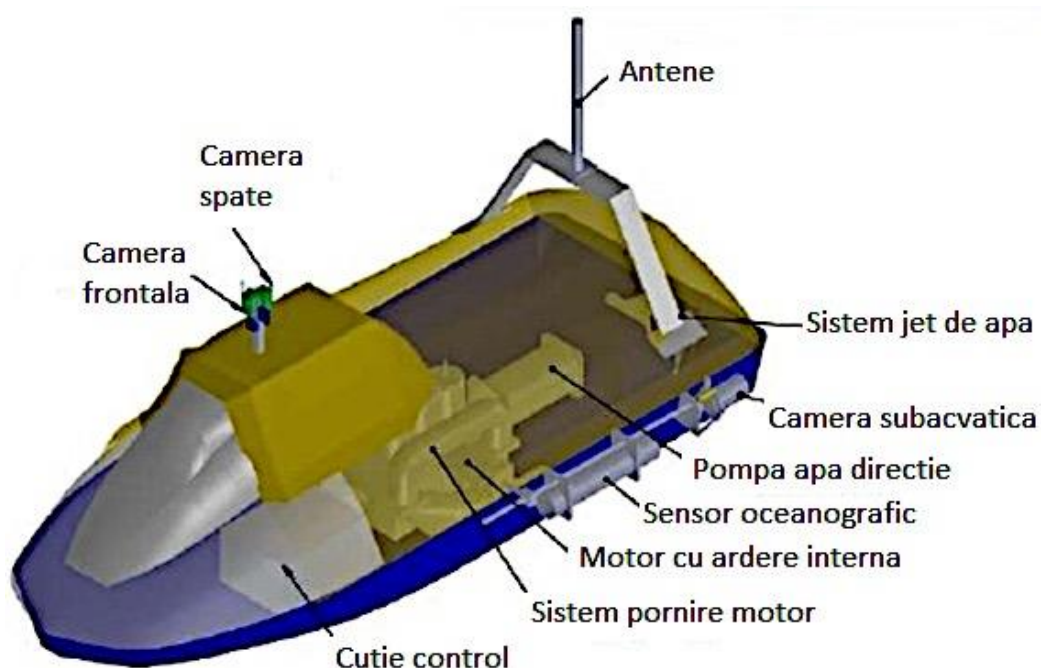


Fig. 1.3 Model UAMVs – echipare standard

Comunicarea wireless cu frecvență de 2,4 GHz este folosită pentru transmiterea / recepția datelor culese de sisteme de monitorizare, control și colectare de date în timp real. Camerele subacvatice și de supraveghere au capacitatea de face stream de imagine on-line. Sistemul cu cameră este proiectat pe un canal de comunicare separat, în cazul în care datele video pentru toate cele trei camere vor fi transmise direct la stația de bază. Camerele sunt legate într-un nod de comutare care este conectat la un router wireless Ethernet. Astfel, toate datele pot fi trimise și primite fără fir între stația de bază și UMV.

Structura bloc a sistemului de comunicații este prezentată în Fig. 1.4.

Pentru dezvoltarea software-ului care poate sprijini monitorizarea și controlul în timp real al unui astfel de sistem este necesară dezvoltarea unei interfețe grafice GUI. Ca sistem de operare se preferă soluțiile de tip LabVIEW DAQ cu 2 astfel de configurații hardware, încât cele două procesoare destinate sistemului CompactRIO să poată efectua monitorizarea și controlul tuturor echipamentelor instalate.

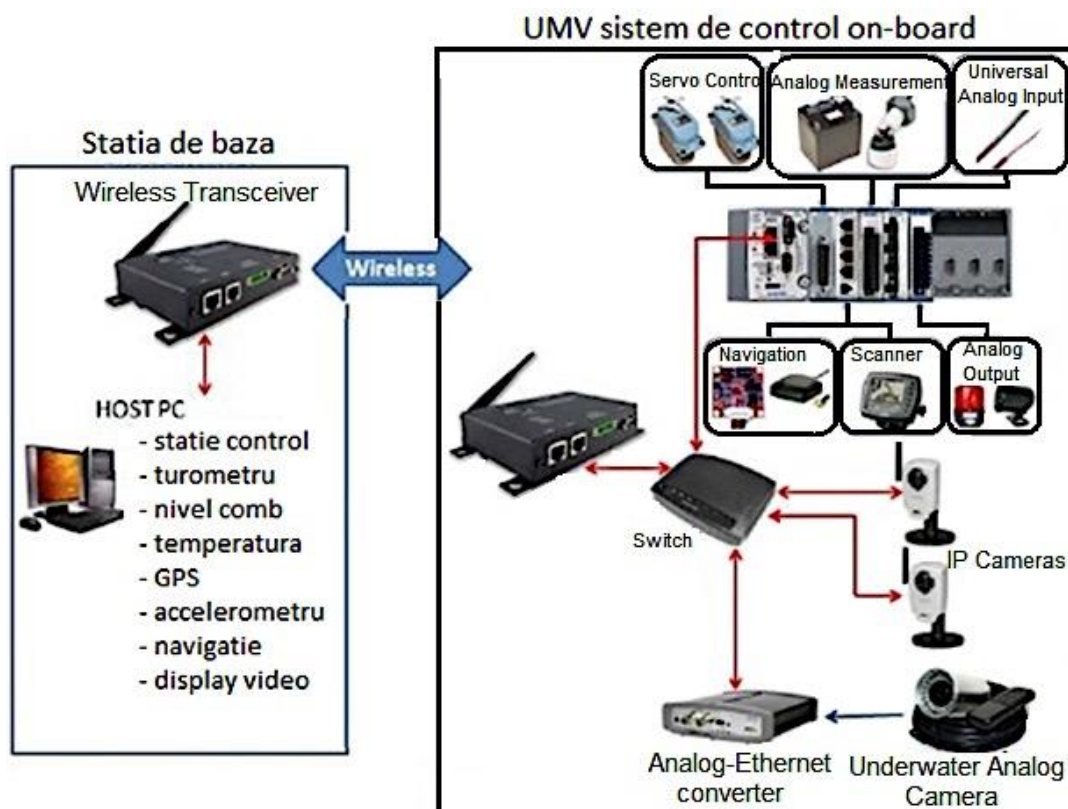


Fig. 1.4 Model UMVs – sistem de comunicație standard

Domeniile de interes¹ în tehnologia senzorilor acustici și non-acustici din zona maritimă, includ, dar nu sunt limitate, la următoarele:

- senzori autonomi cu procesare a semnalului direct de către senzorul echipat cu amplificator de semnal și modul de prelucrare date;
- senzori acustici și non-acustici;
- senzori de mediu;
- sisteme de senzori și / sau de telemetrie inovatoare;
- surse de alimentare și senzori acustici și non-acustici pentru aplicații tactice și de supraveghere;
- acumulatori de putere și cu mase reduse;
- sisteme adaptive pentru senzori;
- senzori stand-off.

¹ <http://www.onr.navy.mil/>

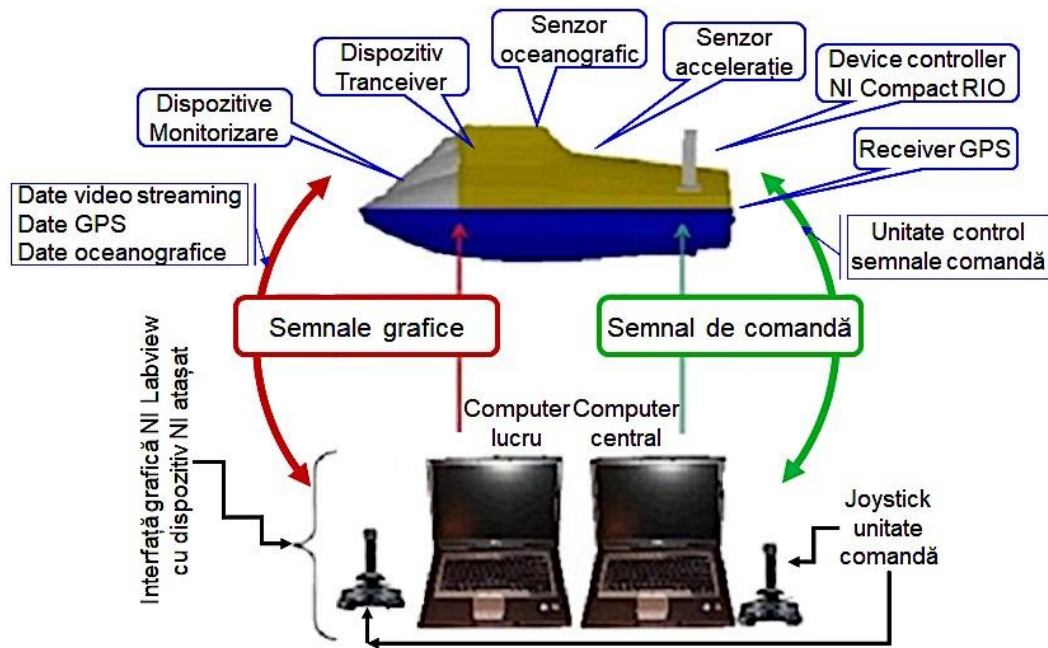


Fig. 1.5 Model UMVs – Echipamente de bază privind autonomia

Sistemul Autonom Naval, UMVs se compune în principal din următoarele subansamble principale (Fig. 1.5):

- șasiu – cadru;
- propulsor naval – elice și conducte ejectoare pentru apă;
- motoare și transmisii mecanice;
- modulul de comandă și control al deplasării;
- interfețele mecanică, energetică și de comandă;
- baterii de acumulatori;
- senzori;
- motoare de acționare a elementelor de tip Payload, direcție, etc.;
- mecanism de stabilizare;
- aparatura video pentru captare de imagini;
- Stație Terestră de Control GCS (Ground Control Station);
- terminalul Terestru Data Link.

UMV asigură satisfacerea cerințelor de deplasare pe apă liniștită sau cu valuri cu viteze de maximum 9 km/h, fiind capabil să realizeze viraje în unghi strâns, în condiții de stabilitate pentru utilizarea diferitelor tipuri de suprastructuri (module) atât în regim static, cât și în regim dinamic.

Deplasările UMV în regim neautonom pot fi coordonate de la un pupitru de comandă cu posibilitate de vizualizare și control. De asemenea, de la același pupitru este monitorizat și în regimul de funcționare autonom.



Fig. 1.6 UMV prototip al US Navy²



Fig. 1.7 UMV tip Stingray (firma Elbit)³

² <http://www.navy.mil/navydata/technology/UMV'smppr.pdf>

³ <http://defense-update.com/products/s/stingray.htm>

Realizarea în concepție modulară a unei familii de UMVs care să utilizeze aceeași structură de bază (Fig. 1.6), (Fig. 1.7), cu posibilitatea echipării cu sisteme operaționale diferite, în funcție de cerințele potențialilor beneficiari și caracterul modular al platformei mobile induce, pe lângă caracterul de originalitate, și creșterea gradului de complexitate prin:

- necesitatea unei interfațări mecanice care să permită amplasarea unei familii de suprastructuri specializate;
- necesitatea unei interfațări electrice care să permită conectarea unei game diverse de consumatori electrici (motoare electrice, actuatori electrice, camere video, proiector, senzori etc.), precum și satisfacerea cerințelor de consum de energie electrică a acestora;
- necesitatea unei interfețe de comandă care să permită comanda simultană a platformei mobile și a suprastructurii specializate.



Fig. 1.8 UMV anti-mină BAE Systems - prototip⁴

Complexitatea unui UMVs este generată și de dificultatea realizării:

- unui sistem de tip Payload stabilizat (mai ales pe timpul deplasării în condiții de mare agitată) care să poată fi utilizat simultan atât pe zi cât și pe timp de noapte, pe apă și în imersie (Fig. 1.8);
- propulsorului electric;
- structurii șasiului din materiale precum fibra de carbon sau fibra de sticlă;
- comanda motoarelor electrice, astfel încât, platforma navală să recupereze din energie;

- să se poată autogestiona în regim de propulsie autonomă, fără consumuri suplimentare de energie;
- orientarea în mod autonom pe direcția valurilor în condițiile unei mări agitate, altfel spus să gestioneze tangajul, ruliul și efectele de hulă în momentele de funcționare în sistem de observație la punct fix.

Restricțiile severe de gabarit și de masă impun utilizarea unor soluții moderne de motoare electrice, baterii de acumulatori și module de control a motoarelor (Fig. 1.9).



Fig. 1.9 AUVs C-Enduro Unmanned surface vehicle⁵

Exemplele de mai sus ilustrează modul de integrare a unor tehnologii existente pentru ambarcațiuni ușoare în construcția roboților, cu efecte benefice asupra costurilor de realizare și de mentenanță.

⁵ <http://www.seebyte.com/author/nicole/>

2. PLANIFICAREA ȘI CONTROLUL MISIUNII

Pornind de la elementele de bază, ca o imagine de ansamblu a diferitelor concepte de autonomie și realizare a unui UMV, ne vom întoarce acum la tehnologiile hardware și software care trebuie să fie integrate în vehicul pentru a permite un comportament de cooperare. Cerințele impuse de limitările stricte ale furnizorilor de echipamente și ale beneficiarilor potențiali în ceea ce privește punerea în aplicare a hardware și software pe vehiculele solicitate determină modul în care se vor lua deciziile pentru a se realiza strategia de control final. Misiunea trebuie să fie descrisă cu ajutorul planurilor de misiune, care vor implementate ulterior pe UMV. Planurile de misiune ar trebui să fie adaptate la fiecare parte, și este nevoie de adaptare a planurilor în timpul executării misiunii (ceea ce ne referim în continuare online replanificare).

În acest cadru vom arăta semnificația unei Team-Oriented Mission Planning (TOMP) pentru cerințele furnizorilor și care se ocupă cu constrângerile tipice din marină și scenariile subacvatice. Vom arăta că un comportament de echipă pentru UMV's-uri eterogene necesită o bună combinație adaptată de planificarea misiunilor offline și online, și de replanificare în timpul execuției. Mai ales, constrângerile de comunicare datorate mediilor subacvatice necesită un nivel ridicat de autonomie pentru vehicule. Astfel, un plan optim al unei misiuni trebuie să minimizeze nevoile de replanificare online.

Încă din proiectarea UMV's trebuie să fie prevăzut cu noile tehnologii hardware și software pentru a acoperi nevoile de cooperare. De exemplu, vehiculele trebuie să fie echipate cu tehnologii de comunicare, în special pentru comunicare inter-vehicule. Fiind vorba de vehicule acvatice, este necesară capacitatea de comunicare, atât aerian cât și sub apă. Un modul software-ul specific trebuie să fie folosit pentru a organiza comunicarea cu alte vehicule și cu stația de bază static. Există, de asemenea, necesitatea unei noi abordări de navigare. Spre exemplu, de evitare a coliziunilor, care este una dintre cele mai importante sarcini, un anumit modul software este responsabil pentru aplicarea modelelor în timp continuu ale poziției tuturor celorlalte vehicule, în raport cu poziția proprie. Aceste estimări de poziție se bazează pe mesajele trimise între vehicule: calcularea direcțiilor și distanțelor.

Un alt modul software are sarcina de a realiza interfețele dintre hardware / software-ul existent al vehiculelor, precum și cele specifice. Nu în ultimul rând, va exista un modul software, care trebuie să monitorizeze progresele misiunii și care trebuie să reacționeze în orice caz de discrepanțe. Acest modul va fi responsabil pentru executarea misiunii multirol: misiunea de monitorizare și cea de replanificare în modul online. Pe scurt, structura software a unui modul presupune monitorizarea misiunii și are sarcina de a monitoriza progresul misiunii și de a genera comenzi de replanificare, ori de câte ori este necesar. Chiar dacă nu vor exista prea multe situații care să necesite o replanificare, modulul trebuie să asigure acest cerință. Modulul Rational Behavior Model (RBM), este responsabil de replanificarea

online, precum și de executarea ordinelor de replanificare. Aceasta include sortarea, validarea, comunicarea între vehicule (dacă este necesar) și, în final, modificările concrete ale planului de misiune.

Schimbarea online a planurilor de misiune este întotdeauna problematică și puțini furnizori de UMV sunt de acord cu implementarea sistemului. Trebuie avut în vedere faptul că vehiculele autonome maritime actuale sunt proiectate pentru comportament autonom. Trebuie evitată situația de ștergere a datelor anterioare în cazul unei replanificări, întrucât feedback-ul nu mai este funcțional.

În Fig. 2.1 se prezintă un exemplu de arhitectură hardware/software pentru planificarea misiunii.

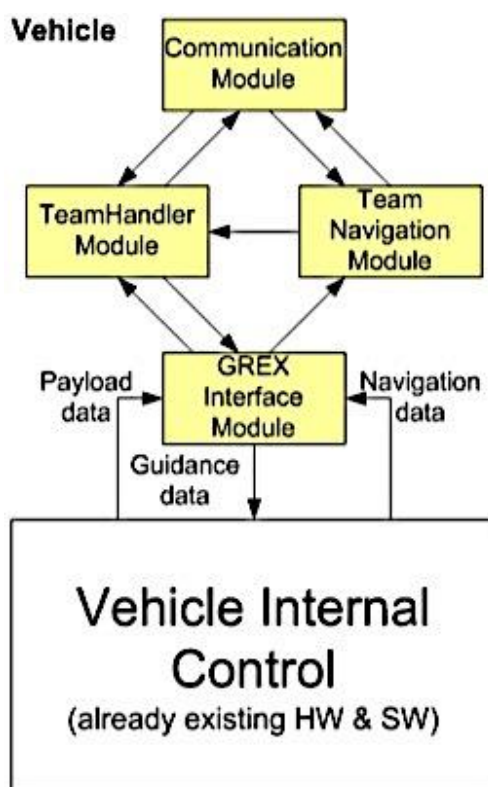


Fig. 2.1 Mission Planner⁶ [12] fig. 2, pag. 189

Deși toate UMV sunt echipate cu modem-uri radio pentru comunicare la suprafață, vehiculele scufundate sunt capabile să utilizeze doar sistemul de comunicare acustică pentru a comunica cu cele subacvatice sau de suprafață. Sistemul acustic de comunicare trebuie implementat pe UMV de suprafață, precum și pe vehiculele subacvatice.

În abordarea ierarhică, a existat mereu un vehicul dedicat ca lider. Acest vehicul rulează software-ul special, care poate coordona o flotă și care va fi responsabil pentru coordonarea tuturor participanților. Abordarea implică obligatoriu participarea la fiecare decizie.

⁶ <http://slideplayer.com/slide/4269465/#>



Pentru a reduce la minimum replanificarea online, este nevoie de o planificare deconectată de misiune și care trebuie să abordeze nevoile speciale ale vehiculelor de cooperare. Prin urmare, dezvoltarea de primitive speciale pentru planificarea planului misiunii echipei reprezintă cea mai simplă soluție, atât economic, cât și tehnic. „Multi Vehicle Primitives” (MVP) [25] are rolul de a descrie activitățile care vor fi efectuate de către întreaga echipă. Vehiculele primesc comenzi pentru deplasare pe un traseu specificat și într-o anumită formație.

⁷ <https://arxiv.org/pdf/1707.06988.pdf> fig. 2

și replanificarea online a misiunilor. De aceea, în soluția Team-Oriented Misiune Planificare (TOMP) care pleacă de la un MVP- Pool, operatorul construiește planul de misiune echipei (TMP) într-un metalimbaj pentru nivel echipă. Acest plan va fi tradus de software-ul de planificare, câte unul pentru fiecare vehicul (SVMP). Aceste planuri sunt formulate într-un metalimbaj la nivel de vehicul care se bazează pe limbajul de planificare a software-ului. În final, planul pentru fiecare vehicul în parte este tradus în limbajul de lucru normal. De aceea, fiecare furnizor de tehnologii UMV trebuie să dezvolte aceste module.

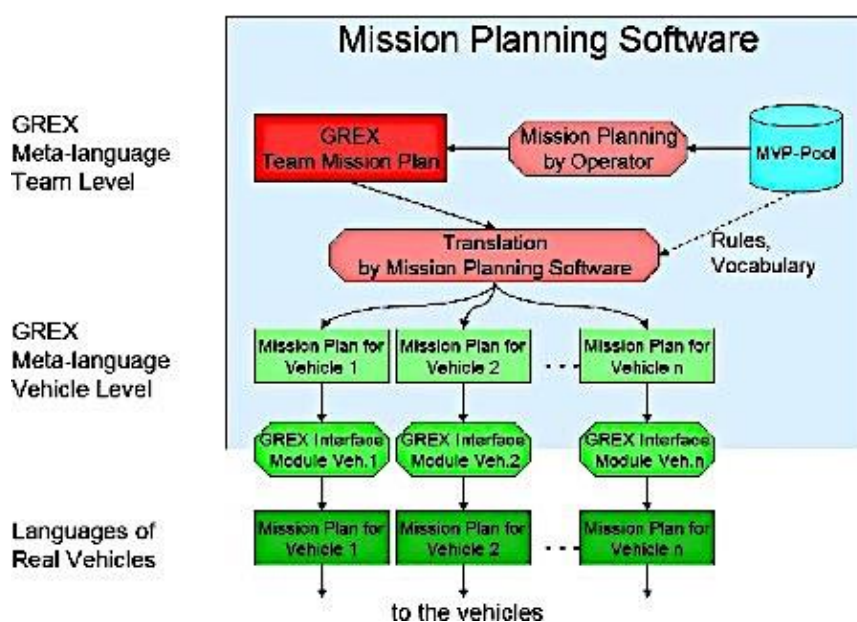


Fig. 2.3 Arhitectura generală a planificării misiunii⁸ [18] fig. 5, pag. 178

Conceptele propuse permit, de asemenea, o punere în aplicare ușoară a noilor MVP, dacă apar noi scenarii privind misiunile ce trebuie efectuate. MVP- Pool poate fi extins fără a fi nevoie de orice alte modificări. Exploatarea vehiculelor maritime fără pilot (UMV) pentru cercetări științifice este în continuă creștere. În mod tipic, în cercetarea marină se folosește un singur vehicul multi-rol. După terminarea unei misiuni se analizează datele colectate. Ulterior, vehiculul poate fi reprogramat și trimis la următoarea misiune, eventual făcând o altă sarcină.

Pentru a evita funcționarea defectuoasă, sistemul de comandă și control este prevăzut cu comanda Return to home [18]. Toate cele trei planuri sunt transferate diferitelor vehicule. Mai târziu, atunci când roboții își îndeplinesc misiunea, modulul Team-Handler monitorizează progresul la nivel de echipă

⁸

<https://www.semanticscholar.org/paper/The-GREX-Project%3A-Coordination-and-control-of-in-Kalwa/81e0d8f8e76fde6d3c13904ab1f9c6b53781cc1d>

folosind meta-limbaj. Acțiunile corective sunt emise în cazul abaterilor sau reproiectării necesare. Informația este transmisă vehiculului prin GIM (GREX Interface module). Subiectul va conduce în mod direct la un comportament de cooperare (Fig. 2.3).

Sarcina Multi Sistem de Control al Misiunii care se realizează, împarte misiunea în activități de monitorizare și de replanificare. Sarcina principală a misiunii de monitorizare este înregistrarea abaterilor între preconizat și starea reală a unui anumit vehicul. Monitorizarea este, de asemenea, responsabilă pentru activitățile de replanificare atunci când apar abateri de la misiunea inițială. Misiunea de replanificare este responsabilă de schimbarea planului în conformitate cu specificațiile apărute în urma activității de monitorizare. Modificările constau în: refacerea planurilor de coordonare, a manevrelor, a managementului operațional și tactic etc.

Cereri de replanificare care sunt executate de către modulul de replanificare sunt verificate prin intermediul unui grafic mare digital pentru a detecta rute imposibile.

Monitorizarea misiunii este responsabilă pentru respectarea tuturor specificațiilor și pentru crearea de comenzi de replanificare în caz de abateri. Realizarea prealabilă a unei Team- Oriented misiunii de planificare, este o condiție prealabilă importantă pentru a minimiza activitatea misiunii de monitorizare.

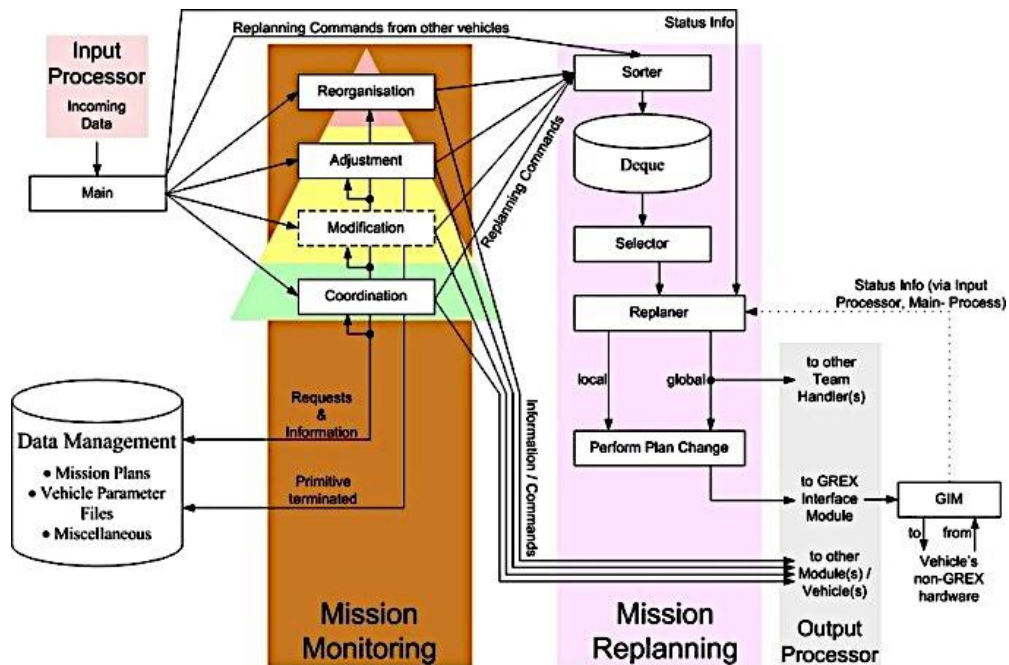


Fig. 2.4 Structura controlului misiunii (Team Handler) în cadrul proiectului GREX. [12] fig. 8,

Misiunea de monitorizare este separată în mai multe instanțe care sunt executate simultan, iar atribuțiile de monitorizare vor rula simultan folosind algoritmi diferiți (Fig. 2.4):

- **Coordonarea misiunii:** Planurile de a garanta evitarea coliziunilor, în special prin adaptarea vitezelor vehiculelor. Menținerea unei formațiuni necesită o planificare a unor trasee adecvate pentru toate vehiculele din TOMP. Formația rămâne intactă teoretic atâta timp cât toate vehiculele folosesc viteza corectă. Deoarece acest lucru nu poate fi realizat în realitate, există nevoia de adaptare a vitezei. Alte primitive pot necesita algoritmi similari. Dacă există intersecții în căile planificate ale vehiculelor, această instanță trebuie să se adapteze vitezele pentru a preveni coliziuni.
- **Modificarea misiunii:** Pentru planificarea evitării obstacolelor este responsabil Team-Oriented Obstacle Avoidance. Acesta nu include evitarea coliziunilor vehiculului, pentru că această sarcină este executată de către Team-Oriented Mission Planning and the Adjustment, planificarea și instanța de reglare prin crearea de trasee cu puține intersecții prin ajustarea vitezelor. Evitarea obstacolelor corespunde cu recunoașterea și eludarea tuturor obiectelor externe. Se pot utiliza sonare de precizie ridicată pentru a evita obstacolele în modul de funcționare autonom. Prin folosirea sonarelor cu rază lungă de acțiune, este posibil să se planifice și să realizeze un traseu optim printr-o zonă cu multe obstacole.
- **Ajustarea misiunii.**
- **Reorganizarea planurilor de misiune:** În cazuri de situații de urgență / speciale, spre exemplu poate efectua schimbări semnificative, cum ar fi anularea misiunii, reorganizarea misiunii, optimizarea planului.

3. SOFTWARE⁹

https://github.com/bsb808/usv_control/blob/main/cfg/TwistDynamic.cfg

```
#!/usr/bin/env python
```

```
PACKAGE = "kingfisher_control"
```

```
from dynamic_reconfigure.parameter_generator_catkin import *
```

```
gen = ParameterGenerator()
```

```
gen.add("yawKp", double_t, 0, "P gain", 0.1, 0, 10)
```

```
gen.add("yawKi", double_t, 0, "I gain", 0.0, 0, 10)
```

```
gen.add("yawKd", double_t, 0, "D gain", 0.0, 0, 10)
```

```
gen.add("velKp", double_t, 0, "P gain", 0.1, 0, 10)
```

```
gen.add("velKi", double_t, 0, "I gain", 0.0, 0, 10)
```

```
gen.add("velKd", double_t, 0, "D gain", 0.0, 0, 10)
```

```
#size_enum = gen.enum([ gen.const("Small", int_t, 0, "A small constant"),
```

```
#             gen.const("Medium", int_t, 1, "A medium constant"),
```

```
#             gen.const("Large", int_t, 2, "A large constant"),
```

```
#             gen.const("ExtraLarge", int_t, 3, "An extra large constant")],
```

```
#             "An enum to set size")
```

```
#gen.add("size", int_t, 0, "A size parameter which is edited via an enum", 1, 0, 3,  
edit_method=size_enum)
```

⁹ https://github.com/bsb808/usv_control/tree/main

```
# Important that the third/last argument be the same as the file name!
```

```
exit(gen.generate(PACKAGE, "pypid", "TwistDynamic"))
```

```
=====
```

```
https://github.com/bsb808/usv\_control/blob/main/cfg/YawDynamic.cfg
```

```
#!/usr/bin/env python
```

```
PACKAGE = "kingfisher_control"
```

```
from dynamic_reconfigure.parameter_generator_catkin import *
```

```
gen = ParameterGenerator()
```

```
gen.add("Kp", double_t, 0, "P gain", 1.0, 0, 100)
```

```
gen.add("Ki", double_t, 0, "I gain", 0.0, 0, 100)
```

```
gen.add("Kd", double_t, 0, "D gain", 0.0, 0, 100)
```

```
#size_enum = gen.enum([ gen.const("Small", int_t, 0, "A small constant"),
```

```
#             gen.const("Medium", int_t, 1, "A medium constant"),
```

```
#             gen.const("Large", int_t, 2, "A large constant"),
```

```
#             gen.const("ExtraLarge", int_t, 3, "An extra large constant")],
```

```
#             "An enum to set size")
```

```
#gen.add("size", int_t, 0, "A size parameter which is edited via an enum", 1, 0, 3,  
edit_method=size_enum)
```

Important that the third/last argument be the same as the file name!

exit(gen.generate(PACKAGE, "pypid", "YawDynamic"))

=====

https://github.com/bsb808/usv_control/blob/main/cfg/cora_control_tuner.perspective

```
{
  "keys": {},
  "groups": {
    "mainwindow": {
      "keys": {
        "geometry": {
          "repr(QByteArray.hex)":
"QtCore.QByteArray(b'01d9d0cb000300000000009f00000000000006f8000003e0000000a10
0000017000006f6000003de00000000000000000a62000000a100000017000006f6000003de')
",
          "type": "repr(QByteArray.hex)",
          "pretty-print": "          b          "
        },
        "state": {
          "repr(QByteArray.hex)":
"QtCore.QByteArray(b'000000ff00000000fd0000000100000003000006560000039afc010000
0002fc000000000000002b70000024b00ffffffc0200000002fb0000006c007200710074005f007
200650063006f006e006600690067007500720065005f005f0050006100720061006d005f005f
0031005f005f005f0070006c007500670069006e0063006f006e007400610069006e006500720
05f0074006f0070005f0077006900640067006500740100000017000001da0000011000ffffffb
00000058007200710074005f007000750062006c00690073006800650072005f005f00500075
```

0062006c00690073006800650072005f005f0031005f005f005000750062006c0069007300680
065007200570069006400670065007401000001f7000001ba0000008e00ffffffc000002bd000
003990000013000ffffffc0200000002fb00000042007200710074005f0070006c006f0074005f
005f0050006c006f0074005f005f0031005f005f00440061007400610050006c006f0074005700
6900640067006500740100000017000001f00000008c00ffffffb00000042007200710074005f
0070006c006f0074005f005f0050006c006f0074005f005f0032005f005f004400610074006100
50006c006f0074005700690064006700650074010000020d000001a40000008c00ffffff000006
560000000000000004000000040000000800000008fc00000001000000030000000100000036
004d0069006e0069006d0069007a006500640044006f0063006b005700690064006700650074
00730054006f006f006c0062006100720000000000ffffff000000000000000000)'),

"type": "repr(QByteArray.hex)",

"pretty-print": "

K

Brqt_plot__Plot__1__DataPlotWidget
6MinimizedDockWidgetsToolbar "

Brqt_plot__Plot__2__DataPlotWidget

}

},

"groups": {

"toolbar_areas": {

"keys": {

"MinimizedDockWidgetsToolbar": {

"repr": "8",

"type": "repr"

}

},

"groups": {}

}

}

},

"pluginmanager": {

```
"keys": {
  "running-plugins": {
    "repr": "'rqt_plot/Plot': [1, 2], 'rqt_publisher/Publisher': [1], 'rqt_reconfigure/Param': [1]}",
    "type": "repr"
  }
},
"groups": {
  "plugin__rqt_plot__Plot__1": {
    "keys": {},
    "groups": {
      "dock_widget__DataPlotWidget": {
        "keys": {
          "dock_widget_title": {
            "repr": "'MatPlot'",
            "type": "repr"
          }
        },
        "dockable": {
          "repr": "True",
          "type": "repr"
        }
      },
      "parent": {
        "repr": "None",
        "type": "repr"
      }
    }
  },
}
```



```
"groups": {}  
  
},  
  
"plugin": {  
  
  "keys": {  
  
    "autoscroll": {  
  
      "repr": "True",  
  
      "type": "repr"  
  
    },  
  
    "plot_type": {  
  
      "repr": "1",  
  
      "type": "repr"  
  
    },  
  
    "topics": {  
  
      "repr":                "['/cora/control/vel_pid_debug/Error',  
'/cora/control/vel_pid_debug/Setpoint']",  
  
      "type": "repr"  
  
    },  
  
    "x_limits": {  
  
      "repr": "[171.40063505803352, 178.37599999999998]",  
  
      "type": "repr"  
  
    },  
  
    "y_limits": {  
  
      "repr": "[-0.3033497665828852, 1.1112753282560877]",  
  
      "type": "repr"  
  
    }  
  
  },  
  
}
```

```
"groups": {}  
  
}  
  
},  
  
"plugin__rqt_plot__Plot__2": {  
  "keys": {},  
  "groups": {  
    "dock_widget__DataPlotWidget": {  
      "keys": {  
        "dock_widget_title": {  
          "repr": "MatPlot (2)",  
          "type": "repr"  
        },  
      },  
      "dockable": {  
        "repr": "True",  
        "type": "repr"  
      },  
      "parent": {  
        "repr": "None",  
        "type": "repr"  
      }  
    },  
  },  
  "groups": {}  
},  
  
"plugin": {  
  "keys": {
```

```
"autoscroll": {
  "repr": "True",
  "type": "repr"
},
"plot_type": {
  "repr": "1",
  "type": "repr"
},
"topics": {
  "repr": "['/cora/control/yaw_pid_debug/Error',
'/cora/control/yaw_pid_debug/Setpoint']",
  "type": "repr"
},
"x_limits": {
  "repr": "[71.8235158028641, 80.62399999999997]",
  "type": "repr"
},
"y_limits": {
  "repr": "[-0.842252289177533, 1.0405052115600057]",
  "type": "repr"
}
},
"groups": {}
}
},
```

```
"plugin__rqt_publisher__Publisher__1": {
  "keys": {},
  "groups": {
    "dock_widget__PublisherWidget": {
      "keys": {
        "dock_widget_title": {
          "repr": "Message Publisher",
          "type": "repr"
        },
      },
      "dockable": {
        "repr": "True",
        "type": "repr"
      },
    },
    "parent": {
      "repr": "None",
      "type": "repr"
    }
  },
  "groups": {}
},
"plugin": {
  "keys": {
    "publishers": {
      "repr": "\"\\[{ 'topic_name': '/cora/cmd_vel', 'type_name': 'geometry_msgs/Twist',
'rate': 1.0, 'enabled': False, 'publisher_id': 0, 'counter': 0, 'expressions': {} } ]\\\"",
      "type": "repr"
    }
  }
}
```

```
    }  
  },  
  "groups": {}  
}  
  
},  
"plugin__rqt_reconfigure__Param__1": {  
  "keys": {},  
  "groups": {  
    "dock_widget___plugincontainer_top_widget": {  
      "keys": {  
        "dock_widget_title": {  
          "repr": "Dynamic Reconfigure",  
          "type": "repr"  
        },  
        "dockable": {  
          "repr": "True",  
          "type": "repr"  
        },  
        "parent": {  
          "repr": "None",  
          "type": "repr"  
        }  
      },  
      "groups": {}  
    },  
    "groups": {}  
  },  
}
```

```
"plugin": {
  "keys": {
    "_splitter": {
      "repr(QByteArray.hex)":
"QtCore.QByteArray(b'000000ff000000001000000020000012c0000006401000000090100000
00200')",
      "type": "repr(QByteArray.hex)",
      "pretty-print": "      , d      "
    },
    "expanded_nodes": {
      "repr": "['/cora']",
      "type": "repr"
    },
    "selected_nodes": {
      "repr": "['/cora/usv_control_diff_drive']",
      "type": "repr"
    },
    "splitter": {
      "repr(QByteArray.hex)":
"QtCore.QByteArray(b'000000ff00000000100000002000000ae0000006401ffffff0100000001
00')",
      "type": "repr(QByteArray.hex)",
      "pretty-print": "      d      "
    },
    "text": {
      "repr": "",
      "type": "repr"
    }
  }
}
```

```
    }  
  },  
  "groups": {}  
}  
  
}  
  
}  
  
}  
  
}  
  
}  
  
}
```


4. BIBLIOGRAFIE

1. Bandyopadhyay T., Sarcione L., și Hover F.S., 2010, A Simple Reactive Obstacle Avoidance Algorithm and Its Application in Singapore Harbor, Ed. Howard A., Iagnemma K. și Kelly A., Field and Service Robotics (Springer-Verlag) vol. 62 (STAR), 2010: pag. 455-465, doi:10.1007/978-3-642-13408-1_41. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Simple-Reactive-Obstacle-Avoidance-Algorithm-and-Bandyopadhyay-Sarcione/4acc2a3c0bb593c3052516228786e578e6df8629> , accesat 06.11.2018.
2. Barki H., Denis F. și Dupont F., A new algorithm for the computation of the Minkowski difference of convex, SMI 2010, Shape Modeling International Conference, 2010, June 21-23, Aix en Provence, France, doi:10.1109/SMI.2010.12. https://www.researchgate.net/publication/221326391_A_New_Algorithm_for_the_Computation_of_the_Minkowski_Difference_of_Convex_Polyhedra , accesat 16.01.2019.
3. Benjamin M.R., ș.a., Nested Autonomy for Unmanned Marine Vehicles with MOOS-IvP, *Journal of Field Robotics* (Wiley Periodicals, Inc.), vol. 27, nr. 6, 2010: pag. 834-875, doi:10.1002/rob.20370. <https://marinerobotics.mit.edu/sites/default/files/Benjamin10jfr.pdf> . , accesat 13.11.2018.
4. Bibuli M., ș.a., Path-following algorithms and experiments for an USV, *Journal of field robotics* (John Wiley & Sons, Inc.), vol. 26, nr. 8, 2009: p. 669-688, doi:10.1002/rob.20303. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.382.186&rep=rep1&type=pdf> , accesat 06.11.2018.
5. Cernica I.M., Bazele fizice ale analizei dimensionale. Aplicații și sisteme de unități, București, Ed. A.G.I.R., 2014, ISBN: 978-973-720-523-0.
6. Chin C., Lau M., Low E., Seet G., Robust and Decoupled Cascaded Control System of Underwater Robotic Vehicle for Stabilization and Pipeline Tracking, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part I Journal of Systems and Control Engineering*, Robotic Research Centre (RRC), Mechanical and Aerospace Engineering Department, Nanyang Technological University, Singapore, vol. 222, nr. 4, 2008, April, pag. 261-278, ISBN: 0959-6518, <https://www.researchgate.net/publication/200008655> , doi:10.1243/09596518JSCE555. accesat 04.07.2018.
7. Chin C., ș.a., Robust controller design method and stability analysis of an underactuated underwater vehicle, *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science*,

- Nanyang, Singapore, 2006, December. <http://www.amcs.uz.zgora.pl/?action=paper&paper=301> , accesat 04.07.2018.
8. Chin C., Lau M., Low E., Supervisory cascaded controller design: experiment test on a remotely operated vehicle, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, 2010, July 29, pag. 584-603 . doi:10.1243/09544062JMES2223. https://www.researchgate.net/publication/215544134_Supervisory_Cascaded_Controllers_Design_Experiment_Test_on_a_Remotely-Operated_Vehicle , accesat 03.07.2018.
 9. Deyst J.J. și colab, Autonomous Vehicles in Support of Naval Operations, Operations Committee on Autonomous Vehicles in Support of Naval. Sciences Division on Engineering and Physical, 2005, Washington: National Academy of Sciences, pag. 256, ISBN: 978-0-309-18123-5, doi:10.17226/11379, <https://www.nap.edu/> , accesat 15.12.2018.
 10. Dumitru L. și Stan C., Mecanică fizică part. II-a. Mecanica mediilor continui, Iași: Ed. Ștef, 2006, ISBN: 978-973-8961-48-7, http://newton.phys.uaic.ro/data/pdf/Mecanica_clasica.pdf , accesat 14.11.2018.
 11. Fossen T.I., 2002, Marine Control Systems: Guidance, Navigation and Control of Ships, Rigs and Underwater Vehicles, Trondheim, Norway: Marine Cybernetics, xiv + pag. 570, ISBN: 978-8-29235-600-5, <https://arc.aiaa.org/doi/abs/10.2514/1.17190?journalCode=jgcd> , accesat 14.11.2018.
 12. Gibbins J.C., Dimensional Analysis, Springer-Verlag, 2011, doi:10.1007/978-1-84996-317-6.
 13. Glotzbach T., Schneider M. și Otto P., Multi System Mission Control for Teams of Unmanned Marine Vehicles –Software Structure for Online Replanning of Mission Plans, 7th Intl Conf. on Computer Appl and Information Techn. in the Maritime Industries (COMPIT), Lüttich, Belgium, 2008, pag. 185-199, ISBN: 978-2-96007-850-0, 978-2-96007-850-3 https://www.researchgate.net/publication/271521758_Multi_System_Mission_Control_for_Teams_of_Unmanned_Marine_Vehicles_Software_Structure_for_Online_Replanning_of_Mission_Plans , accesat 20.03.2019.
 14. Gobel E., Mills I.M. și Wallard A.J., 2006, „The International System of Units (SI), The International System of Units (SI), de Bureau International des Poids et mesures Mesures, editor Organisation Intergouvernementale de la Convention du Metre, Paris, STEDI MEDIA, ISBN: 92-822-2213-6. https://www.bipm.org/utils/common/pdf/si_brochure_8_fr.pdf , accesat 2017-2018-2019.
 15. Gonzalez L.A., 2004, Design, Modelling and Control of an Autonomous Underwater Vehicle, Thesis, Centre for Intelligent Information Processing Systems, School of Electrical, Electronic and

- Computer Engineering, The University of Western, p. 156, Crawley WA 6009, Australia.
<http://robotics.ee.uwa.edu.au/theses/2004-AUV-Gonzalez.pdf> , accesat 14.06.2018.
16. Grigore L.Ș., Ciobotaru T., Costache N., Vînturiș V. și Loghin L., 2003, Principiile transferului termic, București, Academia Tehnică Militară, 2003, ISBN: 973-640-014-X
 17. Hansen R.E., Introduction to sonar, Course materiel to INF-GEO4310, University of Oslo, Oslo.
https://www.uio.no/studier/emner/matnat/ifi/INFGEO4310/h11/undervisningsmateriale/sonar_introduction_2011_compressed.pdf , accesat 18.11.2018.
 18. Hossein M. și Haghighi G., 2016, December 14th, Beamforming in Wireless Networks, Cap. 8 în Towards 5G Wireless Networks - A Physical Layer Perspective, de Hossein Khaleghi Bizaki, pag. 163-192, IntechOpen, ISBN: 978-953-51-2834-2, doi:10.5772/63098.
<https://www.intechopen.com/books/towards-5g-wireless-networks-a-physical-layer-perspective> , accesat 18.11.2018.
 19. Kalwa J. și Engel R., Overview about the GREX-Project: Coordination and Control of Cooperating Heterogeneous Unmanned Systems in Uncertain Environments, Technical Report, 2014, September 03, Atlas Elektronik GmbH, Beremen, Germany: EU project MORPH - FP 7, 2012-2016, p. 173-184.
https://www.researchgate.net/publication/237724835_Overview_about_the_GREXProject_Coordination_and_Control_of_Cooperating_Heterogeneous_Unmanned_Systems_in_Uncertain_Environments , accesat 03 20, 2019.
 20. Koubaa A., ROS As a Service: Web Services for Robot Operating System, *Journal of Software Engineering for Robotics*, Polytechnic Institute of Porto, Portugal, 2015, December, pag. 123-136, ISBN: 2035-3928, <https://www.researchgate.net/publication/309668701> , accesat 05.07.2018.
 21. Kuwata Y., ș.a., Safe Maritime Navigation with COLREGS Using Velocity Obstacles, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2011, 25-30 september, San Francisco, CA, USA: IEEE, ISBN: 978-1-61284-456-5, doi:10.1109/IROS.2011.6094677, accesat 16.12.2018.
 22. Lee N.-H., Reflection theorem for Lorentz–Minkowski spaces, *General Relativity and Gravitation* (Springer), nr. 48, vol. 104, 2016, ISBN: 1572-9532, doi:10.1007/s10714-016-2100-z, accesat 15.01.2019.
 23. Li J., ș.a., Self-localization of autonomous underwater vehicles with accurate sound travel time solution, Elsevier, Computers & Electrical Engineering. vol. 50, 2016, February: pag. 26-38, ISBN: 0045-7906, doi:10.1016/j.compeleceng.2015.11.018,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045790615003936#fig0011> , accesat 14.06.2018.

24. Liu Y. și Bucknall R., Path planning algorithm for unmanned surface vehicle formations in a practical maritime environment, *Ocean Engineering*: vol. 97, 2015, 15 March: pag. 126-144, ISBN: 0029-8018, doi:10.1016/j.oceaneng.2015.01.008, accesat 17.01.2019.
25. Liu Z., ș.a., Unmanned surface vehicles: An overview of developments and challenges, *Annual Reviews in Control*, vol. 41, 2016: pag. 71-93, ISBN: 1367-5788, doi:10.1016/j.arcontrol.2016.04.018, accesat 15.12.2018.
26. Vukosavljev M., ș.a., A framework for multi-vehicle navigation using feedback-based motion primitives, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), 2017, September, 24-28, The Allen Institute for Artificial Intelligence, Vancouver, Canada, pag. 223-229 ISBN: 978-1-5386-2682-5, doi:10.1109/IROS.2017.8202161, <http://www.dynsyslab.org/wp-content/papercite-data/pdf/vukosavljev-iros17.pdf> , accesat 04.02.2018.
27. Naeem W., COLREGs-based Evasive Decision Making in Maritime Vehicles, Grant - Technical report, 2011 February ÷ 2012 September, Electronics Electrical Eng and Comp Sci, Queen's University of Belfast, Belfast, UK: <http://www.qub.ac.uk/researchcentres/EPIC/Research/IntelligentSystems/COLREGsbasedEvasiveDecisionMakinginMaritimeVehicles/> , accesat 13.11.2018.
28. Polvara R., Obstacle Avoidance Approaches for Autonomous Navigation of Unmanned Surface Vehicles, *Journal of Navigation* (Cambridge University Press - CUP), vol. 71, nr. 1, 2017, January: pag. 241-256. doi:10.1017/S0373463317000753, <https://pearl.plymouth.ac.uk/bitstream/handle/10026.1/10053/Pearl%20JoN%202017.pdf?sequence=1> , accesat 05.11.2018.
29. Qiao F., Patnaik S. și Wang J., Recent Developments in mechatronics and Intelligent Robotics, Editor Springer, Vol. 1, Kunming: *Advanced in Intelligent Systems and Computing*, p. 613, ISBN: 978-3-319-65978-7, doi:10.1007/978-3-319-65978-7, accesat 05.11.2018.
30. Rahmani M.E., Amine A. și Hamou R.M., Sonar Data Classification Using a New Algorithm Inspired from Black Holes Phenomenon, *International Journal of Information Retrieval Research* (IGI Publishing Hershey, PA, USA) vol. 8, nr. 2, 2018, April-June: pag. 25-39, ISBN: 2155-6377, doi:10.4018/IJIRR.2018040102, https://www.researchgate.net/publication/323369544_Sonar_Data_Classification_Using_a_New_Algorithm_Inspired_from_Black_Holes_Phenomenon , accesat 18.11.2018.
31. Stergiopoulos, S., Advanced Beamformers, Technical, Diagnosis and Prevention Group, Individual Readiness Section, Defence R&D Canada, Toronto, Canada, 2008, September, pag. 107, ISBN: TR 2008-101, <http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/unc82/p531049.pdf> , accesat 18.11.2018.

32. Usubamatov R., New Analytical Approach for Finding the Gyroscope Forces and its Properties, *Asian Journal of Scientific Research*, vol. 10, nr. 4, 2017, September 15: pag. 380-386, ISBN: 1992-1454, doi:10.3923/ajsr.2017.380.386, <https://scialert.net/fulltext/?doi=ajsr.2017.380.386> , accesat 17.11.2018.
33. Usubamatov R., Harun A.B., Fidzwan M. și Hamzas A.B.Md., Gyroscope Mystery is Solved, *Journal of Advances in Mechanical & Automobile Eng. (IJAMAE)*, vol. 1, nr. 1, 2014: pag. 62-67, ISBN: 2349-1485, doi:10.15242, http://ieng.org/images/proceedings_pdf/9960E1113506.pdf , accesat 17.11.2018.
34. Van der Berg, Jur, Lin M.C. și Manocha D., Reciprocal Velocity Obstacles for Real-Time Multi-agent Navigation, IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2008, 2008, May 19-23, Pasadena, California, USA. pag. 1928-1935, ISBN: 978-1-4244-1646-2, doi:10.1109/ROBOT.2008.4543489, https://www.cse.iitk.ac.in/users/cs365/2014/papers/vandenberg-lin-manocha-08_reciprocal-velocity-obstacles.pdf , accesat 17.01.2019.
35. Van Veen B.D. și Buckley K.M., Beamforming: a versatile approach to spatial filtering, *IEEE ASSP Magazine*, vol. 5, nr. 2, 1988, April: pag. 4-24, ISBN: 0740-7467, doi:10.1109/53.665, https://www.lsv.uni-saarland.de/fileadmin/teaching/dsp/ss15/BF_VeenBuckley.pdf , accesat 18.11.2018.
36. Walker C., Magnetic Signature Mapping of a Moving Ship Using a Fleet of Autonomous Underwater Vehicles, Degree of Master of Science with a Major in Mechanical Engineering, College of Grad. Studies, Univ. of Idaho, Idaho, USA, 2012, July, <https://static1.squarespace.com/static/5696c37425981d356847b3f9/t/5699bf9acbcd647da2f1dc9/1452916654320/Thesis+Final.pdf> , accesat 14.06.2018.
37. Yannick M., Applied Nonlinear Control of Unmanned Vehicles with Uncertain Dynamics, Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy, 2009, April 17, Fac. of the Mech. Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State Univ., Blacksburg, www.researchgate.net/publication/47517612_Applied_Nonlinear_Control_of_Unmanned_Vehicles_with_Uncertain_Dynamics , accesat 17.11.2018.
38. Zhong X., Zhong X. și Peng X., Velocity-Change-Space-based dynamic motion planning for mobile robots navigation, *Neurocomputing* (Elsevier) vol. 143, 2014, 2 November: pag. 153-163, ISBN: 0925-2312, doi:10.1016/j.neucom.2014.06.010, https://www.researchgate.net/publication/241630685_Dynamic_collision_avoidance_of_mobile_robot_based_on_velocity_obstacles , accesat 16.12.2018.
39. Zuhaib K.M., ș.a., Collision Avoidance from Multiple Passive Agents with Partially Predictable Behavior, *App. Sciences MDPI*, Basel, Switzerland, vol. 7, nr. 903, 2017, Sept. 4. : p. 18, EISSN

2076-3417, doi:10.3390/app7090903, <https://www.mdpi.com/2076-3417/7/9/903/htm> , accesat 18.12.2018.