CZU: [37 + 001.891]:623.746-519 **https://doi.org/10.59295/tehfizuvs25.31**

DE LA EDUCAȚIE LA CERCETARE: COMPETENȚELE ȘTIINȚIFICE DEZVOLTATE PRIN UTILIZAREA DRONELOR

FROM EDUCATION TO RESEARCH: SCIENTIFIC COMPETENCIES DEVELOPED THROUGH THE USE OF DRONES

Alisa MOŞNEAGA[1] e-mail: alisa.mosneaga@usm.md ORCID ID: 0009-0009-2459-3596

Mariana SAVVA[2] e-mail: marianna.savva@usm.md ORCID ID: 0000-0003-0618-5360

[1,2]Universitatea de Stat din Moldova

Abstract. *The integration of unmanned aerial vehicles (UAVs) into education represents a significant opportunity to bridge the gap between learning and scientific research, particularly within STEM and environmental education. This study analyzes the educational potential of drone-based learning in fostering scientific, digital, and sustainability-oriented competencies. Grounded in contemporary pedagogical models such as inquiry-based learning, experiential learning, and research-based learning, the article examines how UAV technologies support authentic learning experiences that replicate key stages of the scientific method, including hypothesis formulation, data collection, analysis, and interpretation. Drawing on recent international literature and European policy frameworks, including the Digital Education Action Plan (2021–2027) and the GreenComp framework, the study highlights the role of drones as mediating tools that facilitate the transition from theoretical education to applied research. The findings indicate that the use of UAVs in educational contexts contributes to the development of STEM, geospatial, digital, research, and transversal competencies, while also enhancing learner motivation and engagement. The article argues that the systematic integration of drone-based activities into curricula can support educational innovation, strengthen the education–research nexus, and better align academic programs with contemporary societal and environmental challenges.*

Keywords: *scientific competences, drones, STEM, education, research, UAV, GreenComp.*

INTRODUCERE

Transformarea digitală a educației constituie o prioritate strategică la nivel european și internațional, având ca scop alinierea proceselor educaționale la cerințele unei societăți bazate pe cunoaștere, inovare și tehnologii avansate [1]. Integrarea tehnologiilor digitale emergente în educație depășește funcția de simplă facilitare a accesului la informație și vizează, în mod esențial, dezvoltarea competențelor necesare cercetării științifice, gândirii critice și adaptabilității profesionale. În acest context, Planul de Acțiune pentru Educația Digitală (2021–2027) al Comisiei Europene subliniază necesitatea creării unor medii de învățare autentice, interactive și orientate spre competențe, capabile să reflecte realitățile profesionale și științifice contemporane [2].

În acord cu aceste orientări, educația este redefinită ca un proces activ, centrat pe cursant, care promovează învățarea prin investigație, rezolvarea de probleme reale și aplicarea cunoștințelor în contexte interdisciplinare [2]. Modelele pedagogice tradiționale sunt astfel completate de abordări didactice inovatoare, care valorifică tehnologia ca instrument de susținere a gândirii științifice și a competențelor digitale avansate. În acest cadru, dronele (Unmanned Aerial Vehicles – UAV) se afirmă ca tehnologii cu un potențial educațional semnificativ, fiind deja larg utilizate în cercetarea științifică aplicată. Domenii precum teledetecția, cartografia digitală, monitorizarea mediului, managementul

riscurilor naturale și agricultura de precizie beneficiază de capacitatea UAV-urilor de a furniza date spațiale de înaltă rezoluție, cu eficiență și acuratețe ridicate [3].

Caracterul interdisciplinar al acestor tehnologii implică integrarea cunoștințelor din fizică, informatică, geografie, ecologie și statistică, ceea ce le recomandă ca instrumente relevante pentru educația STEM. Transferul tehnologiilor UAV din sfera cercetării către mediul educațional creează premisele unei relații funcționale între educație și cercetare, conferind procesului de învățare un caracter investigativ și aplicativ. Prin utilizarea dronelor în activitățile didactice, cursanții pot fi implicați în etapele fundamentale ale demersului științific, incluzând formularea ipotezelor, colectarea și analiza datelor, precum și interpretarea și comunicarea rezultatelor. Astfel, procesul educațional este orientat spre construirea activă a cunoașterii și dezvoltarea competențelor științifice transferabile.

Literatura de specialitate confirmă rolul dronelor ca tehnologie pedagogică eficientă în educația STEM. Studiile recente evidențiază impactul pozitiv al utilizării UAV-urilor asupra motivației cursanților, dezvoltării competențelor digitale și spațiale și consolidării gândirii analitice și a capacității de rezolvare a problemelor complexe [4,5]. În acest sens, integrarea dronelor în educație poate fi considerată nu doar o inovație tehnologică, ci o schimbare de paradigmă pedagogică, care susține convergența dintre formare, cercetare și inovare.

În acest context, prezentul articol își propune să analizeze potențialul utilizării dronelor ca instrument educațional pentru dezvoltarea competențelor științifice și digitale, evidențiind rolul acestora în facilitarea tranziției de la educație la cercetare. Analiza este plasată în contextul politicilor educaționale europene și al tendințelor actuale din educația STEM, oferind repere teoretice și aplicative relevante pentru modernizarea curriculumului și a practicilor didactice.

CADRUL TEORETIC ȘI CONCEPTUAL

Transformarea digitală a educației este analizată în literatura de specialitate ca un proces sistemic, care presupune nu doar integrarea tehnologiilor digitale, ci și reconfigurarea paradigmelor pedagogice, a curriculumului și a mecanismelor de formare a competențelor. La nivel european, acest proces este fundamentat pe documente strategice care promovează învățarea orientată spre competențe și utilizarea tehnologiilor emergente în contexte autentice de învățare [1, 2]. În această perspectivă, educația digitală este concepută ca un catalizator al dezvoltării gândirii critice, al competențelor digitale avansate și al capacității de adaptare la cerințele unei economii bazate pe cunoaștere.

Abordările teoretice privind învățarea bazată pe competențe susțin ideea că formarea eficientă presupune integrarea coerentă a cunoștințelor, abilităților și atitudinilor necesare aplicării acestora în situații reale. Modele consacrate, precum *Teaching for Quality Learning at University* [6] sau *Understanding by Design* [7] evidențiază importanța alinierii dintre obiectivele de învățare, activitățile didactice și evaluare. Aceste principii sunt reluate și în contextul educației digitale, unde tehnologia este utilizată ca instrument pentru susținerea învățării active și reflexive.

Un fundament teoretic esențial pentru integrarea dronelor în educație îl constituie teoria învățării experiențiale, conform căreia cunoașterea este construită prin interacțiune directă cu mediul și prin reflecție asupra experienței [8]. În educația STEM, această abordare este completată de modelele de învățare bazată pe investigație și pe probleme (*inquiry-based learning* și *problem-based learning*), care încurajează explorarea fenomenelor, formularea ipotezelor și analiza datelor empirice [9, 10].

Integrarea UAV-urilor oferă un suport tehnologic adecvat pentru aplicarea acestor modele, facilitând investigarea problemelor reale prin colectarea și analiza datelor din teren. Dronele (Unmanned Aerial Vehicles – UAV) sunt definite în literatura de specialitate ca instrumente tehnologice versatile, utilizate pe scară largă în cercetarea aplicată din domenii precum teledetecția, cartografia digitală și monitorizarea mediului. Colomina și Molina [3] subliniază rolul UAV-urilor în furnizarea de date spațiale de înaltă rezoluție, care permit analiza detaliată a fenomenelor naturale și antropice. Caracterul interdisciplinar al acestor tehnologii implică integrarea competențelor din fizică, informatică, geografie, ecologie și statistică, ceea ce le conferă un potențial educațional ridicat în cadrul disciplinelor STEM. Studiile recente confirmă eficiența dronelor ca tehnologie pedagogică. Yepes et al. [4] evidențiază faptul că utilizarea UAV-urilor în educație contribuie la dezvoltarea competențelor digitale și spațiale, precum și la creșterea motivației și implicării cursanților în procesul de învățare.

De asemenea, revizuirile sistematice realizate de Pergantis și Drigas [5] arată că integrarea dronelor sprijină învățarea experiențială și bazată pe investigație, facilitând înțelegerea conceptelor abstracte prin aplicarea lor în contexte reale. Din perspectiva alfabetizării geospațiale, utilizarea dronelor în educație contribuie la dezvoltarea capacității de analiză și interpretare a datelor spațiale, competență esențială în societatea digitală contemporană. Goodchild [10] și DiBiase et al. [11] subliniază importanța formării competențelor geospațiale pentru noile profesii din domeniul mediului și al managementului teritorial, competențe care pot fi eficient dezvoltate prin utilizarea tehnologiilor UAV în activități educaționale aplicative. În contextul Republicii Moldova, transformarea digitală a educației este susținută de documente strategice naționale și de inițiative academice recente [13, 14]. Studiul realizat de Andronic [15] evidențiază provocările și oportunitățile digitalizării sistemului educațional din Republica Moldova, subliniind necesitatea alinierii curriculumului la competențele digitale cerute de piața muncii.

Totodată, Strategiei de dezvoltare „Educația 2030” accentuează rolul educației în formarea competențelor digitale și tehnologice avansate, inclusiv în domenii emergente [13]. În ceea ce privește utilizarea dronelor, inițiativele dezvoltate în cadrul Universității de Stat din Moldova, precum proiectul Erasmus+ *eDrone* și crearea unui laborator educațional interuniversitar în domeniul UAV, reprezintă exemple relevante de transfer al tehnologiilor din cercetare în educație.

Aceste inițiative contribuie la dezvoltarea competențelor tehnice și aplicative ale studenților și creează premisele unei integrări sistematice a dronelor în programele de studii tehnice și științifice [16, 17]. Din punct de vedere conceptual, prezentul studiu adoptă o abordare care consideră dronele drept instrumente educaționale mediatoare, facilitând convergența dintre educație și cercetare. Utilizarea UAV-urilor în activitățile didactice este analizată ca un factor care susține tranziția de la învățarea teoretică la învățarea investigativă, prin implicarea cursanților în etapele specifice demersului științific. Această perspectivă este în concordanță cu modelele educației orientate spre sustenabilitate și inovare, promovate la nivel european și național.

CONEXIUNEA DINTRE EDUCAȚIE ȘI CERCETARE PRIN UTILIZAREA DRONELOR

Utilizarea dronelor în educație facilitează o conexiune directă și funcțională cu cercetarea științifică, întrucât activitățile didactice bazate pe UAV reproduc, într-o manieră autentică, etapele fundamentale ale metodei științifice. În cadrul activităților educaționale, elevii și studenții sunt implicați în identificarea problemelor reale din mediul înconjurător, formularea ipotezelor de cercetare, planificarea și proiectarea misiunilor de zbor, colectarea sistematică a datelor și analiza și interpretarea rezultatelor

obținute. Acest parcurs reflectă fidel demersul științific utilizat în cercetarea aplicată și este caracteristic modelelor de învățare bazată pe investigație și pe cercetare, contribuind la dezvoltarea competențelor de investigare, analiză și gândire critică [8, 9]. Un element esențial al acestei conexiuni îl constituie autenticitatea și calitatea datelor generate prin utilizarea dronelor. Datele colectate cu ajutorul UAV-urilor, precum imaginile aeriene, modelele digitale ale terenului sau informațiile multispectrale, sunt utilizabile atât în scop educațional, cât și în activități de cercetare propriu-zisă, asigurând o continuitate metodologică între cele două domenii. Colomina și Molina [3] subliniază faptul că UAV-urile oferă date spațiale de înaltă rezoluție, comparabile cu cele utilizate în proiecte de cercetare avansată din teledetecție și cartografie digitală. În mod similar, Goodchild [18] evidențiază valoarea datelor geospațiale colectate prin tehnologii moderne pentru analiza fenomenelor complexe, argumentând că acestea pot susține atât cercetarea științifică, cât și procesele educaționale orientate spre rezolvarea problemelor reale.

Literatura recentă evidențiază rolul dronelor ca instrumente de convergență între educație și cercetare, în special în domeniile care presupun analiza spațială, evaluarea mediului și studiul interacțiunilor socio-ecologice. În studiul realizat de Hall și Wahab [19] se arată că utilizarea UAV-urilor în științele spațiale și sociale extinde semnificativ posibilitățile de analiză interdisciplinară, oferind date relevante pentru înțelegerea relațiilor dintre mediul natural și activitățile umane. În același timp, studiile privind utilizarea dronelor ca tehnologie pedagogică indică faptul că integrarea acestora în educație facilitează transferul metodelor și instrumentelor de cercetare către mediul didactic, reducând decalajul dintre formare și practica științifică [4, 5].

Mai mult, integrarea dronelor în activitățile educaționale contribuie la dezvoltarea culturii cercetării încă din etapele timpurii ale formării. Implicarea directă a cursanților în colectarea, procesarea și interpretarea datelor reale favorizează asumarea rolului de „student-cercetător”, specific modelelor de *research-based learning* și *student as researcher* [20]. În acest context, cursanții dobândesc competențe esențiale pentru cercetare, precum formularea întrebărilor de cercetare, validarea ipotezelor, evaluarea critică a rezultatelor și comunicarea concluziilor, competențe considerate fundamentale pentru formarea viitorilor specialiști în domenii STEM și de mediu [10, 12].

Prin urmare, utilizarea dronelor în educație nu doar facilitează transferul de tehnologii din cercetare către mediul didactic, ci creează un cadru integrat în care activitățile educaționale pot genera rezultate cu relevanță științifică. Această convergență între educație și cercetare susține dezvoltarea competențelor științifice și digitale, stimulează inovarea pedagogică și contribuie la formarea unei noi generații de specialiști capabili să utilizeze metode moderne de cercetare pentru a răspunde provocărilor complexe ale societății contemporane. În rezultatul analizei literaturii de specialitate, se poate observa că utilizarea dronelor în educație susține dezvoltarea unui set complex de competențe științifice, digitale și transversale. Pentru o prezentare sintetică a acestor competențe și a activităților educaționale asociate, Tabelul 1 oferă o structurare a principalelor categorii de competențe dezvoltate prin utilizarea UAV-urilor, în corelație cu literatura de specialitate.

Tabelul 1. Competențe dezvoltate prin utilizarea dronelor (UAV) în educație

Categoria de competențe	Descriere	Activități educaționale bazate pe UAV	Repere din literatura de specialitate
Competențe STEM	Aplicarea integrată a cunoștințelor din fizică, matematică, informatică și științele mediului în contexte reale	Planificarea zborului; calculul parametrilor de zbor; interpretarea imaginilor aeriene; modelare și măsurători	Yepes et al. (2022); Yeung et al. (2025)[4,21]
Competențe de cercetare	Dezvoltarea abilităților de investigare științifică: formularea ipotezelor, proiectarea metodologiei, analiza și interpretarea datelor	Definirea problemei de cercetare; colectarea datelor prin UAV; analiza rezultatelor; formularea concluziilor	Healey & Jenkins (2009); Hodgson & Johnston (2018); Yeung et al. (2025) [20, 21]
Competențe digitale avansate	Utilizarea tehnologiilor și instrumentelor digitale specifice cercetării contemporane	Utilizarea GIS; fotogrammetrie; analiză multispectrală; vizualizare și prelucrare date	Goodchild (2019); DiBiase et al. (2010) [11, 12]
Competențe geospațiale	Analiza și interpretarea datelor spațiale și a relațiilor dintre fenomene	Cartografiere; analiză spațială; evaluarea schimbărilor teritoriale	Colomina & Molina (2014); Goodchild (2007) [3]
Competențe transversale	Dezvoltarea gândirii critice, colaborării, comunicării și responsabilității	Lucru în echipă; managementul proiectelor UAV; prezentarea rezultatelor	Pergantis & Drigas (2024); Prince & Felder (2006) [5,9]
Competențe pentru sustenabilitate (GreenComp)	Conștientizarea impactului tehnologiei asupra mediului și societății; luarea deciziilor responsabile	Monitorizarea mediului; evaluarea impactului antropic; propuneri de soluții sustenabile	European Commission (2020); UNESCO (2020) [2, 22]

Analiza sintetică prezentată în Tabelul 1 evidențiază caracterul multidimensional al competențelor dezvoltate prin utilizarea dronelor în educație. Se observă că UAV-urile nu contribuie exclusiv la formarea competențelor STEM, ci facilitează dezvoltarea concomitentă a competențelor de cercetare, digitale, geospațiale și transversale, susținând o abordare integrată a procesului educațional. Această convergență competențială reflectă specificul activităților educaționale bazate pe investigație și proiect, în care tehnologia funcționează ca mediator între cunoașterea teoretică și aplicarea practică, apropiind procesul de învățare de practicile autentice ale cercetării științifice.

CONCLUZII

Analiza realizată în acest studiu confirmă faptul că utilizarea dronelor (UAV) în educație reprezintă un instrument cu valoare formativă ridicată pentru dezvoltarea competențelor științifice, digitale și de sustenabilitate. Integrarea tehnologiilor UAV în activitățile didactice permite crearea unor contexte autentice de învățare, în care cursanții pot aplica cunoștințele teoretice în situații reale, consolidând astfel înțelegerea proceselor științifice și a relației dintre date, analiză și interpretare.

Rezultatele sintezei teoretice indică faptul că dronele facilitează depășirea fragmentării disciplinare, susținând o abordare interdisciplinară specifică educației STEM și domeniilor conexe științelor mediului. Prin utilizarea UAV-urilor, procesul educațional devine orientat spre investigare și

rezolvare de probleme, contribuind la formarea competențelor de cercetare și la dezvoltarea gândirii analitice și critice, competențe esențiale pentru participarea activă la societatea bazată pe cunoaștere.

Totodată, utilizarea dronelor în educație sprijină alinierea curriculumului la cadrele europene de competențe, în special GreenComp și inițiativele privind educația digitală. Activitățile educaționale bazate pe UAV oferă oportunități concrete pentru integrarea educației pentru sustenabilitate, prin analiza impactului activităților umane asupra mediului și prin dezvoltarea capacității de a formula soluții responsabile și fundamentate științific.

În acest context, studiul susține necesitatea unei integrări planificate și sistematice a dronelor în programele de studii, nu ca element extracurricular izolat, ci ca parte a unui demers curricular coerent, orientat spre competențe și inovare pedagogică. O astfel de abordare poate contribui la consolidarea relației dintre educație și cercetare, la creșterea relevanței formării academice și la pregătirea viitorilor specialiști capabili să utilizeze tehnologii avansate pentru a răspunde provocărilor complexe ale dezvoltării durabile.

Referinţe:

1. ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. DIGITAL EDUCATION OUTLOOK 2023*: Towards an effective digital education ecosystem*. OECD, 2023 Publishing. https://doi.org/10.1787/c74f03de-en.
2. COMISIA EUROPEANĂ, Comunicare a Comisiei către Parlamentul European, Consiliu, Comitetul Economic și Social European și Comitetul Regiunilor *Planul de acțiune pentru educația digitală 20-21-2027 Resetarea educației și formării pentru era digitală*, 2020, disponibil online la adresa: https://-eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0625
3. COLOMINA, I., & MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, *92*, 2024, 79-97. doi.org/10.1016/j.-isprsjprs.2014.02.013
4. YEPES, Igor; BARONE, Dante Augusto Couto; PORCIUNCULA, Cleber Mateus Duarte. Use of drones as pedagogical technology in STEM disciplines. *Informatics in Education*, 2022, 21.1: 201-233. doi.org/10.15388/infedu.2022.08
5. PERGANTIS, Pantelis; DRIGAS, Athanasios. The effect of drones in the educational Process: A systematic review. *Education Sciences*, 2024, 14.6: 665. doi.org/10.3390/educsci14060665
6. BIGGS, J.B. & TANG, C. Teaching for Quality Learning at University. (4th Ed.). Maidenhead: McGraw Hill Education & Open University Press, 2011.ISBN : 0335242766
7. WIGGINS, Grant P.; MCTIGHE, Jay. *Understanding by design*. Ascd, 2005. 382 p., ISBN 1-4166-0035-3.
8. KOLB, David A. *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press, 2014, 390 p., ISBN 10: 0-13-389240-9.
9. PRINCE, Michael J.; FELDER, Richard M. Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of engineering education*, 2006, 95.2: 123-138. doi.org/10.-1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x
10. HMELO-SILVER, C. E., DUNCAN, R. G., & CHINN, C. A. Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). Educational Psychologist, 42(2), 2007, p. 99–107. https://doi.org/10.1080/00461520701263368
11. GOODCHILD, Michael F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 2007, 69.4: 211-221, doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y
12. DIBIASE, David, et al. The new geospatial technology competency model: Bringing workforce needs into focus. *Urisa Journal*, 2010, 22.2: 55.

13. HOTĂRÂRE Nr. 114 din 07-03-2023 cu privire la aprobarea Strategiei de dezvoltare „Educația 2030” și a Programului de implementare a acesteia pentru anii 2023-2025. https://www.legis.md/cautare/getResults?doc_id=136600&lang=ro
14. MINISTERUL EDUCAŢIEI ŞI CERCETĂRII, CONCEPTUL Programului de implementare a Strategiei de Dezvoltare „Educația-2030” pentru anii 2026-2030 https://mec.gov.md/ro/content/elaborarea-programului-de-implementare-strategiei-de-dezvoltare-educatia-2030-pentru-anii
15. ANDRONIC, Adrian. Digital transformation in education: a comparative analysis of Moldova and Estonia and recommendations for sustainable financing. Eastern European Journal for Regional Studies (EEJRS), 2023, 9.2: 96-107. doi.org/10.53486/2537-6179.9-2.07
16. https://www.erasmusplus.md/primul-laborator-educational-interuniversitar-domeniul-dronelor-din-republica-moldova-deschis-cu https://international.usm.md/?page_id=290&lang=en
17. GOODCHILD, M. F. Reimagining the history of GIS. *Annals of GIS*, *24*(1), 2018, 1–8. https://-doi.org/10.1080/19475683.2018.1424737
18. HALL, O., WAHAB, I. The use of drones in the spatial social sciences. *Drones*, 2021, 5.4: 112.-doi.org/10.3390/drones5040112.
19. HEALEY, M., JENKINS, A. Developing undergraduate research and inquiry. 2009.
20. YEUNG, R.C.Y., SUN, D., YEUNG, C.H. Integrating drone technology in STEM education: Curriculum, pedagogy and learning outcomes. Educ Inf Technol 30, pp. 14237–14272 (2025). https://doi.org/10.1007/s10639-025-13368-0
21. UNESCO. Education for sustainable development: A roadmap. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development A/RES/70/1, available online at*, 2020.

ACKNOWLEDGMENT

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’’.