

LBRIS

We know
books

PAUL SCHARRE

ARMATA NIMĂNUI

Armele autonome și viitorul războiului

Traducere din limba engleză
RADU SĂNDULESCU

Prefață
PETRE OTU

CORINT
FUTURE

UCAV (vehicul aerian de luptă fără echipaj), 103, 104, 277
 Ucenicul vrăjitorului (desen animat), 218
 UK Joint Doctrine Note 2/11, 165
 UNIDIR, 221, 273
 unitate de măsură inerțială (IMU), 183
 Uniunea Sovietică, 19–21, 99, 120, 422, 426, 427, 442, 481
 Universitatea din California (UC), Berkeley, 293, 341
 Universitatea din Pennsylvania, 111, 375
 Unmanned Aircraft Systems Flight Plan, 2009-2047 (raport al US Air Force), 50
 UralVagonZavod, 174
 Uran-9, robot de luptă terestru, 171–173, 507
 utilitarism, 404, 406, 411
 Vandenberg, baza aeriană, 435
 vehicule de teren robotizate, 156, 158, 171
 victime civile, 173, 364, 366, 400, 469, 477, 484, 486
 Viermele de internet (1988), 302, 320
 Vihr, tancul-robot, 172, 173
 Vincennes, USS, 246–250, 257, 280, 372
 viruși de computer, 230, 231, 302, 314, 317, 320, 327, 346
 Waddell & Reed, 290, 292
 Walker, Mike, 311–315, 322, 323
 Wall Street, 28, 288, 290, 295, 327, 347
 Walzer, Michael, 387, 389, 391
 Watson (IA a celor de la IBM), 215, 216, 277
 Watts, Barry, 78
 Waxman, Matthew, 363
 White, Nathan, 211
 Wi-Fi, 47, 180, 359
 Williams, Dave, 204
 Williams, Jody, 385, 402, 404, 416, 465, 502
 Wolf-2, 170, 171, 172
 Work, Bob, 29, 124, 142, 143, 145–151, 166, 175, 219, 261, 299, 324, 325, 327, 346, 348, 414, 483, 492, 502
 Wren, torpila, 73–76, 92
 X-47B, drona experimentală, 41, 42, 100, 103, 104, 113, 139, 157, 164
 Yoo, Myung Ho, 158
 Yudkowsky, Eliezer, 338
 zborul Air France 447, prăbușirea, 232, 233
 zborul Iran Air 655, 247, 372
 zona demilitarizată (DMZ), 24, 159, 169, 369, 430
 Zuckerberg, Mark, 343

CUPRINS

<i>Prefață</i>	5
<i>Introducere</i>	19
Partea I – Robocalipsa acum	31
Capitolul 1 – <i>Roiul care vine</i>	33
Capitolul 2 – <i>Terminatorul și Roomba</i>	55
Capitolul 3 – <i>Mașinării careucid</i>	67
Partea a II-a – Construirea terminatorului	97
Capitolul 4 – <i>Viitorul se construiește azi</i>	99
Capitolul 5 – <i>În interiorul Palatului Puzzle</i>	123
Capitolul 6 – <i>Trecerea pragului</i>	137
Capitolul 7 – <i>Războiul Mondial R</i>	155
Capitolul 8 – <i>Roboți de garaj</i>	179
Partea a III-a – Arma scăpată de sub control	199
Capitolul 9 – <i>Roboți care o iau razna</i>	201
Capitolul 10 – <i>Comandă și decizie</i>	235
Capitolul 11 – <i>Cutia neagră</i>	261
Capitolul 12 – <i>Rateuri mortale</i>	273

Partea a IV-a – Războiul fulger	283
Capitolul 13 – <i>Robot contra robot</i>	285
Capitolul 14 – <i>Războiul invizibil</i>	301
Capitolul 15 – <i>„Invocarea demonului”</i>	329
Partea a V-a – Lupta pentru interzicerea armelor autonome	355
Capitolul 16 – <i>Roboți la judecată</i>	357
Capitolul 17 – <i>Ucigași lipsiți de suflet</i>	385
Capitolul 18 – <i>Când te joci cu focul</i>	421
Partea a VI-a – Evitarea unui Armageddon: arma politicii	451
Capitolul 19 – <i>Luptătorii-centaur</i>	453
Capitolul 20 – <i>Papa și arbaleta</i>	467
Capitolul 21 – <i>Sunt armele autonome inevitabile?</i>	483
<i>Concluzie</i>	501
<i>Postfață</i>	505
<i>Mulțumiri</i>	511
<i>Acronime și abrevieri</i>	514
<i>Sursele ilustrațiilor</i>	518
<i>Note</i>	520
<i>Index</i>	589

CAPITOLUL I

ROIUL CARE VINE

REVOLUȚIA ROBOTICII MILITARE

Într-o după-amiază însorită, de pe dealurile Californiei centrale își ia zborul un roi. Una câte una, un lansator proiectează în aer dronele subțiri cu aripi din polistiren. Dronele emit un bâzâit ascuțit pe măsură ce se înalță pe cerul de un albastru cristalin al Californiei, despicând aerul cu mișcări precise.

Mă uit la pilotul de drone aflat în picioare lângă mine și bag de seamă, cu oarecare surpriză, că mâinile lui nu ating comenzile, ci dronele zboară complet autonom. Este o revelație prostească (în definitiv, am venit aici ca să văd roiurile de drone autonome), dar, cumva, experiența de a urmări dronele zburând cu atâta agilitate fără vreun control uman este diferită de ceea ce mi-am închipuit. Mișcărilor lor dibace par a avea o finalitate și este greu să nu le atribui o intenție. Această idee de drone care operează „fără lesă” este impresionantă și neliniștitoare în același timp.

Am călătorit până la Camp Roberts, California, ca să-i văd pe cercetătorii de la Naval Postgraduate School* studiind ceva ce n-a mai făcut nimeni din lume până acum: războiul dus de roiuri. Spre deosebire de dronele Predator, care sunt dirijate

* „Institutul Postuniversitar Naval” (în lb. engl. în orig.) (n. tr.).

individual, de la distanță, de controlori umani aflați la sol, dronele acestor cercetători sunt controlate în masă. În experimentul de astăzi vor fi implicate 20 de drone zburând simultan într-o luptă simulată între două roiri a câte 10. Tragerea cu armamentul de la bord este simulată, dar manevrele și zborul sunt cât se poate de reale.

Fiecare dronă este proiectată din lansator deja cu pilotul automat cuplat. Fără niciun fel de ghidaj uman, dronele se înalță până la altitudinile care li s-au atribuit și alcătuiesc două echipe, raportând atunci când „roiul este gata de atac”. Roiurile Roșu și Albastru așteaptă fiecare în colțul său din arena de luptă aeriană, zburând în cercuri asemenea unui stol de vulturi hămesiți.

Pilotul care comandă Roiul Roșu își freacă mâinile, anticipând bătălia care va urma – lucru destul de nostim, având în vedere că singurul lui rol este acela de a apăsa, pur și simplu, butonul care-i spune roiului să înceapă. După aceasta, el este un simplu spectator, la fel ca mine.

Duane Davis – pilot de elicoptere în Marina SUA pensionat, devenit programator, cel care a proiectat algoritmi roiului – face numărătoarea inversă până la declanșarea luptei:

— Inițiez roi contra roi... 3, 2, 1, start!

Atât comandantul Roiului Roșu, cât și cel al celui Albastru își pun roiurile în mișcare. Cele două roiri pornesc unul către celălalt fără ezitare. „A-nceput lupta!” zbiară entuziasmat Duane. În câteva secunde, roiurile parcurg distanța dintre ele și se angajează în luptă, amestecându-se și formând un ghemotoc de lupte aeriene manevriere. Roiurile fac manevre și se învârtesc ca un tot unitar. Loviturile simulate sunt contorzitate în josul ecranului computerului:

UAV 74 a tras în UAV 33

UAV 59 a tras în UAV 25

UAV 33 lovit

UAV 25 lovit

Comportamentul roiurilor este ghidat de un algoritm simplu, denumit Greedy Shooter*. Fiecare dronă va face manevre pentru a ajunge într-o poziție favorabilă deschiderii focului asupra unei drone inamice. Omul trebuie doar să aleagă comportamentul roiului – așteaptă, urmărește, atacă sau aterizează – și să-i comunice roiului să se pună în mișcare. După aceea, toate acțiunile roiului sunt complet autonome.

Pe ecranul computerului comandantului Roiului Roșu este dificil de spus cine câștigă. Pictogramele dronelor se suprapun unele peste altele într-o pată cețoasă, în timp ce, pe cer, dronele își dau târcoale unele altora într-un vârtej de luptă aeriană. Iureșul învolburat mi se pare un haos total, deși Davis îmi spune că el poate, uneori, să-și dea seama care drone se urmăresc între ele.

Un program informatic de arbitraj, denumit *The Arbiter*, ține scorul. Roiul Roșu este în avantaj, cu patru lovituri reușite în comparație cu cele două ale Roiului Albastru. Statutul dronelor „doborâte” se schimbă de la verde la roșu în momentul în care sunt scoase din luptă. Apoi, bătălia intră într-o perioadă de acalmie, aparatele de zbor descriind cercuri unele în jurul altora, incapabile să dea o lovitură fatală. Davis explică situația prin faptul că, având în vedere că aparatele sunt identice unele cu altele (aceiași fuzelaj, aceleași comenzi de zbor, aceiași algoritmi), uneori ajung într-un punct mort, la egalitate, moment în care nicio tabără nu poate obține un avantaj clar asupra celeilalte.

Davis resetează câmpul de luptă pentru runda a doua, iar roiurile se întorc fiecare în colțul lui. Atunci când comandanții roiurilor apasă tasta de pornire, roiurile se apropie din noul unul de celălalt. De această dată bătălia are scor egal, 3-3, dar în runda a treia, Roșiii obțin o victorie decisivă, 7-4. Comandantul Roiului Roșu este încântat să-și asume meritul. „Eu am fost cel care a apăsat tasta!”, a zis el chicotind.

* „Trăgătorul lacom” (în lb. engl. în orig.) (n. tr.).

Așa cum roboții transformă industriile (de la mașini care se conduc singure la aspiratoarele robot și roboții îngrijitori pentru bătrâni), în același mod ei transformă și războiul. Cheltuielile la nivel global pentru robotica militară sunt estimate că vor ajunge la 7,5 miliarde de dolari pe an în 2018, numeroase țări extinzându-și arsenalul de roboți aerieni, terestri și maritimi¹⁹.

Pe câmpul de luptă, roboții au multe avantaje față de vehiculele cu echipaj uman la bord. Eliberate de limitele fiziologice ale oamenilor, vehiculele fără ocupanți („fără echipaj uman”) pot fi proiectate să fie mai mici, mai ușoare, mai rapide și mai manevrabile. Ele pot rămâne pe câmpul de luptă mult timp, dincolo de limita duranței umane, vreme de săptămâni, luni sau chiar ani fără pauză. Ele își pot asuma mai multe riscuri, deschizând oportunități tactice pentru executarea de misiuni periculoase sau chiar sinucigașe fără a risca pierderea de vieți omenești.

Cu toate acestea, roboții prezintă un dezavantaj major. Fără omul din vehicul, ei pierd cel mai avansat procesor cognitiv de pe planetă: creierul uman. Majoritatea roboților militari din ziua de azi sunt controlați de la distanță sau tele-manevrați de ființe umane, astfel că ei depind de fragilele legături de comunicație care pot fi bruiate sau perturbate de condițiile de mediu. Fără aceste comunicații, roboții nu pot îndeplini decât sarcini simple, iar capacitatea lor de funcționare autonomă este limitată.

Soluția: mai multă autonomie.

REVOLUȚIA ACCIDENTALĂ

Nimeni n-a plănuit vreo revoluție în robotică, dar forțele armate ale SUA au început-o întâmplător atunci când au trimis mii de roboți aerieni și terestri pentru a face față nevoilor urgente din Irak și din Afganistan. În 2005, Departamentul Apărării al SUA și-a dat seama că avea loc ceva semnificativ.

Cheltuielile pentru aparate de zbor fără echipaj (drona), care în anii '90 se situaseră cam în jurul sumei de 300 de milioane de dolari pe an, au crescut enorm după momentul 11 septembrie, sporind de șase ori, la aproximativ două miliarde de dolari pe an, în 2005²⁰. În complicatele războaie contra insurgenților din Irak și Afganistan, dronele s-au dovedit extreme de valoroase. Aparat de zbor de dimensiuni mai mari, precum MQ-1B Predator, pot supraveghea silențios teroriștii zi și noapte, urmărindu-le mișcările și descoperindu-le rețelele. Drone mai mici, lansate din mână, precum RQ-11 Raven, pot oferi trupelor „imagini din cer” la nevoie, atunci când se află în patrulare²¹. Sute de drone au fost trimise în Irak și în Afghanistan într-un timp scurt²².

Dronele nu erau o noutate absolută, pentru că mai fuseseră folosite în manieră limitată în Vietnam, însă cererea masivă pentru astfel de dispozitive era²³. Deși, în ultimii ani, dronele au fost asociate cu conceptul de „lovituri executate de drone”, ceea ce le face unice și valoroase pentru armată este capacitatea lor de supraveghere permanentă, nu cea de lansare a bombelor. Dronele conferă comandanților o modalitate ieftină și cu riscuri reduse de a beneficia de monitorizare aeriană.

În scurt timp, Pentagonul trimitea în războaie un număr uriaș de drone și într-un ritm amețitor. În 2011, cheltuielile anuale pentru drone crescuseră la peste șase miliarde de dolari pe an, de peste 20 de ori mai mari decât nivelurile de dinainte de 11 septembrie²⁴. Departamentul Apărării avea peste 7 000 de drone în flota sa²⁵. Majoritar, acestea erau modele mai mici, cu lansare din mână, dar aparatele de zbor precum MQ-9 Reaper și RQ-4 Global Hawk constituiau și ele niște atuuri militare valoroase.

În același timp, Departamentul Apărării descoperă că roboții nu sunt valoroși doar dacă zboară, ci sunt la fel de importanți, dacă nu cumva chiar mai importanți, la sol. În mare parte constrâns de creșterea utilizării dispozitivelor explozive improvizate (DEI), Departamentul Apărării a trimis

peste 6.000 de roboți terestri în Irak și Afganistan²⁶. Roboții mici de tipul iRobot Packbot le permiteau militarilor să dezactiveze sau să distrugă orice DEI fără riscuri. Pentru un robot, deminarea este o activitate excelentă.

MARȘUL CĂTRE O AUTONOMIE DIN CE ÎN CE MAI MARE

În 2005, după ce Departamentul Apărării a început să dea piept cu revoluția în robotică și cu efectele ei asupra viitorului războiului, specialiștii săi s-au apucat să publice o serie de „foi de parcurs” pentru investițiile viitoare în sisteme fără echipaj uman la bord. Prima foaie de parcurs se concentra pe aparate de zbor, dar următoarele, cele din 2007, 2009, 2010 și 2013, includeau și vehicule terestre și maritime. Deși cea mai mare parte a dolarilor s-au îndreptat către aparatele de zbor fără echipaj, vehiculele terestre, maritime și subacvatice au și ele de jucat un rol important.

Acestei foi de parcurs au făcut ceva mai mult decât doar să catalogheze investițiile realizate de Departamentul Apărării. Fiecare foaie de parcurs privea în viitor pe o perioadă de 25 de ani, subliniind nevoile și dorințele tehnologice pentru a ajuta la ghidarea viitoarelor investiții ale guvernului și ale actorilor din industrie și acoperirea subiecte precum senzori, comunicații, surse de energie, arme, propulsie și alte tehnologii generice cheie. În toate foile de parcurs, autonomia constituie o temă dominantă.

Probabil că foaia de parcurs din anul 2011 a rezumat cel mai bine viziunea:

Pentru ca sistemele fără echipaj să-și realizeze complet potențialul, ele trebuie să fie capabile să dobândească un înalt grad de comportament autonom și să poată interacționa cu mediul înconjurător. Acest progres va necesita dezvoltarea capacității de a

înțelege și de a se adapta la mediul ambiant, precum și capacitatea de a colabora cu alte sisteme autonome²⁷.

Autonomia reprezintă motorul cognitiv care pune în mișcare roboții. Fără autonomie, roboții sunt doar niște recipiente goale, carcase lipsite de creier care sunt total dependente de ghidajul uman.

În Irak și Afganistan, armata SUA a acționat într-un mediu electromagnetic relativ „permisiv”, în care insurgenții nu aveau, în general, capacitatea de a bruiia comunicațiile cu vehiculele robot, dar în viitoarele conflicte situația nu va fi mereu aceeași. Armatele unor state importante vor avea aproape cu siguranță capacitatea de a perturba sau bloca rețelele de comunicații, iar spectrul electromagnetic va fi puternic disputat. Armata SUA posedă modalități de comunicare mai rezistente la bruiaj, dar aceste metode sunt limitate ca distanță și frecvență radio²⁸. În confruntarea cu o putere militară majoră, nu va mai fi posibil tipul de operațiuni cu drone pe care le-a executat SUA atunci când a intervenit împotriva teroriștilor, și anume trimițând către bazele din țară, prin intermediul sateliților, imagini de înaltă definiție. În plus, anumite medii fac în mod inerent dificile comunicațiile, cum este cazul mediului subacvatic, în care propagarea undelor radio este împiedicată de apă. În aceste situații, autonomia este absolut necesară pentru ca sistemele robotice să fie eficiente. Pe măsură ce inteligența mașinăriiilor avansează, armatele vor fi în stare să creeze roboți din ce în ce mai autonomi, capabili să îndeplinească misiuni mai complexe în medii mai dificile, independent de controlul uman.

Chiar dacă legăturile de comunicații funcționează perfect, o mai mare autonomie este de dorit din pricina costurilor de personal pe care le solicită controlul de la distanță al roboților. Mii de roboți necesită mii de oameni pentru a-i comanda, în cazul în care fiecare robot este acționat de la distanță. Operațiunile cu drone Predator și Reaper necesită între șapte

și 10 piloți pentru a asigura o „orbită” cu o dronă (adică o acoperire continuă, non-stop, la verticala unei zone de interes). Încă 20 de persoane per orbită sunt necesare pentru a monitoriza senzorii dronei, și este nevoie de o mulțime de analiști de informații pentru a filtra datele primite de la senzori. De fapt, din cauza acestor substanțiale nevoi de personal, Forțele Aeriene ale SUA au o puternică rețineră să numească aceste aparate de zbor „fără echipaj uman”. Chiar dacă la bordul aeronavei nu se află nicio persoană, totuși, sunt oameni care o comandă și-i asigură sistemele.

Deoarece piloții rămân la sol, aparatele de zbor fără echipaj eliberează operațiunile de supraveghere de limitele duranței umane, dar doar de cele fizice. Dronele pot rămâne în aer câteva zile la rând, cu mult mai mult decât poate să stea un om în carlingă²⁹, dar operarea de la distanță nu schimbă solicitările *cognitive* ale operatorilor umani. În continuare, oamenii trebuie să îndeplinească aceleași sarcini, doar că ei nu se află fizic la bordul vehiculului. US Air Force preferă termenul „aparat de zbor pilotat de la distanță”, pentru că dronele de astăzi asta sunt. Piloții continuă să piloteze aparatele de zbor cu ajutorul manșei și al palonierelor, dar o fac de la distanță, de pe sol, uneori chiar de pe partea cealaltă a globului.

Acest sistem este o manieră de operare dificilă. Construirea a zeci de mii de roboți ieftini nu constituie o strategie de rentabilizare dacă, pentru a fi operaționali, ei necesită un număr și mai mare de oameni cu înaltă calificare (și, implicit, scumpi).

Răspunsul este autonomia. Foaia de parcurs a Departamentului Apărării din 2011 afirmă:

Autonomia reduce volumul de muncă umană necesar pentru operarea sistemelor, face posibilă optimizarea rolului uman în sistem și permite procesului decizional uman să se concentreze asupra zonelor în care este cel mai necesar. Aceste beneficii pot avea

drept rezultat o eficientizare a forței de muncă și o reducere a costurilor, precum și o mai mare viteză în luarea deciziilor³⁰.

Multe dintre foile de parcurs ale Departamentului Apărării indică autonomia deplină a sistemelor robotizate drept obiectiv pe termen lung. Foaia de parcurs din anul 2005 privea către „roiuri complet autonome”³¹. Foaia de parcurs a anului 2011 enunța o evoluție pe patru niveluri de autonomie, de la (1) operare umană la (2) delegare umană, (3) supraveghere umană și, în cele din urmă, (4) la autonomie deplină³². Beneficiile unei autonomii mai mari au constituit „cea mai importantă temă” într-un raport din anul 2010 referitor la tehnologia viitorului, raport întocmit de Biroul Cercetătorului-Șef Forțelor Aeriene ale SUA³³.

Cu toate că dronele Predator și Reaper continuă să fie operate manual, deși de la distanță, de la sol, alte aparate de zbor precum Global Hawk (al USAF) și Gray Eagle (al US Army) incorporează mai multă automatizare: piloții setează aparatele lor traiectul de zbor, iar acestea zboară singure până în zona de interes. Astfel, în loc să fie pilotate cu ajutorul manșei și al palonierelor, cele două aparate de zbor sunt ghidate prin intermediul tastaturii și al mouse-ului. US Army nici măcar nu mai numește „piloți” persoanele care-i controlează aparatele de zbor, ci „operatori”. Totuși, chiar și cu această automatizare sporită, aceste aparate tot necesită un operator uman per aparat, pentru toate misiunile, cu excepția celor foarte simple.

Treptat, inginerii adaugă alte și alte sarcini la setul pe care le pot realiza în mod autonom aparatele de zbor fără echipaj, înaintând pas cu pas către drone din ce în ce mai autonome. În 2013, Marina SUA a aterizat cu succes, în mod autonom, prototipul său de dronă X-47B pe un portavion aflat pe mare. Singurul input uman a fost ordinul de aterizare, în timp ce zborul propriu-zis a fost realizat prin intermediul programului

informatic. În 2014, elicopterul AACUS* al Marinei SUA a cercetat în mod autonom o zonă de aterizare improvizată și a executat singur o aterizare reușită. Apoi, în 2015, drona X-47B a făcut din nou istorie, realizând prima realimentare aeriană autonomă, luând combustibil de la un alt aparat aflat în zbor.

Acestea constituie niște etape-cheie în construcția aparatelor de zbor fără echipaj la bord mult mai apte pentru ducearea acțiunilor de luptă. Tot așa cum mașinile autonome vor permite unui vehicul să se deplaseze din punctul A în punctul B fără control uman, capacitatea autonomă de decolare, aterizare, navigare și realimentare va permite roboților să execute sarcini sub direcționare și supraveghere umană, dar fără ca oamenii să controleze fiecare mișcare. Acest lucru poate fi începutul anulării paradigmei oamenilor care controlează manual robotul, conferindu-le doar un rol de supraveghere. Oamenii îi vor comanda robotului ce acțiune să întreprindă, iar acesta va executa sarcina de unul singur.

Roiurile (sau autonomia de grup) reprezintă următorul pas în această evoluție. Davis este extrem de încântat de aplicațiile nonmilitare ale roiurilor, de la operațiuni de căutare-salvare la agricultură. Comportamentul coordonat al roboților ar putea fi util pentru o gamă largă de aplicații, iar cercetarea de la Naval Postgraduate School este fundamentală, astfel că algoritmiile pe care-i creează pot fi folosiți în multe scopuri. Totuși, avantajele militare aduse în ceea ce privește numărul, coordonarea și viteza sunt profunde și dificil de ignorat. Roiurile permit armatelor să mobilizeze pe câmpul de luptă un număr mare de mijloace de luptă operate de un număr mic de operatori umani. Comportamentul colectiv poate să permită și timpi de reacție mai rapizi, așa încât roiul poate răspunde evenimentelor în schimbare mult mai repede decât ar fi posibil în cazul în care fiecare vehicul ar fi controlat de câte o persoană.

* Autonomous Aerial Cargo/Utility System, în lb. ro., Sistemul Utilitar/de Marfă Aerian Autonom (n. tr.).

Prin realizarea experimentului lor de luptă aeriană manevrieră dusă între două roiuri de drone, Davis și colegii lui împing mai departe granițele autonomiei. Următoarea lor țintă este de a ordona unui număr de 100 de drone angajarea într-o bătălie aeriană dusă între roiuri de câte 50, situație pe care Davis și colegii lui o simulează deja pe computere, scopul final fiind să depășească faza de luptă între roiuri și să ajungă la un joc mai complex, asemănător cu cel denumit „capturarea steagului”. Două roiuri s-ar întrece să marcheze cât mai multe puncte aterizând la baza aeriană adversă fără a fi „doborâte”. Fiecare roi va trebui să mențină un echilibru între apărarea propriei baze, lovirea dronelor inamice și trimiterea a cât mai multe drone posibil în baza inamică. Ce „scheme de joc” pot fi întrebuițate de un roi? Care sunt cele mai bune tactici? Exact acestea sunt întrebările pe care Davis și colegii lui vor să le exploreze. „Dacă am 50 de aparate de zbor într-un roi, a spus el, câte dintre acestea vreau să se concentreze pe ofensivă, adică să ajungă în zona de aterizare a celuilalt roi? Cât de multe vreau să se concentreze pe apărarea spațiului meu de aterizare și câte să participe la lupta aer-aer? Cum anume vreau să repartizez sarcinile între roiuri? Dacă UAV-urile* adversarului se apropie, cum anume vreau ca roiul meu să decidă care UAV va încerca să împiedice care adversar pentru a nu ajunge la baza noastră?”³⁴

Tacticile de roi sunt încă într-o etapă incipientă. La ora actuală, operatorul uman alocă un anumit număr de drone unui sub-roiu, apoi îi dă aceluia sub-roiu o misiune, cum ar fi atacarea unei baze inamice sau a aparatelor inamice. După aceasta, omul se află în faza de supraveghere. Dacă nu există o problemă de siguranță, controlorul uman nu va interveni pentru a prelua controlul asupra unui aparat de zbor. Chiar și atunci, dacă un aparat începe să aibă probleme tehnice, n-ar fi logic să preia controlul asupra lui până când nu părăsește

* Unmanned aerial vehicles, în lb. ro., vehicule aeriene fără echipaj (n. tr.).

vecinătatea roiului, deoarece preluarea controlului asupra unui aparat de zbor aflat în mijlocul roiului ar putea să genereze o coliziune aeriană. Ar fi foarte dificil pentru un om să prezică și să evite o coliziune, în timp de toate celelalte drone se învârtesc în aer, de aceea, dacă drona se află sub comanda roiului, ea își va ajusta în mod automat traiectul de zbor pentru a evita o coliziune.

În acest moment, comportamentele de roi pe care le folosește Davis sunt foarte simple. Omul poate da comandă roiului să zboare în formație, să aterizeze sau să atace aeronavele inamice. Apoi, dronele intră în procedură de aterizare sau de zbor în formație pentru a-și „deconflictualiza” acțiunile. În cazul anumitor sarcini, cum ar fi aterizarea, acest lucru este realizat relativ ușor prin intermediul altitudinii: aparatele de zbor aflate mai aproape de sol aterizează primele. Alte sarcini, precum deconflictualizarea luptei aeriene, sunt mai complicate. N-ar fi de niciun folos, de exemplu, ca toate dronele dintr-un roi să urmărească același aparat de zbor inamic, deci ele trebuie să-și coordoneze comportamentul.

Problema este analogă cu cea a jucătorilor de baseball care vor să prindă o minge aruncată la mare înălțime. N-ar avea rost ca antrenorul să ordone cine anume ar trebui să prindă mingea, ci jucătorii trebuie să se coordoneze între ei. „Una este atunci când ai doi oameni care pot vorbi între ei și o minge”, a explicat Davis. „Altceva este atunci când ai 50 de oameni și 50 de mingi”³⁵.

Această sarcină ar fi complet imposibilă pentru oameni, dar un roi o poate îndeplini foarte repede, printr-o varietate de metode. În coordonarea centralizată, de exemplu, elementele individuale ale roiului își trimit datele unui singur planificator, care apoi dă comenzi fiecărui robot din compunerea roiului. Pe de altă parte, coordonarea ierarhică descompune roiul în echipe și grupe într-o manieră asemănătoare unei organizații militare, ordinele venind pe scară ierarhică.

Coordonarea bazată pe consens constituie o abordare descentralizată, în care toate elementele roiului comunică între ele simultan și decid colectiv modul de acțiune. Pentru a-și coordona comportamentul, elementele pot folosi algoritmi de „votare” sau de „licitație”. De exemplu, fiecare element al roiului poate plasa o „ofertă” la o „licitație” pentru a prinde mingea. Elementul care licitează cel mai mult „câștigă” licitația și prinde mingea, în timp ce toți ceilalți îi fac loc.

Coordonarea emergentă constituie abordarea cea mai descentralizată și reprezintă maniera în care funcționează stolurile de păsări, coloniile de insecte și grupurile de oameni, acțiunea coordonată apărând în mod firesc de la fiecare individ care ia decizii bazate pe cei din jurul său. Reguli simple de comportament individual pot duce la o acțiune colectivă extrem de complexă, făcând ca roiul să dea dovadă de „inteligentă colectivă”. De exemplu, o colonie de furnici va adopta, cu timpul, o rută optimă pentru a duce hrana înapoi la furnicar datorită simplului comportament al fiecărei furnici în parte. Atunci când furnicile adună hrana, ele lasă în urma lor o dâră de feromoni pe măsură ce se întorc la furnicar. Dacă dau peste un traseu marcat cu feromoni mai puternici, îl vor alege pe acesta. Mai multe furnici se vor întoarce la cuib mai repede folosind ruta mai rapidă, generând o dâră de feromoni mai puternică, ceea ce va face ca mai multe furnici să folosească acea rută. Nicio furnică în parte nu „știe” care rută este mai rapidă, dar, în mod colectiv, colonia o va utiliza pe cea mai rapidă³⁶.

Comunicarea între elementele roiului poate avea loc prin semnalizare directă (asemănătoare cu modul în care un jucător de baseball strigă „Am prins-o!”), prin metode indirecte (cum ar fi co-observarea, care constituie modul prin care bancurile de pești și turmele de animale stau laolaltă) sau prin modificarea mediului printr-un proces denumit *stigmergie*³⁷ (precum furnicile care lasă feromoni pentru a marca un traseu).