

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII
MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei
Facultatea Electronică și Telecomunicații
Departamentul Rețele și Software de Telecomunicații**

**Admis la susținere
Șef departament:
Tîrșu Valentina, conf. univ., dr.**

„_____” _____ 2024

ELABORAREA SISTEMULUI DE GHIDARE ȘI CONTROL AL DRONELOR

Teză de licență

Student:	Macovei Alexandru, RST-191
Coordonator:	Dorogan Andrei, lect. univ., dr.
Consultant:	Gritco Maria conf. univ., dr.

Chișinău, 2024

A D N O T A R E

la teza „Elaborarea Sistemului de Ghidare si Control al Dronelor” prezentată de către Macovei Alexandru pentru acordarea gradului academic de inginer licențiat, Chișinău, 2024.

Structura tezei. Teza cuprinde introducerea, trei capitole, concluzii, bibliografia cu 68 titluri, 64 pagini text de bază, inclusiv 35 de figuri și 9 tabele și 0 anexe.

Cuvintele-cheie: *U.A.V, PWM, IDE, BRUSHLESS, IDE, MICROCONTROLLER*

Scopul lucrării constă în analiza și proiectarea unui dispozitiv Dronă modern și compact, care ar corespunde cerințelor utilizatorilor și ar fi ușor de utilizat.

Obiectivele generale:

1. analiza tipurilor de drone existente și studierea acțiunii acestora asupra mediului social.
2. punerea accentului pe multifuncționalitate maximă, adică pe alegerea celor mai utile caracteristici și îmbinarea acestora într-un dispozitiv.
3. Crearea unui dispozitiv complet funcțional și autonom ușor manevrabil și sigur.

Metodele aplicate.

La elaborarea tezei s-au folosit două metode de cunoaștere științifică, una empirică și două teoretice.

- **comparația** este una dintre cele mai frecvente metode de cunoaștere. Datorită acestei metode s-au ales cele mai noi prototipuri ale dispozitivului și caracteristicile lor tehnice ulterioare.
- **analiza** reprezintă procesul de descompunere a dispozitivului în părțile componente ale acestuia. Atunci când se folosește metoda de analiză, se împarte mental obiectul studiat, adică se află din ce părți este format și care sunt proprietățile sale.
- **sinteza** este combinarea părților obținute prin analiză într-un întreg. Ca urmare a aplicării sintezei, cunoștințele obținute datorită analizei sunt combinate într-un singur sistem.

Rezultatele concrete obținute.

Ca rezultat al efectuării tezei de licență și a luării deciziilor corecte în baza studiului bibliografic s-au obținut următoarele rezultate:

- dispozitivul poate fi dotat cu diverse tipuri de senzori optici și camere wireless;
- dispozitivul poate fi folosit în diferite scopuri în funcție de spectrul cerut;
- lucru în regim autonom;
- gabarit redus, care permite utilizarea dispozitivului, în condiții de luptă, în deplasări sau în concediu;
- descrierea softului programului pentru dirijarea dispozitivului, ținându-se cont de ușurința în utilizare și evitarea operațiilor excesive, care pot fi eliminate din start.

ANNOTATION

For the thesis “Development of the Drone Guidance and Control System ” presented by Macovei Alexandru for conferring a bachelor's degree in engineering, Chisinau, 2024.

Thesis structure. The thesis includes the introduction, three chapters, conclusions, bibliography with 68 titles, 64 pages of basic text, including 35 figures and 9 tables and 0 annexes.

Keywords: *U.A.V, PWM, IDE, BRUSHLESS, IDE, MICROCONTROLLER*

The purpose of this thesis consists of the analysis and design of a modern Drone device and compact that would meet user requirements and be easy to use.

General objectives:

1. analysis of existing types of drones and study of their action on the social environment.
2. focusing on maximum multi-functionality, i.e. choosing the most useful features and combining them into one device.
3. Creating a fully functional and autonomous device that is easy to handle and safe.

Applied methods.

Two methods of scientific knowledge were used to elaborate the thesis, one empirical and two theoretical.

- a comparison is one of the most common methods of knowledge. Thanks to this method, the newest prototypes of the device and their subsequent technical characteristics were chosen.
- an analysis is the process of breaking down the device into its component parts. When using the analysis method, one mentally divides the studied object, that is, finds out what parts it is made of and what its properties are.
- a synthesis is the combination of parts obtained through analysis into a whole. As a result of the application of the synthesis, the knowledge obtained due to the analysis is combined into a single system.

The concrete results obtained.

As a result of performing the bachelor's thesis and making the right decisions based on the bibliographic study, the following results were obtained:

- the device can be equipped with various types of optical sensors and wireless cameras;
- the device can perform various jobs depending on the required spectrum;
- autonomous work;
- reduced dimensions, which allow the device to be used in combat conditions, on trips or on vacation;
- software description, the program for directing the device, taking into account the ease of use and the avoidance of excessive operations, which can be eliminated from the start.

CUPRINS

INTRODUCERE.....	11
1. DESCRIEREA DRONELOR GENERALITĂȚI.....	13
1.2 Definiția unei drone.....	13
1.2.1 Evoluția dronelor in timpurile de război.....	13
1.3.1 Dronelile in primul si al doilea război mondial.....	14
1.3.2 Războiul din Vietnam.....	15
1.3.3 Începuturile anilor 1980 si războiul din Israel	15
1.3.4 Începuturile anilor 1990.....	16
1.4 Clasificarea tipurilor de drone.....	16
1.4.1 Drone cu aripa fixă.....	16
1.4.2 Drone cu aripi rotative.....	17
1.4.3 Drone cu aripi care bat.....	18
1.5 Moduri de pilotaj in funcție de drobe	18
1.6 Domenii de utilizare	19
1.6.1 Utilizarea militară a dronelor.....	19
1.6.2 Utilizarea dronelor in viața civilă.....	19
1.7 Reglementarea utilizării dronelor.....	21
1.8 Concluzie.....	21
2. CONSTRUCȚIA SI ELABORAREA SISTEMULUI DE GHIDARE SI CONTROL AL DRONELOR.....	22
2.1 Introducere.....	22
2.2 Mișcările unui quadrotor.....	23
2.2.1 Mișcarea verticală.....	23
2.2.2 Mișcarea de ruluu.....	24
2.2.3 Mișcarea de tangaj	24
2.2.4 Mișcarea de girație	25
2.2.5 Unghiurile lui Euler	26
2.2.5 Viteza unghiulară.	26
2.2.7 Viteza liniară.....	27
2.2.6 Efecte fizice care acționează asupra quadrotorului.....	27
2.2.7 Forța de acțiune.....	28

					UTM 0714.2.03					
Mod.	Coala	Nr. document	Semnat.	Data	ELABORAREA SISTEMULUI DE GHIDARE SI CONTROL AL DRONELOR			<i>Litera</i>	<i>Coala</i>	<i>Coli</i>
Elaborat	Macovei A.							9	70	
Conducător	Dorogan A.							UTM FET RST - 191		
Consultant										
Contr. norm.										
Aprobat										

2.2.9	Greutatea quadrotorului.....	28
2.3.	Forța de tracțiune	28
2.3.1	Momente datorate forțelor de împingere	29
2.3.2	Momente datorate forțelor de tracțiune.....	29
2.3.3	Efectul giroscopic	29
2.4	Descrierea modelului matematic după Newton-Euler.....	29
2.4.1	Ecuatii de translație ale mișcării.....	31
2.4.2	Ecuatii mișcării de rotație.....	32
2.4.3	Relația forța/moment si viteza motorului.....	33
2.4.4	Controlerul PID.....	33
2.5	Descrierea proiectului nostru care urmează a fi realizat.....	35
2.5.1	Descrierea generală a componentelor utilizate.....	36
2.5.2	Baterie Lipo 1300 mA/ 35C / 3S.....	38
2.5.3	Încărcător baterie Li-Po.....	38
2.5.4	Motor cu perii DC A2212/920kv/10 T.....	38
2.5.5	Controlor electronic de viteză ESC.....	39
2.5.6	Ardupilot Mega APM 2.8.....	40
2.5.7	Șasiul dronei.....	41
2.6	Testarea componentelor utilizate BLDC si elice.....	41
2.7.	Radiotransmitător FLYSKY FS-i6 caracteristici si utilizare.....	42
2.7.1	Receptorul FS-iA6B specificații si caracteristici.....	43
2.8.0	Instalarea programului Mission Planner.....	44
2.8.1	Calibrarea accelometrului si compasul PID-ului.....	45
2.8.2	Calibrarea radiocomenzii.....	46
2.8.3	Calibrarea esc-urilor.....	47
2.8.4	Modurile de zbor.....	47
2.8.5	Setările deciziilor limită.....	48
2.8.6	Monitorizarea bateriei.....	49
2.8.7	Imagini dispozitiv finalizat.....	49
2.8.8	Descrierea funcționării PID-ului si dirijarea prin radiocomandă si GPS.....	51
3.	ARGUMENTAREA ECONOMICĂ.....	52
3.1.	Introducere.....	53
3.2.	Calculul eficienței economice.....	53
3.2.1.	Planul de elaborare a diplomei.....	53
3.2.2.	Calculul salariului.....	54

3.2.3.	Calculul cheltuielilor materiale.....	55
3.2.4.	Calculul cheltuielilor de energie electrică.....	56
3.2.5.	Calculul cheltuielilor de arendă a încăperii.....	58
3.3.	Eficiența socială.....	60
CONCLUZII.....		61
BIBLIOGRAFIE.....		62

					UTM 0714.2.03	Coala
<i>Mod</i>	<i>Coala</i>	<i>Nr. document</i>	<i>Semnăt.</i>	<i>Data</i>		11

Introducere

Odată cu avansarea tehnologică și accesibilitatea crescută a dronelor, aceste dispozitive au devenit omniprezente în diverse domenii. Exemple notabile includ monitorizarea traficului rutier, explorarea mediului, cartografierea și fotografierea aeriană fără utilizarea echipamentelor militare costisitoare. Datorită capacității lor de a decola și ateriza vertical, agilității ridicate și capacității de a staționa în zbor, dronele de tip quadrotor sunt extrem de versatile, iar utilizările lor sunt limitate doar de imaginație. Construirea unui astfel de vehicul aerian a fost un vis pentru mulți cercetători, care au fost constrânși de limitările echipamentelor disponibile în trecut.

Succesul construcției vehiculelor aeriene a fost posibil datorită progreselor tehnologice în actuatori și senzori la scară mică, cunoscute sub denumirea de sisteme microelectromecanice (MEMS). Indiferent de metodologia urmată în proiectarea unei drone, un pas esențial este studiul și construirea unui model matematic care să reprezinte funcționarea sistemului, bazat pe legile fundamentale ale fizicii și aerodinamicii. Modelarea unui quadrotor este o sarcină complexă, datorită numărului mare de efecte care influențează sistemul, precum efectele giroscopice, aerodinamice, forța gravitațională, frecarea și forțele de inerție.

În timpul zborului, quadrotorul este supus unor perturbări exogene și endogene. Perturbările exogene sunt cauzate de condițiile atmosferice și electromagnetice, în timp ce perturbările endogene sunt datorate echipamentelor interne ale dronei, complicând astfel manevrabilitatea în zbor.

Obiectivele lucrării

Această lucrare își propune să dezvolte un dispozitiv compact și multifuncțional de tip quadrotor, împreună cu un sistem de ghidare, care să fie ușor de utilizat. Scopul propus determină următoarele obiective generale:

- Analiza tipurilor de drone existente și formularea conceptului unui dispozitiv dronă.
- Maximizarea multifuncționalității prin alegerea celor mai utile caracteristici și echipamente, și integrarea acestora într-un dispozitiv coerent.
- Descrierea programului pentru controlul și dirijarea dronei.

Metodele aplicate

Pentru elaborarea tezei, au fost utilizate două metode de cunoaștere științifică: una empirică și două teoretice: comparația, analiza și sinteza.

Structura tezei

Teza cuprinde următoarele secțiuni: introducerea, trei capitole, concluzii, bibliografia, și un total de 64 de pagini de text de bază, incluzând figuri și tabele. Conținutul tezei este structurat astfel:

1. **Partea teoretică:** În acest capitol, vom prezenta generalitățile despre drone, scopul fiind de a explica ce sunt dronele și de a demonstra potențialul lor, oferind clarificări asupra noțiunilor de bază.
2. **Partea practică:** Acest capitol este dedicat modelării dinamice a unui quadrotor. Vom descrie structura generală a sistemului și principiul zborului, evidențiind modelarea dinamică a quadrotorului prin formalismul Newton-Euler.

3. **Partea economică:** În acest capitol este prezentată descrierea componentelor electronice și implementarea lor în proiect, detaliind aspectele economice.

Concluziile enunță rezultatele principale ale tezei, sintetizând constatările și realizările obținute în cadrul cercetării.

					UTM 0714.2.03	Coala
						11
<i>Mod</i>	<i>Coala</i>	<i>Nr. document</i>	<i>Semnăt.</i>	<i>Data</i>		

Bibliografia

1. *Unmanned aerial vehicle*. Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle#cite_note-tits-3
2. *Brief History of unmanned aerial vehicle (UAV)*. Disponibil: <https://futureofdrones.quora.com/Brief-History-of-unmanned-aerial-vehicle-UAV?ch=1&share=a4e433ed>
3. *Labruguière*. Disponibil: <https://fr.wikipedia.org/wiki/Labrugui%C3%A8re>
4. *Not-So-Short History of Unmanned Aerial Vehicles (UAV)*. Disponibil: <https://consortiq.com/uas-resources/short-history-unmanned-aerial-vehicles-uavs>
5. *Inside Vietnam's Forgotten Drone War*. Disponibil: <https://www.thedailybeast.com/inside-vietnams-forgotten-drone-war>
6. *Ryan Model 147*. Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/Ryan_Model_147
7. *Tadiran Mastiff*. Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/Tadiran_Mastiff
8. *Tadiran Mastiff*. Disponibil: <https://tvd.im/aviation/1931-tadiran-mastiff.html>
9. *AAI RQ-2 Pioneer*. Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/AAI_RQ-2_Pioneer
10. *High-altitude platform station*. Disponibil: https://en.wikipedia.org/wiki/High-altitude_platform_station
11. *HALE UAV Northrop Grummans Global*. Disponibil: https://www.researchgate.net/figure/HALE-UAV-Northrop-Grummans-Global-Hawk_fig7_278745381
12. *Quadcopter vs Multirotor vs Hexacopter vs Octocopter: What's the Difference?* Disponibil: <https://www.grepow.com/blog/quadcopter-vs-multirotor-vs-hexacopter-vs-octocopter.html>
13. *Workhorse's 'surefly' fuses helicopter with drone into a carbon-fiber craft*. Disponibil: <https://www.designboom.com/technology/workhorse-surefly-personal-drone-helicopter-06-05-2017/>
14. *Types of Drones - Flapping Wing*. Disponibil: <https://www.airsight.com/learn/airspace-security/drone-fundamentals/types-of-drones-flapping-wing?>
15. *A Brief History of Drones*. Disponibil: <https://www.iwm.org.uk/history/a-brief-history-of-drones>
16. Autoritatea Aeronautică Civilă. *Ghid*. Disponibil: <https://www.caa.md/ghid-3-107>
17. Roy Featherstone (2008). *Rigid Body Dynamics Algorithms*. Springer. ISBN 978-0-387-74314-1.
18. Robert H. Bishop (2007). *Mechatronic Systems, Sensors, and Actuators: Fundamentals and Modeling*. CRC Press. pp. §7.4.1, §7.4.2. ISBN 978-0-8493-9258-0.
19. SAVA, L., GANGAN, S., GUJUMAN, L. *Îndrumar metodic privind proiectul de licență la comportimentul economic*. Chișinău: Editura UTM, 2012. 71p. ISBN 978-9975-45-199-4.
20. SAVA, L., GRIȚCO, M. *Organizarea și analiza activității economice în domeniul*

telecomunicațiilor. Ghid metodic, Partea I. Chișinău: Editura UTM, 2014. 54p. ISBN 978-9975-45-316-5.

21. SAVA, L., GRITCO, M. Organizarea și analiza activității economice în domeniul telecomunicațiilor. Ghid metodic, Partea II. Chișinău: Editura UTM, 2014. 56p. ISBN 978-9975-45-318-9.

22. SAVA, L., GUJUMAN, L. Organizarea și analiza activității economice în în domeniul telecomunicațiilor. Note de curs. Chișinău: Editura UTM, 2017. 110p.

					UTM 0714.2.03	Coala
<i>Mod</i>	<i>Coala</i>	<i>Nr. document</i>	<i>Semnăt.</i>	<i>Data</i>		62