CZU: 378.147:623.746-519 **https://doi.org/10.59295/tehfizuvs25.23**

MODERNIZAREA PREDĂRII CURSULUI „ARHITECTURA ŞI AVIONICA DRONELOR": PROPUNERI PENTRU CREŞTEREA RELEVANȚEI ŞI INTERACTIVITĂȚII ÎN PREDARE

MODERNIZING THE TEACHING OF THE COURSE "DRONE ARCHITECTURE AND AVIONICS": PROPOSALS FOR INCREASING RELEVANCE AND INTERACTIVITY IN TEACHING

Alisa MOŞNEAGA[1] e-mail: alisa.mosneaga@usm.md ORCID ID: 0009-0009-2459-3596
Sergiu PASCARI[2] e-mail: sergheipascari@gmail.com ORCID ID: 0009-0003-2951-2405
Anton DANICI[3] e-mail: adanici@gmail.com ORCID ID: 0000-0003-2791-7612
Mariana SAVVA[4] e-mail: marianna.savva@usm.md ORCID ID: 0000-0003-0618-5360

[1,2,3,4]Universitatea de Stat din Moldova

Abstract. *This paper evaluates the course "Drone Architecture and Avionics" at the Moldova State University, examining its current structure and comparing it with similar programs offered by leading European universities. While the course provides a solid foundation in drone architecture, avionics, navigation systems, and aeronautical regulations, the analysis reveals several gaps regarding emerging technologies and practical training. Unlike European reference programs, the current curriculum lacks modules on artificial intelligence, machine learning, computer vision, and advanced sensing technologies such as LiDAR and multispectral imaging. Additionally, the limited number of practical hours reduces opportunities for hands-on experience and industry engagement.*
Keywords: *course "Drone Architecture and Avionics", programs, European universities.*

Introducere

În contextul dezvoltării accelerate a tehnologiilor autonome și al creșterii cererii de specialiști în domeniul dronelor, adaptarea programelor universitare la cerințele actuale ale pieței devine o necesitate. Cursul „Arhitectura și Avionica Dronelor", parte a programului inginerесc de la Universitatea de Stat din Moldova, are un rol important în formarea competențelor tehnice și aplicative ale studenților. Pentru a evalua în ce măsură acest curs răspunde standardelor internaționale și pentru a identifica direcții de îmbunătățire, a fost realizată o analiză detaliată a structurii și conținutului actual, urmată de o comparație cu programe similare oferite de universități de prestigiu din Europa. Această abordare permite evidențierea punctelor forte ale cursului, dar și a aspectelor care pot fi modernizate, în vederea alinierii la tendințele educaționale și tehnologice actuale.

Analiza cursului actual

Cursul „Arhitectura și Avionica Dronelor" (3 credite ECTS, 90 ore) reprezintă una dintre componentele esențiale ale programului de formare inginerească la Universitatea de Stat din Moldova [1]. În structura actuală, cursul include 15 ore de prelegeri, 10 ore de seminare și laboratoare, precum și 65 de ore de activitate individuală. Conținutul său abordează principalele teme legate de construcția, arhitectura și funcționarea dronelor, incluzând aspecte de siguranță, reglementare și etică.

Între punctele forte se remarcă echilibrul general între teorie și aplicație, integrarea noțiunilor de legislație aeronautică, precum și accentul pus pe aplicațiile multiple ale dronelor în domenii precum cartografierea sau monitorizarea mediului.

Cu toate acestea, analiza comparativă cu programe similare din universități europene a relevat faptul că, deși baza este solidă, conținutul poate fi îmbunătățit pentru a reflecta mai fidel tendințele actuale în domeniul sistemelor autonome și al tehnologiilor emergente.

Analiza cursurilor europene de referință

Pentru a contura direcții concrete de modernizare a cursului „Arhitectura și Avionica Dronelor", a fost realizată o analiză comparativă între conținutul și metodologia de predare utilizate la Universitatea de Stat din Moldova (USM) și cele din cadrul unor programe universitare similare din Europa. Printre instituțiile de referință analizate se numără Universitatea Swansea (Regatul Unit) [9][6], Universitatea Vizja (Polonia) [3], Universitatea din Stuttgart (Germania) [4], Universitatea Norvegiană de Știință și Tehnologie – (NTNU, Norvegia) [5], Universitatea Ansbach – Academia Bavareză de Drone (Germania) [7], Institutul Regal de Tehnologie KTH (Suedia) [8] și altele.

La **Universitatea Swansea**, programele *Environmental Drone Remote Sensing* și *Drone Accreditation and Remote Sensing* constituie exemple relevante de integrare a dronelor în cercetarea aplicată. Acestea pun un accent puternic pe teledetecție, prelucrarea datelor geospațiale și utilizarea sistemelor GIS [9],[6]. Studenții beneficiază de instruire practică intensivă cu drone reale și pot obține certificări profesionale (de exemplu, GVC), facilitând astfel tranziția rapidă către piața muncii.

În cadrul **Universității Vizja**, specializarea *Drone Engineering* adoptă o abordare interdisciplinară, care îmbină automatizarea, mecatronica și procesarea imaginilor [3]. Programul se remarcă prin proiecte de echipă, stagii în industrie și acces la laboratoare dotate cu echipamente de ultimă generație. Acest model susține formarea unor competențe aplicative și inovative, elemente care necesită consolidare în cadrul cursului actual de la USM.

La **Universitatea din Stuttgart** [4], procesul didactic este strâns corelat cu activitatea de cercetare. Proiecte precum *eMission* și *AMI-PGS* implică studenții în colaborări directe cu mediul industrial, abordând teme precum sustenabilitatea și mobilitatea urbană inteligentă. Acest model ar putea fi replicat gradual la USM prin inițierea unor proiecte experimentale locale, de exemplu în domeniul agriculturii de precizie sau al monitorizării mediului.

La **NTNU** (Universitatea Norvegiană de Știință și Tehnologie) din Norvegia, studenții au acces la un laborator specializat – *UAV-Lab* – unde dezvoltă sisteme autonome și algoritmi avansați de control pentru drone [5]. O abordare comparabilă este implementată și la **Academia de Drone din Bavaria** (Universitatea Ansbach), care promovează formarea practică și colaborarea interdisciplinară [7].

În mod similar, la **Institutul Regal de Tehnologie KTH** din Suedia [8], dronele sunt integrate în programe axate pe ingineria mediului și infrastructuri sustenabile. Se pune accent pe analiza datelor obținute prin teledetecție, utilizarea GIS-ului și evaluarea impactului ecologic.

Toate aceste programe europene prezintă trăsături comune care pot ghida modernizarea cursului de la USM:

- accentul puternic pe activități practice (30–40% din volumul total de ore);
- integrarea tehnologiilor emergente, precum inteligența artificială, rețelele 5G, senzori multispectrali și algoritmi de procesare avansată;

- colaborarea activă cu industria, prin stagii, proiecte comune și certificări;
- mecanisme moderne de evaluare a competențelor, axate pe aplicabilitate și inovație.

Aceste bune practici pot servi drept punct de plecare pentru adaptarea și modernizarea conținutului cursului, astfel încât să răspundă mai bine cerințelor actuale ale pieței și să stimuleze implicarea activă a studenților în procesul de învățare.

Lacune identificate

În urma analizei comparative cu programele universitare europene de referință, cursul „Arhitectura și Avionica Dronelor" de la Universitatea de Stat din Moldova (USM) prezintă o serie de limitări atât la nivel structural, cât și metodologic.

Din perspectiva conținutului, se constată absența unei abordări actualizate a tehnologiilor emergente. Lipsesc subiecte esențiale precum:

- inteligența artificială aplicată dronelor;
- algoritmii de învățare automată (machine learning) pentru navigație autonomă;
- tehnici de computer vision;
- utilizarea senzorilor avansați (LiDAR, multispectrali) [9], [3], [5].

Totodată, cursul nu include module dedicate aplicațiilor specializate, care sunt frecvent abordate în instituțiile europene de profil, cum ar fi:

- agricultura de precizie,
- monitorizarea schimbărilor climatice,
- aplicații urbane și logistice [9], [4], [8].

La nivel metodologic, una dintre cele mai semnificative carențe este componenta practică insuficient dezvoltată. În forma actuală, cursul prevede aproximativ 10 ore de activități practice, în contrast cu cele 25 – 35 de ore regăsite în programele similare din Europa [9], [3].

Printre alte deficiențe notabile se numără:

- absența proiectelor hands-on cu drone reale;
- inexistența lectorilor invitați din industrie;
- evaluarea bazată exclusiv pe probe teoretice, cu accent pe testarea cunoștințelor, nu pe dezvoltarea și validarea competențelor practice.

Aceste lacune reduc ușor relevanța cursului în raport cu cerințele actuale ale pieței muncii și limitează oportunitățile studenților de a dobândi experiență aplicativă și de a se integra în ecosistemele de inovare din domeniul tehnologiilor UAV.

Recomandări pentru îmbunătățirea cursului

Pornind de la aceste observații, se recomandă restructurarea parțială a conținutului, păstrând volumul total de 3 credite ECTS, dar redistribuind orele astfel încât partea practică să crească la cel puțin 25% din total. În noua structură, temele tradiționale (arhitectura hardware, sistemele de navigație și reglementările) ar trebui completate cu module dedicate inteligenței artificiale pentru drone, procesării datelor avansate, teledetecției și GIS-ului aplicat [3], [5], [7].

O secțiune nouă ar putea fi dedicată comunicațiilor moderne (rețele 5G, comunicații satelitare, Internet of Drones) și securității cibernetice, domeniu tot mai important în contextul sistemelor autonome [10]. Aplicațiile practice ar putea include proiecte de monitorizare agricolă, analize de vegetație prin indicii NDVI, studii de poluare atmosferică sau inspecția infrastructurii.

Din punct de vedere metodologic, se recomandă implementarea învățării bazate pe proiecte, folosirea simulatoarelor open-source (Gazebo, AirSim), software-urilor de analiză (QGIS, Python), și a platformelor interactive pentru învățarea AI (Google Colab, Jupyter) [5][7]. De asemenea, ar fi benefică implicarea specialiștilor din companii locale și internaționale prin prelegeri, demonstrații sau mentorat [3], [4], [7]. Metodele de evaluare ar trebui modernizate pentru a include evaluarea continuă a activității practice (mini-proiecte, peer-review, prezentări de proiecte) și un proiect semestrial integrator, completat de o demonstrație practică. Această abordare ar asigura o evaluare mai realistă a competențelor tehnice, a creativității și a capacității de colaborare. Pentru a susține aceste direcții de modernizare, este utilă o privire comparativă asupra programelor europene de referință, alături de propuneri concrete de îmbunătățire adaptate cursului „Arhitectura și Avionica Dronelor" expuse în tabelul de mai jos:

Tabel Programe europene și propuneri de îmbunătățire pentru cursul „Arhitectura și Avionica Dronelor"

Țara / Universitatea	**Elemente curriculare cheie**	**Inovații și bune practici**	**Propuneri pentru cursul USM**
Austria – Universitatea de Științe Aplicate Kufstein Tirol	Ingineria Dronelor (Licență, 6 semestre, interdisciplinar: aeronautică + IT + analiză de date; *U-Space/UTM;* proiecte și laboratoare).	Internship integrat (~500h); module avansate (Programare de roiuri, Simulare a sistemelor aeriene fără pilot (UAS) - orientare spre sustenabilitate și mobilitate inteligentă.	Introducerea unei unități despre U-Space/UTM; proiecte de simulare UAS; conectarea cu un stagiu aplicativ scurt.
Belgia – Universitatea de Științe Aplicate VIVES	Specializare UAS în cadrul Ingineriei Aeronautice; *DroneLab* cu infrastructură dedicată; instruire practică intensă.	Certificare pilot A2 (EU); proiecte cu parteneri industriali; aplicații concrete (agricultură de precizie, inspecții, SAR).	Crearea unui mini-DroneLab educațional; integrarea certificării (modul EASA & practici); proiecte cu parteneri locali.
Estonia – Universitatea din Tartu și Universitatea Estoniană de Științe ale Vieții	Master în guvernanță de mediu și adaptare la schimbări climatice; interdisciplinar cu remote sensing.	Integrarea dronelor în politici de mediu; aplicații GIS pentru monitorizare ecologică; legături cu *European Green Deal*.	Introducerea unui submodul de aplicații de mediu (monitorizare ecosisteme, indicii vegetație) corelat cu GIS.
Franța – Institutul Politehnic de Științe Avansate – IPSA	Master în Inginerie Aeronautică (120 ECTS); opțiuni Avionica/Sisteme de proiectare; stagii obligatorii.	AI, siguranță de zbor, mecatronică, embedded; formare bilingvă; proiecte industriale.	Introducerea unui submodul de AI aplicată (computer vision pentru UAV) și elemente de siguranță cibernetică.
Germania – Universitatea din Stuttgart (IFB) & Universitatea Ansbach (BDAN)	Programe axate pe cercetare aplicată UAS; centre dedicate (BDAN) și proiecte cu industrie.	*eVTOL*, propulsie electrică, testare experimentală; certificări și formare recunoscută; colaborări extinse.	Mini-proiecte de cercetare aplicată (ex.: profil aerodinamic, eficiență energetică); sesiuni cu lectori din industrie.

Italia – Universitatea din Roma „Tor Vergata”	Master PARS – Sisteme de aeronave pilotate de la distanță; colaborare cu ENAC; formare teorie + laborator + practică.	Accent pe reglementări și certificare; proiectare, operare și siguranță aeronautică conform EASA.	Modul dedicat reglementărilor EASA și siguranței operaționale + exerciții de conformitate (studiu caz).
Lituania – Universitatea Tehnică Vilnius Gediminas – VILNIUS TECH	Mecanică aeronautică (licență) și Inginerie aerospațială (master); UAV și embedded integrate în formarea inginerească.	Prototipare, proiecte de cercetare aplicată, control autonom; laboratoare aeronautice.	Consolidarea părții de embedded & senzori; laborator demonstrativ cu platforme *Arduino/Raspberry.*
Norvegia – Universitatea Norvegiană de Știință și Tehnologie – NTNU (UAV-Lab)	Laborator UAV pentru sisteme autonome, guidance & control; infrastructuri de testare.	Învățare bazată pe cercetare; testare în poligoane dedicate; proiecte pe control tolerant la defecte.	Simulări de control autonom (Gazebo/AirSim) + proiect integrator cu accent pe robusteză și siguranță.
Polonia – Universitatea Vizja (Ingineria Dronelor)	Specializare multidisciplinară: informatică, mecatronică, procesarea semnalelor & imaginilor, robotică.	Proiecte de echipă; laboratoare moderne; stagii integrate.	Submodul AI/ML pentru navigație și computer vision; proiect de echipă cu rezultate măsurabile.
Portugalia – Universitatea din Porto (Master în teledetecție)	Teledetecție și analiză geospațială; drone + senzori aerieni; aplicații multi-domeniu.	Curriculum flexibil; integrare GIS; proiecte aplicate (agricultură, oceanografie, meteorologie).	Modul de teledetecție aplicată; set de laboratoare cu QGIS + imagini aeriene/NDVI.
Spania – Universitatea din Santiago de Compostela și Universitatea Politehnică din Valencia	Mastere UAS cu operare, reglementări, proiectare; cooperare interuniversitară.	Pregătire pentru licențiere profesională; proiecte interdisciplinare; disertații aplicate.	Integrarea unui modul de licențiere/operare + atelier de proiectare de misiuni multi-senzor.
Suedia – Universitatea din Stockholm și Institutul Regal de Tehnologie KTH	GIS, teledetecție, infrastructuri durabile; AI + analiză spațială pentru mediu.	Proiecte pe monitorizare ecologică și planificare urbană; colaborări cu centre de cercetare.	Submodul „Dronă pentru mediu”: workflow complet (colectare, georeferențiere, analiză, raportare).
Regatul Unit – Universitatea Swansea	Integrare strânsă drone–GIS–mediu; instruire practică; certificare GVC (CAA).	Lucru de teren extins; standarde profesionale de operare; portofolii de proiecte.	Introducerea unei componente de certificare practică; portofolii și rubrici de evaluare practică.

Impactul și beneficiile implementării

Prin modernizarea cursului conform acestor recomandări, USM ar aduce disciplina la un nivel comparabil cu universitățile europene, asigurând o formare actualizată și competitivă. Studenții ar dobândi competențe în domenii cu cerere crescută: operarea dronelor, procesarea imaginilor aeriene, inteligență artificială aplicată, analiza geospațială și înțelegerea reglementărilor europene (EASA) [10]. Pe termen scurt, beneficiile directe ar fi creșterea atractivității programului, consolidarea colaborărilor

internaționale și integrarea studenților în proiecte interdisciplinare. Pe termen lung, modernizarea cursului ar contribui la dezvoltarea unui nucleu de competențe tehnice și științifice capabil să sprijine inovația în agricultură, protecția mediului și infrastructura inteligentă din Republica Moldova [2], [8], [1]. Astfel, cursul „Arhitectura și Avionica Dronelor" ar putea deveni un exemplu regional de bună practică academică, formând specialiști care să contribuie la dezvoltarea tehnologică durabilă și la procesul de integrare europeană.

Referințe:

1. Universitatea de Stat din Moldova, Facultatea de Fizică și Inginerie. (2023). *Curriculum la disciplina „Arhitectura și Avionica Dronelor".* Chișinău: USM.
2. Nedeoglo N., Rotaru C., Danici A., Seinic V., Sprincean V., Vozian C., Cazan V., Corcimari I., Cebotaru E. *Educație pentru drone (Suport de curs)*, Chișinău, 2019.
3. Universitatea Vizja. (2025). *Drone Engineering Specialization - Computer Science Bachelor Program.* Disponibil la: https://vizja.pl/en/specjalizacja/inzynieria-dronow/ [accesat la 13 octombrie 2025].
4. University of Stuttgart, Institute of Aircraft Design (IFB). (2025). *eMission Project – Energy Reduction through Mission-Adaptive Distributed Propulsion and Recuperation Approaches.* Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action (BMWK, Germania).
5. Norwegian University of Science and Technology (NTNU). *Unmanned Aerial Vehicles Laboratory (UAV-Lab), Department of Engineering Cybernetics.* Disponibil la: https://www.ntnu.edu/itk/uav-lab [accesat la 13 octombrie 2025].
6. Swansea University. (Marea Britanie). *Drone Accreditation and Remote Sensing (GEGM03).* Disponibil la: https://intranet.swan.ac.uk/catalogue/default.asp?type=moddetail&mod=GEGM03 [accesat la 13 octombrie 2025].
7. Hochschule Ansbach. *Bavarian Drone Academy (BDAN) – A centre of excellence for training and applied research in the civilian field of aerial robotics.* Disponibil la: https://www.hs-ansbach.de/en/-research/kompetenzzentren/bavarian-drone-academy [accesat la 13 octombrie 2025].
8. KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Suedia. *Master's Programme in Environmental Engineering and Sustainable Infrastructure.* Disponibil la: https://www.kth.se/en/studies/master/environmental-engineering-sustainable-infrastructure/ [accesat la 13 octombrie 2025].
9. Swansea University. (Marea Britanie). *MSc Environmental Drone Remote Sensing.* Disponibil la: https://www.swansea.ac.uk/postgraduate/taught/biosciences-geography-physics/geography/msc-environmental-drone-remote-sensing/ [accesat la 13 octombrie 2025].
10. European Union Aviation Safety Agency (EASA). (2025). *Regulations for Unmanned Aircraft Systems.* Disponibil la: https://www.easa.europa.eu/domains/civil-drones [accesat la 19 octombrie 2025].

Acest articol este elaborat în cadrul proiectului pentru tineri cercetători pe anii 2025-2026, cifrul 25.80012.0807.25TC „Mediu sustenabil prin educația pentru drone''.