

# EVOLUȚIA SISTEMELOR DE COMANDĂ, CONTROL ȘI COMUNICAȚII ÎN PERSPECTIVA SECOLULUI al XXI-lea

General-maior dr.ing. Nicolae Irimie

În această comunicare apreciem că disponibilitatea puternicelor calculatoare care există astăzi constituie premisa forței care va determina natura oricărei lupte aeriene, navale sau terestre de la începutul secolului XXI. Din acest punct de vedere, vom analiza unele dintre cele mai interesante posibilități ale sistemelor de comandă și control care vor conduce aceste lupte și care vor utiliza foarte multă putere de calcul.

În analiză ne vom baza pe faptul că în ultimele două decenii, costul hardware-ului de prelucrare a scăzut mult, iar mărimea memoriei și viteza de prelucrare au crescut la fel de mult. Se pare că acest proces acționează în continuare, deoarece folosirea calculatoarelor continuă să crească în ritm rapid, iar presiunile pieței, care-l fac să fie un instrument tot mai accesibil și mai puternic, își fac simțită prezența.

Datorită vitezei de prelucrare atinse și a dimensiunilor memoriei, se pot găsi domenii complete noi și interesante pentru aplicarea calculatoarelor la sistemele de comandă și control, dar care nu vor fi tratate în această lucrare. În schimb, preferăm să discutăm despre evoluțiile posibile și la fel de interesante ale sistemelor actuale de comandă și control, având în vedere îmbunătățirile care se pot aduce în două domenii, strâns legate, al supraviețuirii sistemului și al interacțiunii om-sistem.

Este o constatare reală că în condițiile luptei, sistemele cad din diverse motive. Căderile survin dacă, de exemplu, personalul operator și utilizator este rănit, echipamentul se defectează din cauza tragerilor, murdăria și praful pătrund în mecanisme sau conectoare, plăcuțele cu circuite imprimare și cablurile se corodează de la ploaie și sarea din atmosferă, conexiunile se desfac din cauza căldurii sau frigului excesive, ori a vibrațiilor și șocurilor, circuitele imprimare sunt mâncate de ciupercile tropicale, iar cablurile și componentele mici sunt călcate de vehiculele amice. Este, într-adevăr, un mediu dur pentru echipamentul electronic. De fapt, acum în anii '90, nu trebuie să ne așteptăm ca un echipament electronic foarte sofisticat să supraviețuiască timp îndelungat decât dacă este special adaptat la un asemenea mediu. Credem că în secolul XXI nu va exista necesitatea acestei superadaptări a sistemelor.

Prin anii '60 și începutul anilor '70, când hardware-ul computerelor era relativ scump, combinam mai multe funcții într-un sistem

centralizat, astfel încât costul computerului să se împartă pe mai multe operații. Sistemul C-100, primul sistem pentru conducere la nivel strategic din armata noastră este un exemplu în acest sens. În acea vreme, computerele erau un FELIX-32M, echipament foarte scump și, deci, greu accesibil. Deoarece îndeplinea multe funcții pentru utilizatori diferiți, dar înrudiți, sistemul trebuia să comunice cu acești utilizatori. Comunicarea în sine a devenit un element important al costului sistemului și a avut în timp un impact negativ asupra supraviețuirii sistemelor. Supraviețuirea era afectată deoarece comunicațiile electronice făceau din sistemul central o țintă ușor detectabilă și, deci, vulnerabilă. O lovitură de aruncător bine plasată și la momentul oportun putea determina disfuncțiuni operaționale grave ale acestor sisteme centralizate.

Pentru ca sistemele să poată supraviețui, în mediul descris anterior, s-ar putea multiplica funcțiile sistemului cu ajutorul unui hardware suplimentar, a unui software suplimentar și a unor oameni, la modul redundant, dispersându-le geografic. O asemenea abordare devine posibilă, căci hardware-ul este tot mai ieftin. La un moment dat se va putea organiza un sistem de informații de campanie sub forma unor celule computaționale cooperante, în care fiecare celulă conține oameni, hardware și software care, operând împreună, îndeplinesc o funcție parțială a sistemului. Nici una dintre celulele unui asemenea sistem nu îndeplinește o funcție completă, doar ceea ce se cere pe plan local. Sistemul de celule poate pierde pe parcurs o celulă sau două și să continue să funcționeze, poate mai lent sau mai puțin precis, însă corespunzător în majoritatea situațiilor. Într-un sistem ca acesta, supraviețuirea sistemului poate depăși supraviețuirea fiecărei celule componente. Astfel, se poate folosi un hardware mai puțin adaptat pentru obținerea unei fiabilități adevărate pentru fiecare celulă, putându-se, totodată, folosi multe asemenea celule pentru configurarea unui sistem foarte robust.

Această idee este deja testată și implementată. Una din problemele studiate este ipoteza că nu este nevoie de fiabilitate ridicată a componentelor pentru obținerea unei fiabilități ridicate a sistemului, cu condiția ca să existe redundanță funcțională. Dacă ipoteza se dovedește adevărată, atunci câteva componente defecte dintr-un sistem nu vor influența funcționalitatea sistemului.

Trebuie să avem totuși anumite rezerve în legătură cu acest concept, din următorul motiv. Fiecare celulă trebuie să comunice pentru a putea coopera. În plus, gradul de cooperare necesar asigurării integrității sistemului este considerabil și nu se poate încadra în constrângerilor de bandă impuse de câmpul de luptă. Aceasta ar însemna mai multe comunicații, ceea ce este foarte costisitor.

Întrebarea care nu a primit încă răspuns din anii '80 este: Cum se poate face ca atât programele, cât și datele dintr-un sistem colectiv de celule distribuite să fie acelea care trebuie la un moment dat, cu un minimum de comunicații? Este dificil de dat un asemenea răspuns deoarece sistemul trebuie să opereze cu un mecanism de control complet descentralizat. Dacă s-ar face altfel, adică centralizat, inamicul nu trebuie decât să elimine elementul central de conducere sau ar putea da greș cu al lui propriu și atunci n-ar mai exista nici un sistem. Controlul descentralizat este greu de implementat, deoarece comunicațiile între celule sunt întotdeauna imperfecte, introducând întâzieri arbitrare și zgomot. Aceasta poate determina o serie de modificări ale informațiilor, care vor fi transmise necorespunzător; în directivele pentru anumite modificări, pot lipsi părți din cauza zgomotului sau pot fi reordonate din cauza întârzierii, fapt ce poate la rândul său, distruge informațiile conținute în sistemul luat ca întreg. Au apărut însă tehnici noi mai ales din zona bazelor de date distribuite, care sunt capabile să dea răspunsuri la această întrebare.

Aceste tehnici folosesc mai multă putere de calcul pentru implementarea conducerii rețelelor de comunicații și asigură ca indicațiile pentru modificări să fie îndeplinite în întregime în ordinea precizată.

Până acum am analizat utilizarea noilor capacități de prelucrare pentru multiplicarea funcțiilor, pentru reducerea nevoilor de adaptare la mediu și pentru controlul și reducerea numărului de comunicații într-un sistem de informații distribuite. Am făcut aceasta fără a încerca să folosim vreo informație din sistemul de informații de campanie. Astfel, am luat poziția tradițională a celui care comunică: nu se utilizează niciodată conținutul informațiilor dintr-un mesaj pentru determinarea amplasării sale. Utilizatorul unui sistem este obișnuit să gândească că oricare dintre mesajele sale este sigilat într-un plic, iar conținutul este cunoscut numai de el și de cei care recepționează mesajul. Presupunând că mesajele nu mai sunt secrete deoarece nici nu mai există cu adevărat ceva secret în sistemele actuale, se pot realiza multe lucruri știind conținutul acestora. Să ne gândim puțin la aplicarea unor tehnici de inteligență artificială pentru folosirea acestor informații utile.

Se știe că programele de inteligență artificială necesită multă capacitate de calcul și, de aceea, rularea acestor programe se face în instalații de calcul complexe. Din nou, accesibilitatea hardware-ului disponibil în prezent schimbă complet situația. Inteligența artificială, ramură a științei computerelor, a înregistrat recent câteva succese importante care i-au creat publicitate deosebită. Tehnica centrală, utilizată în obținerea acestor succese, este utilizarea unei baze de

cunoaștere, construită cu abilitate. Bazele de cunoștințe, spre deosebire de bazele de date, sunt o colecție de date și de programe care utilizează un set de reguli fixe de care permit tragerea unor concluzii.

Data fiind o bază de cunoștințe pentru informațiile din câmpul de luptă, respectiv o bază în care relațiile care țin de utilizarea sa sunt conținute în ea, putem spune că însuși sistemul poate avea acces la cunoștințele semantice și le poate folosi pentru a-și menține integritatea și deci de a respinge o încercare de distrugere.

De fapt, o dată stabilite relațiile, ele oferă un mecanism mai puternic decât simpla respingere. Ele permit și capacitatea de abstracție a informațiilor, care duce la capacitatea de a fuziona noile date care intră în sistem la orice nivel abstract. Să abordăm puțin acest proces de abstracție prin exemple.

Să presupunem că baza de cunoștințe a introdus anterior informațiile provenite dintr-un raport primit la ora 5.50 cum că au fost reperate 3 tancuri în locația A. Baza de cunoștințe va înregistra 3 obiecte tip tanc localizate pe coordonatele A la ora 5.50, reprezentate printr-o structură logică în memoria computerului. Să presupunem că un al doilea raport de la o altă sursă afirmă că la ora 6.00 au fost reperate 2 tancuri în poziția A. Deși nu știm dacă aceste tancuri se află în mișcare sau dacă, dintr-un motiv sau altul, cei 2 observatori au văzut un număr diferit de tancuri, ceea ce știm este că la ALPHA se află câteva tancuri dis-de-dimineață și această idee rezultă din date. Poate că aceasta este tot ce-i interesează pe utilizatorii sistemului de informații. Acum, un alt raport care afirmă că s-a produs o explozie nucleară la A la 5.40 este suspect, deoarece aceasta ar însemna că la A există o gaură mare în locul tancurilor raportate de cele 2 surse. Această posibilitate de a forma modele abstracte ale unei situații și de a filtra informațiile care vin este un aspect important fiind ținta cercetării unor proiecte avansate sponsorizate de armata americană printre care se numără și proiectul HEARSAY.

În esență, sistemul HEARSAY este un sistem de înțelegere a vorbirii, care recunoaște vorbirea umană cu un vocabular limitat, utilizat la mișcările pe tabla de șah. Ceea ce vrem să scoatem în evidență este modul în care sistemul ia deciziile prin intermediul unui proces pe care-l numim fuziunea informațiilor. În acest proces, recunoașterea se face în cooperare cu 3 baze diferite de cunoștințe "expert". Prima bază este un expert acustic- fonetic, care determină posibilele sunete ale limbii din semnalul de vorbire al vorbitorului. A doua bază este un expert în sintaxă, care determină posibila ordonare a cuvintelor vorbitorului, similar cu gramatica limbajului la șah. A treia bază este un expert în semantică,

determinând înțelesul cel mai posibil, referitor la starea jocului desfășurat.

Cele 3 baze de cunoștințe, cei 3 experți, au coordonat și furnizat deciziile fiecăruia ajungând la consens asupra celei mai probabile exprimări, cuvânt și mișcare pe tablă. În acest sistem, deciziile inițiale, luate de oricare dintre experți, pot fi retractate în funcție de informațiile de la un altul.

Sugerăm că sistemele de luptă ale anului 2000 vor utiliza această tehnică HEARSAY sau altele similare pentru filtrarea informațiilor și pentru extragerea și fuzionarea informațiilor cu înțeles într-o arie mai mare și în mai multe puncte ale rețelei. Dacă fuziunea s-ar produce la intrarea raportului în sistem, informațiile ar putea fi imediat înlăturate dacă nu corespund, iar părți ale acestora, care se potrivesc și sunt noi, ar putea intra în sistem. Acest proces al filtrării informațiilor este un mecanism puternic pentru reducerea nevoilor de comunicații ale unui sistem de informații în campanie. Este a doua situație de reducere a comunicațiilor prin utilizarea prelucrării sporite, pe care am discutat-o și, posibil, cea mai puternică.

Dar să vedem în continuare dacă se poate utiliza baza de cunoștințe în campanie în alt scop decât de a se menține pe sine?

Având o bază de cunoștințe a informațiilor din câmpul de luptă, o putem folosi pentru a revedea starea câmpului de luptă la orice nivel de abstracție. Astfel, sistemul va putea avea acces la situația din diverse locații precum A. În acest caz, situația pe care o va ști sistemul din exemplul nostru este că, în funcție de timp, s-ar putea să fie acolo câteva tancuri. Ideea de evaluare a situației este foarte utilă, căci relațiile complexe ale elementelor informațiilor se rețin perfect indiferent de stresul operatorilor locali. Oamenii nu și le amintesc la fel de bine în situații stresante. O funcție și mai utilă oferită de baza de cunoștințe este aceea a sprijinului în luarea deciziilor, pentru determinarea alternativelor pentru o anumită directivă. Asemenea mijloace de sprijin ar putea fi folosite la planificarea misiunilor, ca de exemplu, se poate pune următoarea întrebare: "Care este cea mai bună cale pentru o patrulă de 5 oameni ca să ajungă din poziția B în poziția C"? Să presupunem că "cea mai bună" se referă la cea mai sigură cale, ca primă alegere, și la cea mai scurtă cale, ca o a doua alegere. Deoarece calea cea mai scurtă trece prin punctul A, iar sistemul știe că acolo se află câteva tancuri inamice, raportate anterior, rezultă că cea mai scurtă cale este cea mai bună și îi oferă factorului de decizie aceste informații și poate și o cale alternativă.

De remarcat că, funcția de planificare a misiunii necesită capacitatea de evaluare a situației plus criterii suplimentare, cum ar fi înțelesul cuvântului "cea mai bună".

Capacitatea de a face planificarea misiunii necesită o capacitate de rezolvare a jocurilor de război, pentru ca sistemul să poată simula un scenariu (de exemplu: cea mai bună cale). Aceasta permite utilizatorului să evalueze consecințele posibilelor sale comenzi înainte să fie puse în aplicare. Planificarea misiunii sau capacitatea de joc de război devine foarte puternică atunci când alternativele sunt numeroase. Un asemenea sistem poate fi implementat prin intermediul unui set de reguli pentru fiecare joc în parte.

Dificultatea majoră cu aceste sisteme bazate pe reguli este că nu se știe cum se pot adăuga reguli noi și prevedea comportamentul sistemului. Ne interesează aceasta, deoarece un sistem mai evoluat va fi cel care își adaptează baza de cunoștințe după informațiile venite de la utilizator. Spre exemplu, sistemul își poate considera utilizatorul "expert" dacă așa vrea cel care îl utilizează. Acest tip de sistem sugerează un răspuns și permite utilizatorului să aprecieze justetea răspunsului. Apoi, sistemul evaluează utilizatorul și răspunsul acestuia și își îmbunătățește baza de cunoștințe în mod corespunzător. Acest tip de sistem poate fi la început neinstruit și să achiziționeze cunoștințele necesare prin utilizare. Principala barieră pentru care nu există încă soluții practice în cazul acestui tip de sistem este că ar trebui să se poată adăuga reguli noi în sistem și să se facă verificări pentru stabilizarea previzibilității comportamentului acestuia, adică să se verifice coerența întregului sistem. Este bine să fim puțin conservatori în această privință și să nu cerem sistemelor noastre, în analiza imediat următoare, să aibă această capacitate de acumulare de noi reguli sau de învățare, căci se pot îndeplini o mulțime de funcții utile și fără acesta.

Adevărata putere a unui ajutor în luarea deciziilor se manifestă însă în cazul când sistemul de informații aparține unei unități autonome care luptă conform conceptului Bătăliei AEROTERESTRE - 2000 (ALB-2000) și care cooperează cu unități amice învecinate, ale căror sisteme de informații formează împreună, un sistem de informații de campanie cooperant. Acest concept poate fi explicat cu ajutorul unui exemplu al unui tun mobil.

Să presupunem că avem un sistem de 2 tunuri mobile care apără zona împreună. Ambele au un câmp vizual al întregii zone și pot selecta independent ținte pe măsură ce le identifică. Ambele au un număr limitat de informații despre celălalt. Întrebarea este: Cum se hotărăște care din ele trage la apariția țintei la intersecția bătăilor lor astfel încât să fie lovit un număr maxim de ținte cu un număr minim de lovituri și de mesaje de comunicații pe toată durata misiunii? Dacă algoritmul de selecție ar fi automat și dependent de distanță, numărul de lovituri rămase și numărul

de lovituri rămase la celălalt tun, atunci fiecare tun poate fi considerat un clon al celuilalt, iar comportarea celuilalt poate fi prevăzută cu oarecare precizie simulând-o. Baza de cunoștințe a comportamentului vecinului poate fi păstrată de primul tun pentru reducerea necesității comunicațiilor cu vecinul. Se poate vedea că o asemenea bază de cunoștințe este foarte complicat, deoarece tutunurile se deplasează pe câmpul de luptă, iar zona de intersecție se schimbă. În acest mod, putem reduce necesitatea coordonării mesajelor folosind puterea mare de prelucrare.

Întreaga misiune a unităților autonome cooperante poate fi eficientizată cu ajutorul bazei de cunoștințe de campanie, care cere să se facă o planificare mai precisă a misiunii. În acest fel, procedeele de operare standard pot fi urmate cu precizie și toate coordonatele prevăzute pot fi găsite rapid, înaintea misiunii. În cazul unităților autonome, totuși, se pot reface planurile misiunii dacă se întâmplă ceva neprevăzut. Jocul de război poate fi desfășurat rapid cu ajutorul capacității de prelucrare a sistemului, astfel că se poate schimba organizarea luptei din mers.

Accastă posibilitate de realizare dinamică a planurilor pentru evidențierea evenimentelor în curs va face să funcționeze conceptul ALB-2000. Trebuie remarcat că această posibilitate necesită comunicare în anumite momente ale derulării jocurilor de război, dar nu ne putem încă da seama de câtă comunicare este nevoie.

Până acum, am examinat cum se poate îmbunătăți intimitatea dintre utilizator și sistem, permițând sistemului să abstractizeze informații la nivelul dorit furnizând astfel capacitatea de luare a deciziilor. Însă experiența multor ani a arătat că oamenii nu comunică bine prin intermediul tastaturilor și al monitoarelor care folosesc limbaje de comandă specifice sistemului. O îmbunătățire considerabilă în acest domeniu se poate aduce prin aplicarea unei puteri de calcul și mai mari.

Sistemele C3 ale anilor '70 și '80 erau legate cu structura de comandă umană printr-un limbaj de comandă prestabilit, specific fiecărui sistem și care poate conține elemente ale filosofiei operaționale a computerului și a sistemului său de operare. O caracteristică inerentă a acestei interfețe este că lucrează în termeni străini celor ai operării umane și nu tolerează greșeala umană, că e dificil de utilizat în moduri neprevăzute de proiectanți și că poate face puțin în sprijinul procesului de luare a deciziilor cerute de însăși operația tactică. Utilizatorul unor asemenea sisteme trebuie să lucreze cu sistemul în condițiile impuse de acesta, nu de utilizator și, prin urmare, operatorul trebuie să se instruiască special (și costisitor) cu acel sistem. Urmând raționamentul de până acum, sistemele pentru ALB-2000 trebuie să fie

multiplicate, distribuite și să lucreze autonom pentru a putea supraviețui. Atât numărul necesar de personal instruit, cât și necesitatea instruirii locale a personalului se măresc o dată cu distribuția fizică. Orice interfațare specifică a sistemului duce la o instruire dificilă, care afectează capacitatea unui sistem de a supraviețui în situația pierderii unui om din personalul utilizator și capacitatea de a continua operațiile în timpul schimbării personalului.

Credem că aplicarea tehnologiei bazei de cunoștințe poate atenua problema. Acest domeniu de aplicare, pe care-l numim astăzi "interfețe umane foarte prietenoase" este menit să ofere interfață pentru clasa de operații militare pentru care este proiectat sistemul C3. Există 2 abordări diferite care vor oferi acest tip de operație cea a mediilor integrate și cea a limbajelor naturale.

În prima abordare, cuvântul exprimat de operator, un ecran grafic și un panou de comandă (sau tastatură sau mouse) sunt considerate un tot unitar. Cu această integrare, operatorul va putea vorbi, de exemplu, cuvintele "Mută asta acolo!", unde identifică ce vrea să spună prin "asta" și "acolo" punând degetul pe o imagine grafică care reprezintă, să zicem un tanc ("asta") și poziția sa și poziția sa viitoare ("acolo") pe ecranul grafic. Cheia acestei integrări este existența unei baze de cunoștințe care reprezintă înțelesul contextual al cuvintelor ca "asta" referitor la ceea ce s-a produs prin mai multe interacțiuni anterioare cu sistemul și cu operarea în curs, poate în același mod ca și la sistemul HEARSAY.

În cea de a doua abordare, am putea permite utilizatorilor să interacționeze cu sistemele informaționale automate de campanie în condițiile operațiilor militare pe care sunt proiectate să le sprijine, nu cu ajutorul calculatoarelor și al limbajelor de comandă specifice sistemului, care sunt acum în uz. Utilizatorul va interacționa cu sistemul printr-un jargon asemănător de exemplu englezei, asociat cu tipul de operație pe care o sprijină sistemului, indiferent de mediile implicate în interfață. Astfel, jargonul artileristic "Două grade la stânga și apoi tragere de efect!" poate fi înțeles de sistem.

S-au făcut eforturi în domeniul inteligenței artificiale pentru crearea unui limbaj mai natural cu care să lucreze sistemele de computere. Principala barieră în realizarea acestui scop este dificultatea de extragere a înțelesului la intrare, datorită ambiguităților locale ale utilizării limbajului natural. S-au făcut eforturi mari pentru depășirea acestei probleme. S-a făcut puțin pentru investigarea utilității limitării limbajului pentru a-l face mai puțin general astfel încât să fie economic, dar tot natural. În legătură cu crearea limbajului natural, vom încerca să identificăm jargonele operaționale naturale, care pot fi înțelese cu tehnicile existente astăzi.

Putem combina abordarea mediilor integrate cu capacitatea de utilizare a jargoanelor operaționale, astfel încât jargonul să poată fi supus direct sistemului de către utilizator. De exemplu, expresia: "Vreau 3 elicoptere aici la ora 9.00!", creează ordine de deplasare a 3 elicoptere la locația indicată de un semn pe ecran pe coordonatele indicate de cuvântul vorbit "aici". Misiunea: "Vreau 3 elicoptere (să se deplaseze)" este un exemplu de jargon al operațiunilor militare.

Dacă presupunem că se va introduce cu succes sistemul pe care l- am descris până acum, înseamnă că s-a creat o mare problemă de securitate. Baza de cunoștințe de campanie a viitorului va conține nu numai informațiile despre situația câmpului de luptă, dar și posibile strategii care se vor folosi. Oricine este în stare să intre în sistem poate să și joace jocurile de război pe care le conține. Vor fi suficiente metodele convenționale de securitate? Nu dăm un răspuns, dar oferim o alternativă comentată în unele lucrări.

Se apreciază că este realist ca posibilitățile bazei de cunoștințe să fie lărgite pentru a împrumuta stilul de acțiuni care se așteaptă din partea fiecărui utilizator. Adică, am putea construi o bază de cunoștințe care învață, prin acțiunile sale, comportamentul fiecărui utilizator în parte. Aceasta ar putea fi folosită pentru mărirea vitezei de înțelegere de către sistem a ceea ce înseamnă să realizeze utilizatorul și oferă o interfață și mai prietenoasă, ghicindu-i mișcarea următoare.

Accasta îi va permite să folosească sistemul mai rapid și mai criptic. Însă această capacitate poate fi folosită și la asigurarea securității sistemului în modul următor. Dacă tipul de comportament se schimbă brusc, sistemul presupune că are de-a face acum cu o altă persoană și îi cere să se identifice din nou prin mijloacele de care dispune sistemul pentru autentificarea utilizatorilor. Acest tip de recunoaștere a utilizatorului de sistem este importantă mai ales pentru sistemele mici dispersate, unde se poate produce capturarea fizică a unui sistem de către inamic.

În această lucrare am încercat să arătăm efectul prelucrării mai ieftine și mai puternice asupra sistemelor de comandă și control ale secolului XXI. Tragem concluzia că aceste sisteme intensive de prelucrare vor fi foarte rezistente, foarte ușor de utilizat și foarte sigure, deoarece vor folosi informațiile stocate în ele pentru trasarea caracteristicilor dorite. În fine, aceste sisteme vor fi capabile să efectueze evaluări ale situației și să sprijine planificarea misiunilor.

## Bibliografie

1. ANDRIOLE, S. I.: High technology initiatives in C3I - 1986
2. BEAUMONT, R.: The Nerves of War - 1987
3. JOINSON, E. E., LEVIS, A. N.: Science of Command and Control - 1988