



## PLATFORMELE AUTONOME COLABORATIVE (ACP): VIITORUL SISTEMELOR AUTONOME

Comandor instr. avs. drd. Cătălin BALMUȘ

Colonel prof. univ. dr. Cristian STANCIU

Universitatea Națională de Apărare „Carol I”, București

DOI: 10.55535/GMR.2026.1-2.02

*The rapid progress of artificial intelligence and the advancement of digital communication technologies have facilitated the emergence of autonomous collaborative platforms (ACPs), systems capable of independently executing complex missions, cooperating with other platforms with or without a crew on board, and adapting to the challenges of the operational environment.*

*In the military sector in particular, ACPs are leading to the modernization of combat tactics, reducing risks for human personnel, optimizing resources, and expanding operational capabilities. The introduction of these technologies also brings new ethical and legal challenges, requires doctrinal changes, and their evolution prompts a profound rethinking of how combat actions are planned, coordinated, and executed, leading to a transformation of tactics, procedures, and the interaction between autonomous systems and human personnel on the battlefield.*

*Keywords: ACP; CCA; loyal wingman; artificial intelligence; collaborative;*

## INTRODUCERE

Ritmul progresului tehnologic redefinește constant modul în care societatea funcționează, iar conceptul de *platforme autonome colaborative* (Autonomous Collaborative Platforms/ACP) se află în centrul acestei transformări. ACP-urile se referă la sisteme inteligente, capabile să opereze independent, să colaboreze între ele sau cu operatori umani și să răspundă rapid la provocările mediului în care acționează. Aceste platforme nu doar automatizează sarcini, ci și aduc un nivel ridicat de adaptabilitate și coordonare, deschizând noi orizonturi pentru inovație și eficiență operațională.

În context militar, *platformele autonome colaborative/ACP* vor schimba modul în care sunt desfășurate acțiunile de luptă, oferind forțelor armate instrumente pentru a gestiona misiuni complexe, cu riscuri minime pentru personalul uman. Ele pot acționa autonom sau în echipă, integrându-se cu alte sisteme, pentru a asigura o reacție rapidă și eficientă în diferite situații. Aceste platforme pot opera și în sectoarele civile pentru dezvoltarea orașelor inteligente, optimizarea transportului, supravegherea de securitate, contribuind la reducerea costurilor, la îmbunătățirea calității vieții și la creșterea siguranței.

Adoptarea ACP-urilor este impulsionată de progresele în domeniul inteligenței artificiale, al sistemelor de comunicații de mare viteză și în miniaturizarea componentelor hardware, care permit dezvoltarea unor sisteme tot mai autonome și interconectate. Astfel, platformele autonome colaborative se conturează ca noi tehnologii ale viitorului, având potențialul de a revoluționa modul în care sunt gestionate misiunile cu grad ridicat de risc, dar și multe alte sarcini, care pot fi gestionate de vehicule autonome.

Cercetarea s-a bazat pe analiza literaturii de specialitate existentă, concentrându-se pe surse relevante, actuale și credibile pentru domeniul platformelor autonome colaborative. Fiind un domeniu în dezvoltare, principalele surse au fost accesibile online, incluzând articole științifice, rapoarte ale instituțiilor internaționale, pagini

*În context militar, platformele autonome colaborative/ACP vor schimba modul în care sunt desfășurate acțiunile de luptă, oferind forțelor armate instrumente pentru a gestiona misiuni complexe, cu riscuri minime pentru personalul uman. Ele pot acționa autonom sau în echipă, integrându-se cu alte sisteme, pentru a asigura o reacție rapidă și eficientă în diferite situații.*



*Aeronavele fără pilot capabile să execute misiuni de tipul „Loyal Wingman” sunt platforme care operează complet autonom la nivel de operațiune (executarea fără foc, misiuni de cercetare, acțiuni de bruijaj pe un sector etc.), dar cu supervizare/indicații/comenzi primite direct de la pilotul aeronavei clasice. În Statele Unite, acest concept este cunoscut, mai nou, sub denumirea de „avion de luptă colaborativ” (CCA-Collaborative Combat Aircraft).*

web specializate și proiecte în desfășurare. Abordarea adoptată este interdisciplinară, combinând perspective tehnice, operaționale și etice pentru a evidenția atât provocările, cât și oportunitățile asociate dezvoltării și implementării ACP-urilor.

## DEFINIREA CONCEPTULUI

Termenul ACP se referă la o nouă categorie de aeronave de luptă fără echipaj la bord, care utilizează AI (inteligenta artificială) pentru a executa misiunile, de la comenzi specifice la obiective generale cu un grad ridicat de autonomie. Autonomia poate varia în funcție de misiune și poate varia de la un „Loyal Wingman” (coechipier loial), care lucrează direct cu altă aeronavă pilotată, până la o platformă complet autonomă, care poate primi actualizări ale misiunii de la un om (Anderson, 2025, p. 35). Aeronavele fără pilot capabile să execute misiuni de tipul „Loyal Wingman” sunt platforme care operează complet autonom la nivel de operațiune (executarea fără foc, misiuni de cercetare, acțiuni de bruijaj pe un sector etc.), dar cu supervizare/indicații/comenzi primite direct de la pilotul aeronavei clasice. În Statele Unite, acest concept este cunoscut, mai nou, sub denumirea de „avion de luptă colaborativ” (CCA-Collaborative Combat Aircraft) (Venckunas, 2023), termen care devine din ce în ce mai utilizat în literatura de specialitate.

Aceste aeronave autonome colaborative pot executa mai multe tipuri de misiuni și sunt clasificate astfel: avioane de luptă colaborative (CCA), avioane de recunoaștere colaborative (CRA-Collaborative Reconnaissance Aircraft), avioane de bombardament colaborative (CBA-Collaborative Bomber Aircraft), avioane de transport colaborative (CMA-Collaborative Mobility Aircraft) și avioane de antrenament colaborative (CTA-Collaborative Training Aircraft) (Anderson, pp. 35, 36). Cea mai cunoscută categorie de ACP-uri sunt CCA-urile, care sunt concepute pentru a lupta împreună cu avioanele de luptă pilotate, pentru a spori letalitatea și supraviețuirea în misiuni cu risc ridicat. CCA reprezintă o inițiativă a Forțelor Aeriene ale SUA care vizează dezvoltarea și implementarea rapidă a unor aeronave fără echipaj la bord, cu un grad ridicat de autonomie, capabile să interacționeze și să colaboreze cu avioane operaționale de generația a cincea și a șasea, precum F-35 sau platforma NGAD (Next Generation Air Dominance Programme) (Airforce Technology, 2024).

Programul NGAD al Forțelor Aeriene ale SUA marchează o schimbare majoră de paradigmă în domeniul aviației militare, prin adoptarea unei abordări de tip „sistem de sisteme”. NGAD nu se limitează la dezvoltarea unui avion de vânătoare de generația a șasea, ci presupune integrarea acestuia într-o rețea extinsă, care include platforme pilotate, drone autonome și sisteme avansate de comandă și control. Noua aeronavă de generația a șasea din cadrul programului NGAD este estimată la un cost de aproximativ 300 de milioane de dolari per aparat, ceea ce a determinat Forțele Aeriene ale SUA să caute soluții complementare mai accesibile. Astfel, conceptul prevede implementarea de platforme de tipul CCA, care vor opera atât în echipă cu avioanele NGAD pilotate, cât și independent, asigurând elementul de forță necesar pe câmpul de luptă, cu un cost mult redus și crescând siguranța piloților (lb.).

Atunci când sistemele fără pilot operează autonom sub formă de grupuri, acționând într-o manieră coordonată, denumirea conform literaturii de specialitate din limba română este de „sistem multi-agent”, cunoscută și sub denumirea colocvială de „roiuri de drone” (lb. eng.: *swarm*), în prezent utilizată, de cele mai multe ori, în mod eronat, mai ales în situația executării de atacuri de saturare ce presupun lansarea simultană a mai multor drone cu întrebuințare unică asupra unui obiectiv apărut.

Spre deosebire de sistemele autonome clasice, care acționează de regulă independent și îndeplinesc sarcini predefinite, ACP-urile sunt proiectate pentru a funcționa într-un ecosistem integrat, unde schimbul constant de informații și cooperarea cu alte platforme (autonome sau cu echipaj) devin esențiale. Colaborarea activă nu se rezumă la transmiterea unor simple directive, ci implică procese complexe de luare a deciziilor în timp real, evaluarea contextului operațional și repartizarea sarcinilor în mod optim între membrii formației.

Nivelul ridicat de autonomie al ACP-urilor ar permite interpretarea și executarea unor comenzi complexe fără intervenție umană directă, adaptându-se rapid la situații neprevăzute, amenințări emergente sau schimbări de misiune. Aceste platforme nu doar că vor răspunde la stimuli externi, ci vor anticipa evoluția unor situații tactice și vor lua decizii pentru rezolvarea acestora.

Flexibilitatea ACP-urilor va consta în capacitatea lor de a fi rapid reconfigurate pentru diverse misiuni, precum recunoaștere,



*Spre deosebire de sistemele autonome clasice, care acționează de regulă independent și îndeplinesc sarcini predefinite, ACP-urile sunt proiectate pentru a funcționa într-un ecosistem integrat, unde schimbul constant de informații și cooperarea cu alte platforme (autonome sau cu echipaj) devin esențiale.*



*Platformele autonome colaborative au devenit, în ultimii ani, unul dintre cele mai dinamice și disputate domenii ale tehnologiei militare.*

*Dezvoltarea acestor sisteme marchează o schimbare fundamentală în modul în care forțele aeriene își concep viitoarele strategii, promițând o combinație de eficiență, flexibilitate și reducere a riscurilor pentru echipajele umane.*

supraveghere, război electronic, logistică, sprijin sau chiar acțiuni de luptă directă. Datorită arhitecturii modulare și posibilității de integrare a unor senzori și încărcături utile variate, aceeași platformă poate trece rapid de la un rol la altul, în funcție de cerințele misiunii. În plus, colaborarea în rețea le permite să acționeze ca parte a unui sistem distribuit inteligent, împărțind sarcini, maximizând eficiența resurselor și crescând șansele de succes în medii operaționale complexe și dinamice.

Trebuie menționat totuși că, exceptând platformele de tip CCA, celelalte categorii de aeronave colaborative (CRA, CBA, CMA, CTA) nu au fost încă dezvoltate sau operaționalizate la un nivel care să permită o analiză detaliată a performanțelor și a impactului lor. În prezent, aceste concepte rămân în stadiu de proiect sau demers teoretic, fără demonstrații concrete sau exemple relevante de implementare operațională. Neexistând un standard comun acceptat la nivel internațional, tendința este de a vorbi, în general, doar despre CCA-uri care pot fi rapid reconfigurate pentru a executa și alte tipuri de misiuni.

## STADIUL ACTUAL AL DEZVOLTĂRII

Platformele autonome colaborative au devenit, în ultimii ani, unul dintre cele mai dinamice și disputate domenii ale tehnologiei militare. Dezvoltarea acestor sisteme marchează o schimbare fundamentală în modul în care forțele aeriene își concep viitoarele strategii, promițând o combinație de eficiență, flexibilitate și reducere a riscurilor pentru echipajele umane. De la drone de unică folosință, concepute pentru misiuni cu risc ridicat, până la aeronave de valoare strategică, apte să opereze în echipă cu avioane pilotate, ACP-urile reprezintă răspunsul marilor puteri la provocările epocii digitale și la competiția pentru supremația aeriană. Într-un context geopolitic marcat de rivalități tot mai intense, aceste platforme nu mai sunt doar experimente tehnologice, ci adevărate instrumente de putere.

Royal Air Force (RAF) a adoptat o strategie ambițioasă pentru integrarea platformelor autonome colaborative în structura sa de forțe până în 2030. Scopul este ca aceste sisteme să opereze alături de platforme cu echipaj pentru a oferi capacități militare decisive atât la nivel național, cât și în cadrul coalițiilor. Strategia RAF nu se limitează la dezvoltarea tehnologică, ci vizează și transformări organizaționale

și culturale pentru a accelera adoptarea ACP și a menține ritmul cu progresul tehnologic și cu amenințările emergente. Astfel, au luat în considerare ca RAF să lucrează în colaborare cu Royal Navy, Army și cu sectorul industrial britanic pentru a asigura dezvoltarea rapidă și integrată a noilor capacități ACP.

Conceptul este de a împărți ACP-uri în trei categorii: Tier 1 – „disposable”: drone de unică folosință pentru misiuni cu risc ridicat, Tier 2 – „attributable”: cu șanse de recuperare, dar pierderea este acceptabilă și Tier 3 – „survivable”: platforme de valoare strategică, pierderea lor fiind neacceptabilă. Aceste noi platforme autonome vor fi proiectate pentru o gamă largă de misiuni, de la protecția infrastructurii critice, recunoaștere și supraveghere, până la atac, sprijin logistic sau acțiuni de război electronic. Totodată, documentele oficiale subliniază necesitatea unor schimbări organizaționale, operaționale și culturale pentru a valorifica potențialul ACP-urilor și pentru a gestiona riscurile asociate (Royal Air Force, 2024).

Un reper semnificativ pentru dezvoltarea tehnologiei autonome colaborative în aviația militară a fost zborul din 2 mai 2024. Secretarul US Air Force, Frank Kendall, a participat la sesiuni de zbor cu studenții Școlii de Testare a Piloților, inclusiv cu studenți internaționali, subliniind rolul crucial al comunității de testare și evaluare în menținerea avansului tehnologic al Forțelor Aeriene. În cadrul acestei vizite, Kendall a avut ocazia să zboare cu F-16 (X-62A VISTA), un avion de test, echipat cu software specializat și algoritmi de machine learning (învățare automată) pentru a simula și a testa în timp real scenarii de luptă aeriană autonomă. Cea mai importantă caracteristică a X-62A VISTA constă în capacitatea de a dezvolta și testa manevre de zbor autonome, folosind integrarea algoritmilor software, care pot reacționa instantaneu la amenințări simulate. Această tehnologie a fost dezvoltată în colaborare cu programul Air Combat Evolution (ACE) al DARPA (Gary, Mary, 2024). Acest eveniment a marcat o etapă esențială în testarea și validarea capacităților autonome de luptă aeriană, bazate pe inteligență artificială, în timp real.

Totodată, Statele Unite investesc masiv în dezvoltarea acestor tipuri de platforme. Printre cele mai importante exemple se numără YFQ-42A (cunoscut anterior sub denumirea XQ-67A sau Gambit), dezvoltat de General Atomics, și YFQ-44A (Fury) de la Anduril



*Un reper semnificativ pentru dezvoltarea tehnologiei autonome colaborative în aviația militară a fost zborul din 2 mai 2024. Secretarul US Air Force, Frank Kendall, a participat la sesiuni de zbor cu studenții Școlii de Testare a Piloților, inclusiv cu studenți internaționali, subliniind rolul crucial al comunității de testare și evaluare în menținerea avansului tehnologic al Forțelor Aeriene.*



*În cadrul programului de aeronave de luptă colaborative al Forțelor Aeriene Regale Australiene (RAAF), Boeing Australia a dezvoltat aeronava MQ-28A Ghost Bat, special proiectată pentru a opera în echipă cu avioane pilotate precum F/A-18, EA-18G, F-35A și E-7 Wedgetail, integrând comportamente autonome și capabilități avansate de comunicare și fuziune a datelor între platforme.*

Industries, ambele fiind selectate în 2024 pentru fazele de dezvoltare de prototipuri și testare în cadrul programului oficial CCA al US Air Force (Air Force, 2025). Aceste aeronave fără echipaj la bord se caracterizează printr-un grad înalt de autonomie, capacitate de colaborare în timp real cu avioanele cu echipaj și adaptabilitate la o varietate de roluri, de la misiuni de luptă, recunoaștere și război electronic, până la sprijin logistic.

Kratos XQ-58 Valkyrie este un alt exemplu de aeronavă experimentală de tip „loyal wingman”, dezvoltată pentru a răspunde cerințelor Air Force în cadrul programului Low-Cost Attritable Strike Demonstrator. Această platformă fără echipaj a efectuat primul său zbor în martie 2019 și a fost proiectată să sprijine avioanele de vânătoare folosind inteligența artificială. Deși Kratos a primit inițial un contract în 2021, ulterior, Forțele Aeriene au optat să continue colaborarea cu General Atomics, dezvoltatorul XQ-67A, considerând că XQ-58 este prea mic pentru a îndeplini toate cerințele rolului de „loyal wingman” (Spray, 2024). Totuși, Valkyrie rămâne relevant prin costul competitiv și prin faptul că a fost una dintre primele platforme care a utilizat AI pentru extinderea capacităților tactice.

Există numeroase inițiative și în zona Asia-Pacific. În cadrul programului de aeronave de luptă colaborative al Forțelor Aeriene Regale Australiene (RAAF), Boeing Australia a dezvoltat aeronava MQ-28A Ghost Bat, special proiectată pentru a opera în echipă cu avioane pilotate precum F/A-18, EA-18G, F-35A și E-7 Wedgetail, integrând comportamente autonome și capabilități avansate de comunicare și fuziune a datelor între platforme (Donald, 2025). MQ-28A Ghost Bat este considerat un pionier în domeniul sistemelor de luptă colaborative și are un potențial ridicat de integrare în programul CCA.

Și Coreea de Sud a accelerat considerabil eforturile pentru dezvoltarea platformelor autonome colaborative și aeronavelor fără echipaj la bord de tip „loyal wingman”, mizând pe o integrare între industria de apărare locală și sectorul guvernamental. Această strategie urmărește nu doar o modernizare accelerată a capabilităților militare proprii, ci și o compatibilitate crescută cu sistemele occidentale, având în vedere contextul regional tensionat și nevoia de interoperabilitate la nivelul alianțelor strategice. La începutul anului 2025, a fost prezentat

primul prototip al dronei stealth de tip „loyal wingman”, LOWUS (Low Observable Unmanned Wingman System), menită să fie operată în special alături de avionul de generație următoare KF-21 Boramae. Dezvoltată de Korean Air împreună cu Agency for Defense Development (ADD), LOWUS marchează un pas important în integrarea conceptului de „manned-unmanned teaming” (colaborarea om-mașină) la nivel național. Echipată cu tehnologii de reducere a semnăturii radar și având o configurație aerodinamică ce amintește de modelele americane, LOWUS este proiectată să execute misiuni de recunoaștere, război electronic și lovituri la sol în sprijinul avioanelor pilotate. Zborul inaugural al prototipului este prevăzut pentru sfârșitul anului 2025, iar testele în formație cu aeronave pilotate ar urma să debuteze până în 2027 (Newdick, 2025). Prin integrarea acestor aeronave fără echipaj la bord avansate, Coreea de Sud își consolidează autonomia industrială și capabilitățile militare.

În ultimul deceniu, China și-a accelerat considerabil investițiile în tehnologii militare avansate, poziționându-se în prima linie a competiției globale pentru supremația aeriană. Unul dintre cele mai dinamice și inovatoare segmente ale acestui efort îl reprezintă dezvoltarea unor drone de tip „loyal wingman” ca parte a programului CCA menite să sprijine și să extindă capabilitățile avioanelor de luptă. Programe precum Feihong FH-97A (Saballa, 2024) și inițiativele derulate de giganți ai industriei aeronautice chineze reflectă ambiția Beijingului de a recupera avansul luat de alte țări și de a se impune ca lider în domeniul aviației autonome militare.

Rusia dezvoltă activ programe avansate de drone de tip „loyal wingman” având ca obiectiv sporirea eficienței și flexibilității forțelor aeriene. Cel mai cunoscut proiect este drona stealth S-70 Okhotnik-B, destinată să opereze în tandem cu avionul de vânătoare Su-57, oferind capabilități de escortă, atac și recunoaștere cu grad ridicat de autonomie (Suciu, 2025). În paralel, Rusia explorează noi concepte, precum Grom, o dronă axată pe misiuni de lovire și sprijin, și testează integrarea inteligenței artificiale pentru controlul autonom al mai multor tipuri de drone pe câmpul de luptă (Defense News Aerospace, 2024). Deși stadiul de implementare al acestor proiecte este încă în dezvoltare, Rusia urmărește să-și consolideze capacitatea tehnologică



*În ultimul deceniu, China și-a accelerat considerabil investițiile în tehnologii militare avansate, poziționându-se în prima linie a competiției globale pentru supremația aeriană. Unul dintre cele mai dinamice și inovatoare segmente ale acestui efort îl reprezintă dezvoltarea unor drone de tip „loyal wingman” ca parte a programului CCA menite să sprijine și să extindă capabilitățile avioanelor de luptă.*



*Analiza stadiului actual al dezvoltării platformelor autonome colaborative arată că acestea nu mai reprezintă simple proiecte experimentale, ci devin rapid capabilități centrale în arhitectura militară a marilor puteri. De la SUA și aliații occidentali până la statele asiatice, competiția pentru integrarea acestor sisteme în forțele aeriene este una accelerată și intensă.*

și să reducă decalajul față de inițiativele occidentale similare din domeniul aeronavelor de luptă colaborative.

Europa investește și ea accelerat în dezvoltarea platformelor autonome colaborative pentru viitoarele generații de forțe aeriene, urmărind să asigure competitivitatea strategică, autonomia tehnologică și interoperabilitatea cu aliații NATO. Cel mai ambițios proiect european din acest domeniu este Future Combat Air System (FCAS), inițiat de Franța, Germania și Spania. FCAS are ca scop construirea unei „familii de sisteme” ce va include atât un avion de vânătoare de generația a șasea, cât și drone de tip „loyal wingman”, denumite „remote carriers”. Aceste drone vor escorta avioane pilotate, vor efectua misiuni de recunoaștere, război electronic sau de atac și se vor integra într-o rețea pentru schimb rapid de informații și decizii optimizate pe câmpul de luptă (Orbital today, 2025).

Analiza stadiului actual al dezvoltării platformelor autonome colaborative arată că acestea nu mai reprezintă simple proiecte experimentale, ci devin rapid capabilități centrale în arhitectura militară a marilor puteri. De la SUA și aliații occidentali până la statele asiatice, competiția pentru integrarea acestor sisteme în forțele aeriene este una accelerată și intensă. Evoluțiile recente demonstrează că succesul în acest domeniu nu depinde doar de progresul tehnologic, ci și de adaptarea organizațională, doctrinară și culturală a structurilor militare. Într-o lume marcată de rivalități geopolitice și de ritmul alert al inovației, platformele autonome colaborative vor redefini echilibrul de putere și vor contura modul în care se vor desfășura viitoarele conflicte.

## DIMENSIUNEA UMANĂ ȘI CULTURALĂ

Dacă, pentru inginerii din laboratoarele de testare sau pentru companiile aerospațiale, provocarea platformelor autonome colaborative este una de cod, senzori și algoritmi, pentru piloți revoluția este mai subtilă și mult mai personală. A zbura „umăr la umăr” cu o dronă autonomă nu înseamnă doar adaptarea la o nouă tehnologie, ci schimbarea unei culturi profesionale, construită pe ideea că omul din cockpit este ultimul arbitru al luptei aeriene. În 2024, programul X-62A VISTA al US Air Force a adus această problemă în prim-plan când un F-16 experimental, echipat cu software de inteligență artificială,

a executat manevre autonome într-un scenariu de „dog fight” (luptă aeriană), în timp ce, în cabina din spate, un pilot uman avea doar rolul de „siguranță” (Kohler, 2024). Testele au arătat clar că sistemele cu inteligență artificială reacționează și iau decizii mult mai rapid decât piloții, iar concluziile sunt că AI-ul intră deja în spațiul lor și o face foarte repede.

Mulți recunosc avantajul tactic enorm de a avea drone de tip „loyal wingman” care să preia riscurile misiunii, să intre primele în raza inamică sau să preia sarcini consumatoare de timp. Dar, pe de altă parte, există o doză de reticență instinctivă față de sistemele autonome care iau decizii fără a explica întotdeauna logica din spate. Procesul de adaptare implică o tranziție de la un model centrat pe controlul uman direct către un model colaborativ, în care pilotul acționează drept manager al luptei, supraveghetor și arbitru al deciziilor generate de algoritmi autonomi.

Programul ACE (Air Combat Evolution) al DARPA explorează modul în care piloții umani și sistemele autonome pot coopera eficient în misiuni de luptă aeriană. Spre deosebire de testele tradiționale, accentul nu este pus doar pe capacitățile tehnice ale platformelor autonome, ci și pe modul în care pilotul uman își ajustează comportamentul și încrederea în deciziile algoritmului. Practic, pilotul devine un coordonator al luptei, intervenind pentru decizii strategice sau de siguranță, în timp ce aeronavele autonome preiau sarcini tactice care se desfășoară la viteze imposibile pentru omul din cockpit (DARPA, 2024). În cadrul programului, piloții sunt expuși la scenarii în care autonomia dronelor poate fi activată sau dezactivată în timp real, învățând, astfel, să cedeze micro-deciziile către AI. În paralel, DARPA monitorizează răspunsurile fiziologice ale piloților, cum ar fi ritmul cardiac sau nivelul de stres, pentru a evalua încrederea în sistemele autonome și a identifica eventualele puncte de frustrare sau anxietate. Testele includ simulări de lupte aeriene unde sistemele autonome pot impune aeronavelor manevre mai rapide și mai agresive decât ar putea un pilot uman, oferind o lecție practică despre limitele și avantajele colaborării om-mașină. Rapiditatea și, într-o oarecare măsură, agresivitatea sunt date, în principal, de limitările structurale și tehnologice inerente (manevrabilitate, propulsie, putere de foc etc.) și mai puțin de luarea deciziei, unde algoritmi sunt net superiori



*Programul ACE (Air Combat Evolution) al DARPA explorează modul în care piloții umani și sistemele autonome pot coopera eficient în misiuni de luptă aeriană. Spre deosebire de testele tradiționale, accentul nu este pus doar pe capacitățile tehnice ale platformelor autonome, ci și pe modul în care pilotul uman își ajustează comportamentul și încrederea în deciziile algoritmului.*



*Platformele autonome colaborative sunt adesea sisteme de tip „black box” (cutie neagră), ceea ce face dificil de înțeles cum și de ce se iau anumite decizii. Lipsa clarității subminează încrederea utilizatorilor și face dificilă supravegherea umană.*

operatorilor umani. Scopul final al ACE nu este doar să demonstreze că aeronavele autonome pot zbura singure, ci să creeze un ecosistem de luptă aeriană în care piloți și platforme autonome lucrează împreună, sporind eficiența și reducând riscul pentru oameni. În același timp, programul se confruntă cu provocări culturale și etice: pilotul trebuie să accepte că AI poate lua decizii mai rapide, iar organizațiile trebuie să integreze această schimbare fără a slăbi încrederea în liderul uman al misiunii (Halpern, 2022).

Așadar, dimensiunea umană și culturală a introducerii platformelor autonome colaborative este cel puțin la fel de dificilă ca partea tehnică. Este nevoie de o educație profesională care să transforme piloții din executanți direcți în lideri de formație om-mașină, de interfețe care să explice pe scurt intenția algoritmului și de o cultură organizațională care să accepte că, în unele momente, AI poate fi mai rapidă. În esență, succesul ACP-urilor nu va depinde doar de evoluția tehnologică, ci și de disponibilitatea unei generații de aviatori de a împărți cerul cu o nouă categorie de „colegi de echipaj”.

## CONSIDERAȚII ETICE ȘI JURIDICE

Implementarea platformelor autonome colaborative ridică o serie de provocări etice, deoarece nu există, la acest moment, instrumente juridice care să poată răspunde provocărilor acestor tehnologii emergente.

Una dintre cele mai importante preocupări este delegarea deciziilor critice către sistemele de inteligență artificială, în special când ACP-urile operează în context militar unde pot avea consecințe letale. Această delegare necesită definirea clară a responsabilității pentru acțiunile sistemului autonom. Cine este responsabil în cazul erorilor de evaluare, daunelor colaterale sau încălcării drepturilor omului: utilizatorul, dezvoltatorul, operatorul sau chiar platforma (care nu are personalitate juridică)? Platformele autonome colaborative sunt adesea sisteme de tip „black box” (cutie neagră), ceea ce face dificil de înțeles cum și de ce se iau anumite decizii. Lipsa clarității subminează încrederea utilizatorilor și face dificilă supravegherea umană. Este esențial ca aceste sisteme să furnizeze explicații, astfel încât deciziile lor să poată fi înțelese și contestate, atunci când este necesar. Încrederea în sistemele autonome trebuie calibrată astfel

Încât să evităm încrederea și automatizarea excesivă, care pot duce la o deprofesionalizare, adică degradarea abilităților umane esențiale necesare luării deciziilor. Soluții precum „*override points*” (puncte obligatorii de intervenție umană) și antrenamente pentru detectarea erorilor sunt esențiale (Merchán-Cruz, 2025).

Reglementarea platformelor autonome și a inteligenței artificiale la nivel global este departe de a fi unitară. În Statele Unite, abordarea tradițională favorizează standardele voluntare și responsabilitatea producătorilor, ceea ce lasă loc unei inovații rapide, dar poate crea lacune în ceea ce privește siguranța și protecția utilizatorilor. În Uniunea Europeană, se conturează un cadru mult mai strict prin AI Act, care clasifică aplicațiile AI în funcție de nivelul de risc și stabilește obligații clare de transparență, audit și răspundere. În schimb, China și alte state asiatice au adoptat măsuri centralizate, cu reguli stricte privind securitatea cibernetică, etichetarea datelor și obligația de localizare a acestora pe teritoriul național (Consensus Labs, 2025). Această diversitate de reglementări reflectă diferențe culturale, economice și politice, dar generează și o fragmentare a cadrului legal internațional. Pentru companiile care dezvoltă sau operează platforme autonome colaborative, acest context înseamnă incertitudine juridică, costuri suplimentare de conformitate și dificultăți în scalarea globală a proiectelor. Lipsa unui cadru comun global ridică și probleme de armonizare a standardelor etice și de siguranță, mai ales în sectoarele transfrontaliere precum transportul autonom, apărarea sau siguranța digitală.

## PERSPECTIVE ȘI PROVOCĂRI

Platformele autonome colaborative se află la începutul unei revoluții tehnologice ce va remodela profund acțiunile de luptă viitoare.

Una dintre tendințele actuale se îndreaptă către dezvoltarea roiuilor de drone. Utilizând inteligența colectivă a roiuilor, ACP-urile pot reacționa rapid la schimbările din mediul operațional, pot redistribui automat resursele și pot influența deciziile tactice în timp real, sporind considerabil eficiența și reziliența misiunilor. Inspirată din comportamentul insectelor sociale precum al albinelor sau al furnicilor, această inteligență se bazează pe coordonarea descentralizată a unui număr mare de aeronave care, prin interacțiunea



*Utilizând inteligența colectivă a roiuilor, ACP-urile pot reacționa rapid la schimbările din mediul operațional, pot redistribui automat resursele și pot influența deciziile tactice în timp real, sporind considerabil eficiența și reziliența misiunilor.*



*Securitatea cibernetică rămâne un factor critic în dezvoltarea și operarea platformelor autonome colaborative. Pe măsură ce numărul conexiunilor și interacțiunilor crește, se extind și posibilitățile de atac disponibile actorilor rău-intenționați. Atacurile pot varia de la accesul neautorizat la date până la preluarea controlului asupra unor componente sau sisteme autonome, cu consecințe potențial catastrofale.*

lor, manifestă un comportament emergent mult mai complex și eficient decât suma acțiunilor individuale (SDI, 2024). În contextul ACP-urilor, această abordare permite ca multiple aeronave autonome să coopereze în mod adaptiv și flexibil, realizând împreună sarcini complexe, precum recunoaștere, supraveghere sau atacuri coordonate, fără să necesite control direct pentru fiecare unitate în parte.

Totodată, integrarea cu „*legacy systems*” (sistemele clasice) reprezintă o provocare atât tehnică, precum și economică. În multe industrii, infrastructura actuală a fost concepută înainte de apariția platformelor autonome și nu a fost gândită pentru colaborarea cu entități inteligente sau auto-adaptive. Această lipsă de compatibilitate face ca implementarea soluțiilor noi să necesite investiții semnificative în modernizare, adaptare și interoperabilitate. Problema este accentuată de faptul că multe organizații funcționează cu sisteme critice ce nu pot fi întrerupte sau înlocuite rapid, ceea ce obligă la găsirea unor soluții de tip „*plug-and-play*” sau a unor straturi intermediare de integrare (middleware) care să faciliteze comunicarea între vechi și nou (Geihs, 2020). Aceste provocări nu sunt doar tehnice, ci și organizaționale: integrarea aeronavelor colaborative autonome presupune adaptarea proceselor de lucru, instruirea personalului și definirea unor standarde noi pentru a asigura funcționarea coerentă a întregului sistem.

Securitatea cibernetică rămâne un factor critic în dezvoltarea și operarea platformelor autonome colaborative. Pe măsură ce numărul conexiunilor și interacțiunilor crește, se extind și posibilitățile de atac disponibile actorilor rău-intenționați. Atacurile pot varia de la accesul neautorizat la date până la preluarea controlului asupra unor componente sau sisteme autonome, cu consecințe potențial catastrofale.

Suplimentar față de protecția cibernetică, este necesar ca producătorii să ia în calcul și protecția electronică. Astfel de sisteme comunică între ele prin intermediul undelor electromagnetice, conducând astfel la creșterea amprentei electronice în mediul de luptă, fapt ce va fi exploatat de adversar atât pentru detenția timpurie, cât și pentru scoaterea din luptă prin acțiuni de război electronic sau chiar cinetice.

O evoluție previzibilă este migrarea ACP-urilor în toate mediile operaționale (aer, terestru, maritim și spațial), creând rețele multi-domeniu pentru schimb rapid de informații și decizii optimizate. AI generativă și algoritmi adaptativi vor permite sistemelor să-și îmbunătățească în mod constant performanțele, să anticipeze amenințări complexe și să se adapteze la schimbări imprevizibile. Prin urmare, evoluția platformelor autonome colaborative se conturează ca un proces accelerat, în care progresul tehnologic trebuie să fie însoțit de standardizare, securitate și integrare sustenabilă pentru a-și atinge pe deplin potențialul.

## CONCLUZII

Platformele autonome colaborative reprezintă o revoluție tehnologică, aducând un salt semnificativ în eficiența și flexibilitatea desfășurării operațiilor militare. Capacitatea acestor sisteme de a opera atât autonom, cât și în colaborare cu aeronavele pilotate deschide noi posibilități pe câmpul de luptă, schimbând fundamental modul în care sunt concepute și executate misiunile.

Adoptarea pe scară largă a platformelor autonome colaborative va presupune aducerea de modificări profunde în doctrina militară și în structura forțelor armate, necesare pentru integrarea noilor tehnologii.

Provocările etice și juridice rămân totuși un obstacol major în implementarea deplină a acestor tehnologii. Este urgentă dezvoltarea unor cadre legislative și reglementări internaționale clare, care să definească responsabilitățile și să asigure transparența modului în care aceste sisteme autonome iau decizii.

Investițiile majore ale principalilor actori statali reflectă importanța strategică majoră a ACP-urilor în cursa pentru supremația aeriană și tehnologică. Statele care vor reuși să integreze rapid și eficient aceste tehnologii vor dobândi un avantaj competitiv decisiv în domeniul securității și apărării. Astfel, platformele autonome colaborative nu sunt doar o inovație tehnologică, ci și un factor transformator, ce necesită o abordare echilibrată între progres și responsabilitate.



*Adoptarea pe scară largă a platformelor autonome colaborative va presupune aducerea de modificări profunde în doctrina militară și în structura forțelor armate, necesare pentru integrarea noilor tehnologii.*



## BIBLIOGRAFIE:

1. Air Force (3 martie 2025). *Air Force designates two Mission Design Series for collaborative combat aircraft*, <https://www.af.mil/News/Article-Display/Article/4092641/air-force-designates-two-mission-design-series-for-collaborative-combat-aircraft/>, accesat la 21 iulie 2025.
2. Airforce Technology (21 iunie 2024). *Collaborative Combat Aircraft (CCA), USA*, <https://www.airforce-technology.com/projects/collaborative-combat-aircraft-cca-usa/?cf-view>, accesat la 21 iulie 2026.
3. Airforce Technology (8 martie 2024). *Next Generation Air Dominance Programme*, <https://www.airforce-technology.com/projects/next-generation-air-dominance-programme-us/?cf-view>, accesat la 21 iulie 2025.
4. Anderson, K. (2025). *The Missing Pieces of NATO's Autonomous Collaborative Platform Strategy*. Joint Air Power Competence Centre, 35, 36.
5. Consensus Labs (8 august 2025). *AI Ethics in Autonomous Systems: Balancing Innovation, Safety & Accountability*, <https://consensuslabs.ch/blog/ai-ethics-autonomous-systems-innovation-safety-accountability>, accesat la 20 august 2025.
6. DARPA (17 aprilie 2024). *ACE Program Achieves World First for AI in Aerospace*, <https://www.darpa.mil/news/2024/ace-ai-aerospace>, accesat la 20 august 2025.
7. Defense News Aerospace (13 august 2024). *Russian Kronstadt Group presents new Grom-U wingman drone to assist Su-35 and Su-57 fighters*, <https://armyrecognition.com/news/aerospace-news/2024/russian-kronstadt-group-presents-new-grom-u-wingman-drone-to-assist-su-35-and-su-57-fighters?highlight=WyJydXNzaWEiXQ%3D%3D>, accesat la 12 august 2025.
8. Donald, D. (15 iunie 2025). *Boeing's Ghost Bat Readies for Interoperability Trials*, <https://www.ainonline.com/aviation-news/defense/2025-06-15/boeings-ghost-bat-readies-interoperability-trials>, accesat la 24 iulie 2025.
9. Gary, H., Mary, K. (3 mai 2024). *Spangdahlem Air Base*, <https://www.spangdahlem.af.mil/News/Article/3764879/secaf-kendall-experiences-vista-of-future-flight-test-at-edwards-afb/>, accesat la 7 octombrie 2025.
10. Geihs, K. (2020). *Engineering Challenges Ahead for Robot Teamwork in Dynamic Environments*. Applied Sciences.
11. Halpern, S. (17 ianuarie 2022). *The Rise of A.I. Fighter Pilots*, The New Yorker: <https://www.newyorker.com/magazine/2022/01/24/the-rise-of-ai-fighter-pilots>, accesat la 20 august 2025.
12. Kohler, C. (17 aprilie 2024). *USAF Test Pilot School and DARPA announce breakthrough in aerospace machine learning*, Edwards Air Force Base: <https://www.edwards.af.mil/News/Display/Article/3744695/usaf>

- test-pilot-school-and-darpa-announce-breakthrough-in-aerospace-machine-learn/ , accesat la 13 octombrie 2025.
13. Merchán-Cruz, E.A., Gabelaia, I., Savrasovs, M., Hansen, M.F., Soe, S.&Rodriguez-Cañizo, R.G., Aragón-Camarasa, G. (2025). *Trust by Design: An Ethical Framework for Collaborative*. *Electronics*, 6, <https://www.mdpi.com/2079-9292/14/10/1952>, accesat la 2 iulie 2025.
  14. Newdick, T. (26 februarie 2025). *South Korea's Loyal Wingman Air Combat Drone Unveiled*, <https://www.yahoo.com/news/south-korea-loyal-wingman-air-233950776.html>, accesat la 26 iulie 2026.
  15. Orbital today (13 mai 2025). *Europe's Direction in Military Drone Development: Projects, Cooperation, and Counter-Drone Systems*, <https://orbitaltoday.com/2025/05/13/europes-direction-in-military-drone-development-projects-cooperation-and-counter-drone-systems/>, accesat la 26 iulie 2025.
  16. Royal Air Force (2024). *Autonomous collaborative platform strategy*. Air Media Centre, HQ Air Command.
  17. Saballa, J. (16 decembrie 2024). *China Develops Own 'Loyal Wingman' to Rival US*, The Defense Post: <https://thedefensepost.com/2024/12/16/china-loyal-wingman-us/>, accesat la 22 august 2025.
  18. SDI (2024). *Military Drone Swarm Intelligence Explained*, <https://sdi.ai/blog/military-drone-swarm-intelligence-explained/>, accesat la 12 august 2025.
  19. Spray, A. (22 decembrie 2024). *A Review Of UAVs In The USAF's Collaborative Combat Aircraft Programs*, <https://simpleflying.com/review-uav-usaf-collaborative-combat-aircraft-programs/>, accesat la 14 iulie 2025.
  20. Suci, P. (1 aprilie 2025). *Russia's Su-57 is Close to Getting Loyal Wingmen*, <https://nationalinterest.org/blog/buzz/russias-su-57-is-close-to-getting-loyal-wingmen>, accesat la 27 iulie 2025.
  21. Venckunas, V. (8 martie 2023). *USAF lays out plans for NGAD, loyal wingmen numbers*, <https://www.aerotime.aero/articles/usaf-lays-out-plans-for-ngad-loyal-wingmen-numbers>, accesat la 28 august 2025.

