

Dr. Rohács József

## INFORMATIKAI HÁLÓZATOK ÉS INTELLIGENS ESZKÖZÖK A MODERN HARCÁSZAT ALAPJAI

*Ez a tanulmány a szerzőnek a HM Elektronikai, Logisztikai és vagyongazdálkodási Rt. Innovációs Bizottságában végzett munkája és a Bizottság összesítő stratégiai elemzéseinek a felhasználásával készült. A szerző ezúton is köszönetet mond a támogatásért.*

Az utóbbi két évtizedben jelentősen megváltoztak a harcászat alapelvei, a modern hadviselés szervezési, vezetési és technológiai lehetőségei. Ezen belül alapvető a kontrolelmélet, az információ technológia, a robottechnika és a mikrogépészet terén végbement — szinte forradalmi — változások nyújtotta új lehetőségek kihasználása.

A gyakorlatban ez a digitális katonait, a hálózat alapú harcászatot és robotizálást, mikrorobotizálást jelenti.

Egy kisebb ország, amilyen Magyarország nem engedheti meg magának, hogy jelentős hadsereget tartson fenn. Ezért számára nagyon fontos, hogy kis létszámú, jól felszerelt, gyorsan és hatékonyan alkalmazható, egymással tökéletesen kommunikáló, egymást a feladatok végrehajtásában segítő egységekből álljon. A sajátos geopolitikai helyzetünkől, a szövetségi rendszerünkől adódóan és a modern hadseregtől elvártak szerint a magyar katonai alakulatoknak három fő feladatot kell ellátnia:

- a magyar légtér és az ország területi szuverenitásának a védelme;
- közreműködés a NATO-feladatok ellátásában;
- közreműködés katasztrófa-helyzetek megelőzésében és felszámolásában.

Az első esetben az emberek, a terület, a légtér és a gazdasági, ipari erőforrások, létesítmények védelmét kell megoldani. Ide kell érteni a terrorizmus elleni védelmet és a határőrizeti tevékenységet is. A második feladat a szerződéses partnerekkel való együttműködést, a béketeremtésben és békefenntartásban való részvételt valamint a közös konfliktuskezelést tartalmazza. A harmadik feladat mindenféle természeti, ipari stb. katasztrófa-helyzetben való hatékony közreműködést igényel a megelőzéstől, a helyzet ellenőrzésén, felszámolásán keresztül az utólagos értékelésig.

A vázolt feladatokat csak a modern harcászat lehetőségeinek a minél jobb, minél teljesebb kihasználása jelentheti. Ezért nagyon fontos a modern lehetőségek megismerése, a magyar fejlesztések beindítása, és a nemzetközi feladatmeg-

osztásban minél jobb pozíciók elérése. Azaz a globalizálódó ipari és technológiai-innovációs rendszerbe a lehető legjobb bekapcsolódással biztosítani a magyar kutatási potenciálnak megfelelő helyet.

## ÁTTÉRÉS AZ ÚJ ELVEKRE

A védelmi, biztonsági és a hagyományos értelemben vett katonai feladatok ellátására a katonaságot szinte forradalmian át kell alakítani. Ezen átalakítás kiváltó okait alapvetően a feladatok- és a lehetőségekbeli változások generálják. A feladatok szintjén a változásokat megjelenítik:

- a hidegháború vége, a hagyományos ellenségkép elvesztése, új feladatok kijelölése;
- a béketeremtés és békefenntartás koalíciós feladatainak a felvállalása;
- új feladatok felvállalása, pl. drogsempészet miatt a földi, vagy alacsony magasságban mozgó járművek felderítése, a terrorizmus elleni küzdelemben a felderítés szintjétől való bekapcsolódás, a lokális harcok kezelése;
- a globalizálódó információs rendszerek védelme jeleníti meg.

A problémakör kezeléséhez hozzátartoznak a következő sajátosságok:

- a védelmi kiadások relatív csökkenése — a katonai kutatás-fejlesztés egy részének a polgári és magánintézetekhez kerülése és ezzel párhuzamosan mind a polgári, mind a katonai fejlesztések információs védelmének fokozása;
- felgyorsult műszaki fejlődés, információrobbanás — globalizálódó innováció<sup>1</sup>, éleződő piaci verseny, integrált és hálózatközpontú védelmi rendszerek kialakulása, valós idejű szimulációra és szituációelemzésre épülő döntéstámogatási rendszerek, precíziós fegyverek alkalmazása, nagyfokú automatizálás, új műszaki lehetőségek stb.;
- a fenntartható fejlődés elvének általános elfogadása — a katasztrófa-helyzetek kezelése (a társadalmi, környezeti, ipari tevékenységek miatti katasztrófa-helyzetek kialakulásának kockázatelemzésétől a következmények felszámolásáig) a védelmi tevékenység részévé válik.

A katonai felderítés és védelem a vázolt hatások miatt, jelentős átalakuláson megy át. Ennek a „közkatonát” is érintő hatása, hogy felértékelődik az emberi élet védelme. Ma már a kormányok nem járulnak hozzá olyan, a hazai területektől távol eső béketeremtő és békefenntartó tevékenységhez, melyben súlyosan veszélyeztetik saját állampolgárait, saját katonái életét. Ugyanez vezérli őket a katasztrófa-helyzetek kezelésében is.

---

<sup>1</sup> innováció = kutatás + fejlesztés + mérnöki tevékenység + gyártás.

Az új felderítési, helyzetértékelési és védelmi rendszerek kialakításakor az egyes egyének, a „közkatonák” szintjét érintő változások három területre koncentrálnak:

- az egyéni védelmi felszerelés és fegyverzet tökéletesítése, a túlélési valószínűség növelése;
- az egyén bekapcsolása az integrált információs és döntéstámogató rendszerbe;
- az egyén kiváltása robotok alkalmazásával.

Az információs rendszerek védelmével talán külön is foglalkozni érdemes. Ez lényegében teljesen megújuló feladat. Talán elég csak arra rámutatni, hogy az idő múlásával egyre komolyabban vetődik fel a kérdés, győzött-e a NATO a koszovói harcokban. Közben nemcsak a leelőzhetőnek hitt lopakodó elvesztésre, de — a nyilvánosság számára még kevésbé ismert — információs hadviselésre gondolnak.

A gazdaság és az ipar hagyományos védelme ma már jelentősen túlmutat a korábban legmerészebbeknek titulált elképzeléseknél is. Egyfelől a kutatás-fejlesztés támogatási rendszerének változása miatt egyre több — korábban katonainak tekintett — kutatás átkerül a nyílt, polgári kutatási központokba. Másfelől hihetetlenül felgyorsult a tudományos és technológiai fejlődés. Ezért a megmaradt katonai kutatások fokozottabb védelme mellett jelentősen javítani, fejleszteni kell a polgári kutatás-fejlesztés illetve a teljes innovációs folyamatok ellenőrzését, védelmét.

A lehetőségek változásait leginkább az új tudományos és technológiai eredmények és azok gyors alkalmazása iránti igény jellemzi. Ezen belül talán a legfontosabb az információs hadviselés elvének a megjelenése. A legfontosabb változásoknak a következőket tekinthetjük:

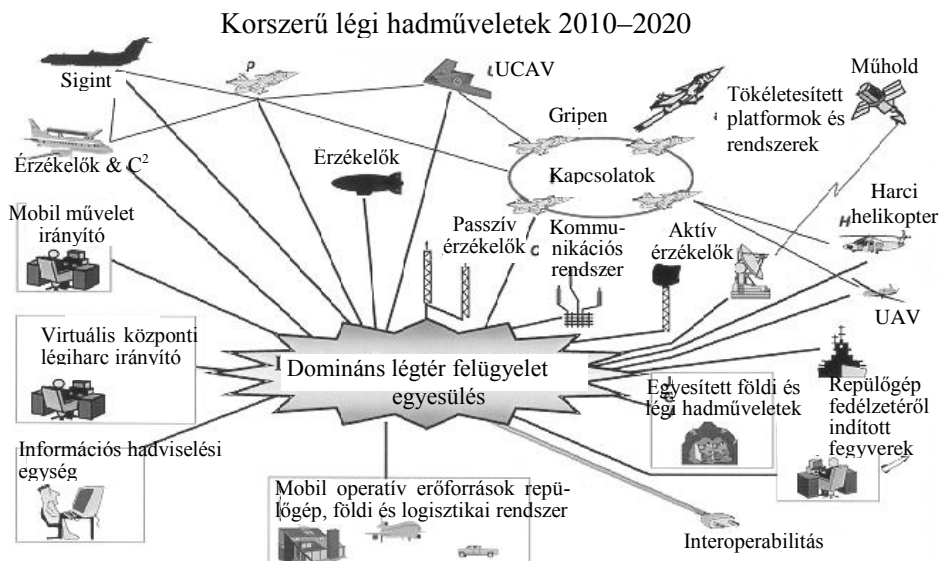
- megkezdődött az áttérés az új elektronikai, digitális, informatikai hadviselésre, védelemre. Ezt elősegítette:
  - a többfunkciós harcászati eszközök megjelenése;
  - a digitális és integrált irányítás;
  - a fejlett információs kapcsolat az egyes harcászati eszközök és az eszközök valamint az irányítási központ között;
  - új döntési, irányítási elvek (pl. valós idejű szituáció-elemzés és szimuláció) bevezetése;
  - intelligens fegyverek megjelenése;
  - az eszközök fajlagos élettartam költségének a jelentős csökkentése iránti igény;
  - a harcoló katona életének maximális védelme, mint követelmény elfogadása;
  - a tudomány és technológia felgyorsult fejlődése.
- újra meghatározták a védelmi rendszerek feladatait:

- a felderítés és információszerzés;
- objektumok védelme (lokális védelem);
- területvédelem (közelharc);
- részvétel a nemzetközi feladatok végrehajtásában (távolharc, azaz harci tevékenység folytatása a saját területtől jelentős távolságra);
- új feladatok, konfliktushelyzetek és katasztrófa-szituációk kezelése.

A változó feladatok és elvárások jelentősen megváltoztatják a védelmi tevékenységet. Példaként megemlíthetjük a harcászati repülőgépek alkalmazásával kapcsolatos tevékenységi rendszer változásait. A repülőgép irányításában megjelentek a tanulékony, adaptív és újra konfigurálható vezérlő-, irányító rendszerek. A tanulékony rendszer például képes igazodni a pilóta pillanatnyi pszichofiziológiai állapotához. Az adaptív rendszerek alkalmazkodnak a változó feltételekhez, pl. a pillanatnyi légköri viszonyokhoz. Végül a rekonfigurálható rendszerek érzékelik a repülőgép esetleges sérüléseit, és a repülőgép vezetését irányító rendszert olyan új formában szervezik újra, hogy a sérült gépet is biztonságosan vezetni lehessen.

Az automatizált irányítás, azaz a kontrorelméleti lehetőségek mellett egy modern harcászati repülőgépnél az információ-feldolgozás, az automatizált döntéselőkészítés, a fegyverzet vezérlése mind automatizált számítógépes rendszerekre van bízva.

Külön figyelmet érdemel, hogy a fejlett digitális rendszerek, szoftverek illetve az információkezelés az eddigi „magányos”, 2–4 gépből álló csoportokban tevékenykedő harci repülőgépeket egy teljes és egységes információs egységbe kapcsolta. Az új repülőgépeknek talán ez a legfontosabb sajátossága. Kiváló a személyek és a gépek közötti adatforgalom, információcsere. Ez a rendszer a gépek között és a gépek valamint a földi irányító központ közötti kapcsolatot egységesíti, és lehetőséget teremt a teljes harcászati tevékenység integrációjára, az összes harci eszköz és az azokat támogató rendszerek összehangolt, egységes irányítás alatti működtetésére. Ezt mutatja a SAAB egyik, a jövő katonai fejlesztési irányait taglaló rövid kiadványából átvett szemléletes ábra (1. ábra). Ez a működtetés a logisztikai tevékenységektől a passzív és aktív érzékelőkön, felderítő eszközökön át a földi, légi, valamint világűrbe telepített összes technikai eszközön keresztül a mobil illetve a központi irányító egységekig mindent magába foglal. Sőt a helyzetek felismerésére, a megfelelő döntések előkészítésére szimulációs laborokat is beépítenek az egységes rendszerbe.



1. ábra. A harcászati tevékenységek egységes, integrált irányítási rendszere

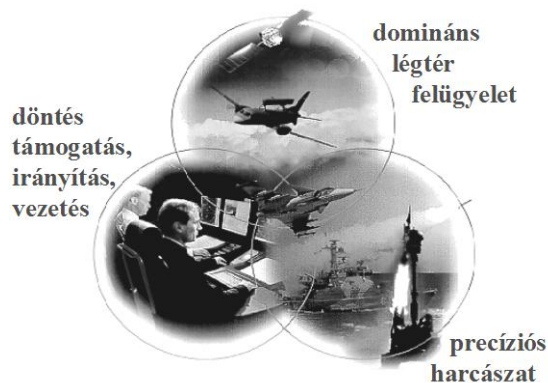
Ma, amikor a globalizáció, a hálózatok, hálózatépítések világát éljük, természetes, hogy új védelmi koncepció a Hálózatközpontú Védelmi Rendszer<sup>2</sup> van kialakulóban. A rendszer fontos tulajdonsága, hogy:

- magas fokon biztosítja a védelmi rendszer egyes szereplőinek és a szövetségi partnereknek az együttműködését, az interoperabilitását;
- a megfelelő információs hálózati elemeken keresztül lehetővé teszi, hogy a rendszerbe az „otthontól” távol, az ún. „úton lévő” repülőgépek is bekapcsolódjanak, vagyis biztosítja a különböző vezetési szintek, fegyvernemek egyidejű összekapcsolását, valós idejű adat és információ cseréjét;
- rugalmasan adaptálódik (alkalmazkodik) a változásokhoz és az új szituációkhoz annak függvényében, ahogy azok fejlődnek.

A rendszer lényegében az egyes végrehajtókig, azaz az individuálisan működő katonáig elér, és a döntések előkészítését, meghozatalát és végrehajtását változtatja meg, lényegében azt automatizálja.

Az egységesített irányítási rendszer megvalósítása lényegében forradalmasítja a honvédelmet. Ennek során tehát a döntést támogató, vezérlő- és irányító rendszert, a meghatározó harcszintek felismerését és a pontos (precíziós) támadást hangolják össze egy egységbe (2. ábra).

<sup>2</sup> Net Centric Defence System (NCDS) — Hálózat központú védelmi rendszer.



2. ábra. A honvédelem integrált rendszerei

A rendszer legfontosabb elemei tehát:

- terület-, légtérfelügyelet;
- jelentősen megváltozott döntéstámogatási, irányítási és vezetési alrendszer;
- precíziós harcászati tevékenység.

Az új védelmi rendszerek legfontosabb sajátosságait pedig:

- a hálózatközpontú védelmi rendszer;
- a valós idejű szituáció és szimulációs elemzésre épülő döntési és vezetési alrendszer kiépülése;
- a jelentős technológiai váltás;
- az árrobbanás–költség–érzékenység tényezői határozzák meg.

Közülük a technológiai váltás megismerése, a várható eredmények előrejelzése, a eredmények alkalmazásával kapcsolatos feladatok kijelölése a jelen innovációs tanulmány célja. Azzal a továbbiakban bővebben foglalkozunk.

Az árrobbanás–költség–érzékenység témaköre talán külön is kiemelendő. A költségeket a megbízhatóság, a bevethetőség, azaz az alkalmazhatóság hagyományos követelményei mellett a tudományos és technológiai eredmények gyors alkalmazása iránti felfokozott igény, a környezetvédelem és a fenntartható fejlődés elvének a teljes elfogadása határozzák meg. Ezért a költségek olyan gyorsan emelkednek, hogy az elfogadhatatlan. A jelenlegi fejlesztési politika sarkalatos pontjaivá válnak az innovációs folyamat kezelése, a piaci igények elsődlegessége, a fejlesztési irányok megváltozása és az ezek következményeként bevezetendő limitárok rendszere.

## A JÖVŐ TECHNOLÓGIAI LEHETŐSÉGEI

A modern harcászat fejlesztési lehetőségeit az elkövetkező 30 évre lényegében három egymást kiegészítő kérdéskör, az új tudományos technológiai eredmé-

nyek, az elvárások és a kapcsolódó hatások determinálják. Ezeket az amerikai védelmi minisztériumban készült hasonló célú anyagok felhasználásával a következők szerint 12 pontban lehet összefoglalni.

A modern harcászat fejlesztési lehetőségei

1. táblázat

I. Új tudományos és technológiai eredmények alkalmazása	
1. Számítástechnika	Exponenciálisan növekvő kapacitás, csökkenő ár, nagysebességű adatfeldolgozás, új számítási feladatok, pl. alakfelismerés, döntéstámogatás megoldása, mikroelektronikai fejlesztések, mikro- és nano-technológia kidolgozása, digitális/analog jelfeldolgozás, párhuzamos számítások, valós idejű modellezés.
2. Információs és kommunikációs technológia	Hálózatok kialakulása, osztott együttműködés, szoftverek fejlesztése, kommunikációs eszközök, geoinformatikai rendszerek és számítások, információs bemutatók, emberközpontú rendszerek, intelligens rendszerek, tervező és döntéstámogató feladatok elvégzése, defenzív és offenzív információs hadviselés.
3. Szenzorok	Elektromágneses (radar, optikai, azon belül a látható, ultrabolya, és infravörös érzékelők), akusztikus (szonár, szeizmikus, vibrációs) vegyi, biológiai, nukleáris, környezeti, érzékelők, adatok előfeldolgozása, mérési frekvencia növelése, mikroérezékelők, csipre szerelt rendszerek.
4. Irányítástechnika	Nagyrendszerek integrált és osztott döntéstámogatói rendszerei, identifikációs módszerek fejlődése, adaptív, újra konfigurálható, tanulékony rendszerek fejlődése, a Fuzzy logika alkalmazása, vezető nélküli járművek, robotok, navigációs, pályakövető és autonom robotok automatikus felderítés, helyzetfelismerés, célfogás, célkövetés, célmegsemmisítés, intelligens robotok, mikro-elektromechanikai rendszerek (MEMS) alkalmazása.
5. Anyagtudomány	Új, számítástechnikai alapokon kifejlesztett anyagok megjelenése, speciálisan a kívánt fizikai-kémiai jellemzőkre tervezett anyagok létrehozása, funkcionálisan adaptív anyagok, szélsőséges viszonyokra, pl. magas hőmérsékletre tervezett anyagok, speciális mágneses, kompozit, energetikai anyagok kifejlesztése, nagy deformációs képességű elektroaktív polimerek, pl. ion-cserélő platánium-membrán kompozit anyagok létrehozása.

6. Energiaellátó rendszerek	Nagyhőmérsékletű, szuperkonduktivitás, új meghajtások, motorok, elektromos meghajtás, pulzáló és rövid ideig ható energia-ellátó rendszerek (akkumulátorok, repülőkerekek, légturbinák, szuperkonduktív mágneses energiátárolók, atomhajtás, atomrobbanó hajtás), energiátárolók, energia újrahasznosítók (újratölthető akkumulátorok, energia-cellák), mikroelektronikai meghajtás, csipre szerelt energiatermelő cellák, közvetlen vagy elsődleges meghajtások fejlődése a rakéták, robotrepülőgépek, járművek számára.
II. Elvárások változása	
7. Gazdaságosság	Árrobbanás, a fejlesztési irányok megváltozása, limitált árak, piaci igények követése, technológiai transzfer szerepe, gazdaságossági számítások, számítási eljárások, módszerek fejlődése, a fejlesztések innovációs folyamatként kezelése, a rendszerelmélet eredményeinek az alkalmazása, az üzemeltetés-elmélet, használat, karbantartás, javítás elméletének a gyors fejlődése, fedélzeti állapotfigyelő és monitoring rendszerek terjedése, önjavító rendszerek.
8. Környezetvédelem	Változás a felfogásban, a tudatos környezetvédelem megjelenése, az életminőség és a fenntartható fejlődés elveinek összekapcsolása, új érzékelők, a környezetterhelés és a környezetváltozások (pl. időjárás) modellezése, aktív szimulációs modellek, felhasznált anyagok kezelése, újrahasznosítása.
9. Biztonságpolitikai változások	A biztonság fogalmának tisztázása, az életminőség védelme, társadalmi, természeti, épített környezeti és műszaki rendszerek okozta hatások elemzése, szimulációja, a hadiipari kutatások részbeni áttétele a polgári kutató-fejlesztő intézetekhez, a biztonsági, az adat- és a technológiai védelem fontosságának növekedése, új információ-technológiai felderítési és védelmi feladatok, módszerek.
III. Kapcsolódó hatások	
10. Hadvezetés	Globális hálózatok kialakulása, a földi, vízi, légi és űrbeli felderítő és szituáció-feldolgozó és az aktív beavatkozó egységek egy rendszerbe való összekapcsolása, hálózatközpontú hadvezetés, valós idejű adatfeldolgozás, szituációelemzés, valós idejű szimulációk a döntéstámogató feladatok elvégzésére, elosztott érzékelő rendszer, integrált, interaktív, automatizált döntéstámogatás, elosztott precíziós beavatkozó és végrehajtó fegyverzet, harcászati eszközök alkalmazása.

11. Humánpolitika	A hadvezetés és a harcászat változó módszerei továbbá a hagyományos oktatás változása, a gyakorlati képzés jelentősége, az interaktív szimulátorok alkalmazása, szoftveralkalmazások oktatása, az általános oktatás céljának, színvonalának változása, nyelveket beszélő, együttműködni képes, az egyéni kommunikációs és információtechnológiai eszközöket használó személyi állományra. A modern harcászati eszközöket magas színvonalon üzemeltetőkre van szükség, megjelent az igény a nem szokványos üzemeltetői problémákat megoldó, a fejlesztési tevékenységet felvállaló szakemberek képzésére, a doktori iskolák felállítására, az életminőség védelme, biotechnológiai, genetikai ismeretek, karrier- és életpálya-lehetőségek ismertetése, egyéni biztonság- és egészségvédelem.
12. Innovációs háttér támogatása	A fejlesztés-kutatás elveinek tisztázása, az innovációs folyamatok értelmezése, a fejlesztési irány megváltozása, automatizált tervezés, integrált mérnöki tevékenység, a modellezés és a szimuláció jelentőségének növekedése, szimulációra alapozott tervezés, ellenőrzés, értékelés, gyors prototípus készítése, gyors gyártástervezés, logisztikai menedzsment, rendszerelméleti alapok alkalmazása, forrás-gazdálkodás, dinamikus tervezés, szimulációs technológiák fejlesztése, új anyagok, technológiák alkalmazása, költségcsökkentés, technológiai transzfer.

Lényegében olyan stratégiai elemző és tervező csoport felállítására van szükség, amely a fenti aspektusokat érintő lehetséges változásokat, kutatási, fejlesztési irányokat, a lehetséges innovációs területeket folyamatosan, 2–4 évente értékeli és meghatározza a hazai innovációs feladatokat.

A vázolt aspektusok lényegében csak a vizsgálandó területek összefoglaló felsorolása. A valóságban ennél összetettebb problémákkal kell megküzdenünk. Ezt mutatja néhány, szinte taláalomra kiragadott fejlesztési irány, vagy példa megnevezése:

- információ-bázisú harcvezetés és CISR<sup>3</sup> — azaz vezetés, irányítás, kommunikáció, számítás, hírszerzés, felügyelet és felderítés;
- „smart” (intelligens) rendszerek és a rendszerek rendszerei;
- intelligens fegyverek;
- robotok, midi, mini és mikrorobotok;
- mini robotok összehangolt működése stb.

<sup>3</sup> Command (Control, Communication, Computing) Intelligence Surveillance and Reconnaissance

## INTELLIGENS RENDSZEREK

Az intelligencia az értelmi felfogóképességet, ítélőképességet jelenti. Valójában az intelligens rendszer egy olyan környezeti hatásokat érzékelő, értékelő rendszer, amely az értékelések alapján a körülményeknek megfelelő, valamely szempontrendszer szerint optimálisnak tekintett beavatkozást, cselekvési sorozatot hajt végre.

Lényegében a tanulékony, az adaptív vagy a rekonfigurálható irányítási rendszerek mind az intelligens rendszerek megvalósítása felé tett lépések eredményei. Ilyen szempontból különösen fontos lehet a fuzzy logika alkalmazása. Ez utóbbi esetben a jó és rossz meghatározása mellett a kicsit jó, kicsit rossz, nagyon jó, nagyon rossz, esetleg indifferens fogalmaknak megfelelő logikai és számszerűsíthető eseményekkel dolgozhatunk.

Valójában az intelligens rendszerek ma még nem jelentenek emberi értelem szerinti rendszereket. A probléma nemcsak az, hogy a gépi rendszerek egyelőre nem rendelkeznek az intuíció és a kreativitás képességével. Ráadásul a mesterséges intelligencia nem képes a valóságos emberi, esetenként „irracionális” döntések meghozatalára. A konstruált rendszerek mindig csak a formális logikát követik.

Egy kissé sarkított példa a formális logikára. A számítástechnika hőskorában megkérdezik a számítógépet melyik óra a jobb, amely nem jár, vagy amelyik öt percet késve jár. A számítógép válasza az volt, hogy az óra a jobb amelyik nem jár, mivel az napjában kétszer pontos időt mutat, miközben a másik soha nem mutat pontos időt. (Természetesen a számítógép arra is megtanítható, hogy a másik óránál öt perc korrekciót — additív hibakorrekciót — alkalmazva már a pontos időt kapják.)

A katonai szempontból használható intelligens rendszereket csak akkor lehet alkalmazni, ha a rendszer méreteit jelentősen csökkenteni tudják, és a mérést, adatfeldolgozást, döntéshozatalt és a cselekvő beavatkozást automatizálják. Az ilyen rendszerek a robotok.

## MIKROROBOTOK

A történelemben a robot kényszerből végzett, fárasztó, ingyen munkát jelentett. A műszaki életben a robot meghatározott feladatok (táv)irányított vagy automatikus (önálló, autonóm) elvégzésére létrehozott stabilan telepített, vagy mozgó szerkezeteket jelent.

A gyakorlatban megkülönböztetünk egyszerű (adott műveleteket végrehajtó), irányított (a kezelő által folyamatosan kontrolált működésű), autonóm (önállóan érzékelőkkel és információ kiértékelő egységekkel felszerelt, a valós információ-

ók birtokában önálló döntések meghozatalára és azok végrehajtására képes), valamint intelligens (a döntéseket nemcsak automatizáltan generáló, a változó szituációkhoz igazodó, tanulékony) robotokat. A robotok méreteinek csökkentésével azok ára, energia-felhasználása, felderíthetősége jelentősen mérsékelhető. Az egyéneket helyettesítő robotok lehetnek normál (1–2 m), kicsi (0,5–1 m), mini (2–20 cm) és mikro (0,1–2 cm) méretűek. A mikrorobotok mozgáskörzete 50 m és 20 km között változik. A mini és mikrorobotokat hordozó eszközök helyezik ki a működési területre.

A katonai robotok fejlesztésével, alkalmazásával kapcsolatosan egyfelől — pl. a robotrepülőkről — jelentős mennyiségű és magas színvonalú szakirodalom áll rendelkezésünkre. Másfelől a mini és a mikrorobotokról inkább ismeretterjesztő információk lelhetők fel a nyílt irodalomban. Az interneten a megvalósítható robotokról többezres nagyságban található cikket, ismeretanyagokat, közleményeket, beszámolókat. Több száz címen vásárolni is lehet mini robotokat. Pl. a <http://www.micropilot.com> weblapon már 5000 dollárért lehet vásárolni egy repülésre kész, színes videokamerával felszerelt, alig 4 kg tömegű mini repülőgépet (3. ábra).



3. ábra. A micropilot EZUAV nevű, kisméretű szabadon repülő modellje videokamerás kivitelben

A DARPA<sup>4</sup> 1999-ben, hároméves 35 millió dolláros projektet kezdeményezett maximum 7,4 cm fesztávú és 50 g-nál kisebb tömegű, minimálisan 16 percig a levegőben szabadon mozgó mikrorepülőgép kifejlesztésére. A gépet a gyalogos katonák utcai harcokban, korlátozott területeken vagy katasztrófa-helyzetek során alkalmazzák. A gépet kézből indítanak, és az a katona előtt repülve felde-

<sup>4</sup> Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) — Védelmi fejlesztéseket kutató program ügynökség

rítést végezne. A gép optikai, vegyi stb. érzékelőkkel is felszerelhető. Az ilyen robotrepülő érzékelheti a dízelmotorok által kibocsátott gázokat, a robbanó anyagok jelenlétét. Készíthet akár infravörös felvételeket is az emberekről, mozgó gépekről. A szakirodalomban az új eszközt „repülő csipnek” nevezték el.

A robotok másik jellegzetes típusa pl. a hangya méretű robotkatona<sup>5</sup>. A robot hátára napelem van szerelve, az látja el energiával. A hangyakatona intelligens érzékelőkkel van felszerelve, és csöppnyi robbanóanyagot is cipel magával. Addig megy előre és kutakodik, amíg a beprogramozott célját el nem éri. Pl. olyan vezetékot keres, melyben érzékelőivel felismeri a digitális adatátvitelt. Az ilyen információs vezetékot aztán felrobbantja. Az ilyen egyszerű, csak egy bizonyos feladat ellátására tervezett robotokat tini robotoknak is nevezik. Hasonló elven készítették már pl. a kábítószer keresésére használható robotkutyákat. Ezek feladata lehet pl. a repülőtereken a csomagok átvizsgálása, és a kábítószer vagy robbanóanyagokat tartalmazó csomagok felismerése, megtalálása. Hazánkban is folynak pl. mesterséges orr kutatások.

A mikro és a robot szó összevonásával kapott szó, a mikrorobot 1 mm-es nagyságú, erősen miniaturizált ún. mikro-elektromechanikai rendszer (MEMS). A mikrobotok képesek tömegesen felfejlődni, és önállóan vagy együttesen összehangoltan támadást intézni a kijelölt és felderített célpontok ellen. Ezeket a mikroeszközöket többféle módon lehet a célterületre juttatni. Alkalmazhatnak nagyobb, azaz mini repülőeszközöket, vagy akár aerosol formájában is kijuttathatók ezek a piciny szerkezetek. A mikrobotok képesek önállóan repülni vagy mászni. Nem véletlen, hogy a szakirodalomban az ilyen eszközöket „smart dustnak” nevezik. Magyarul a smart szónak jó néhány jelentése van. A legismertebb csinos fordítás mellett ez a szó jelenthet csípős fájdalmat, vagy ennek lehetnek a megfelelői a fúrge, eleven, ötletes, szellemes, agyafúrt stb. jelzők is. Ebben az esetben az „okos por” elnevezés tűnik helyesnek.

A nyílt irodalomban is fellelhető szakirodalom szerint a microrobotokat öt éven belül elkészítik és tíz éven belül tömegesen alkalmazzák majd őket. Jelenleg egy mikrorepülőeszköz videó kamerával felszerelve ezer dollár körüli áron állítható elő. A mikrobotok sorozatgyártásakor ugyanilyen költséggel akár több száz vagy ezer robot állítható elő.

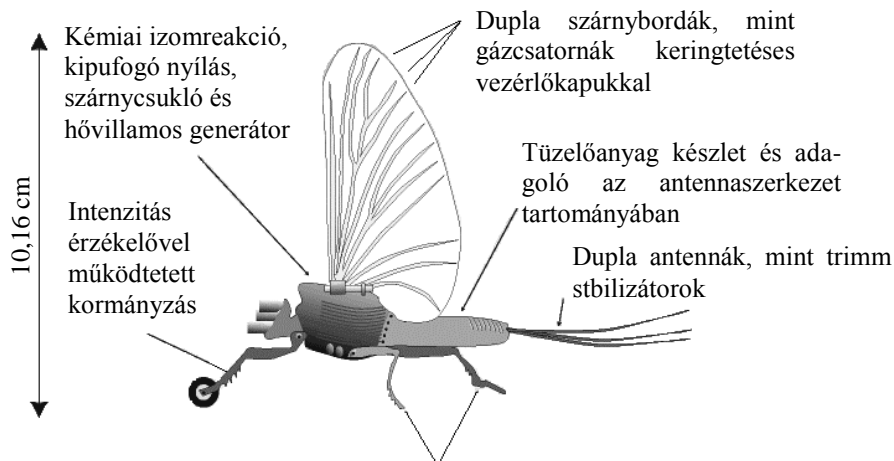
A mikrorobotok megvalósításakor új elvekkkel is foglalkozni kell. A mini és főleg a mikrorepülőgépek például már nem repülhetnek a hagyományosnak nevezhető merev szárnyakkal. Nem csak speciális szárnyakat terveznek, de azok környezetében a cirkulációt sajátosan vezérlik is. Ennek egyik lehetséges módja a szárnyakba épített piciny csövecskéken keresztül kiáramló levegővel a cirkulá-

---

<sup>5</sup> ant sized soldier

ció befolyásolása vagy a szárnyak mozgását, csapkodását biztosító ún „vegyi izom”. A tényleges lehetőségekről és eddigi eredményekről jól tájékozódhatunk a 4. ábra vázlatából.

#### TÖBBRENDELTELTETÉSŰ SZERKEZETEK



A repülésben, széleskörűen elterjedt „kismozdony-felületekkel” felszerelt. Inercia stabilizátor, pót tüzelőanyag készlettel a lábban.

4. ábra. A mikrorobotok lehetőségei a fejlesztők elképzelései szerint

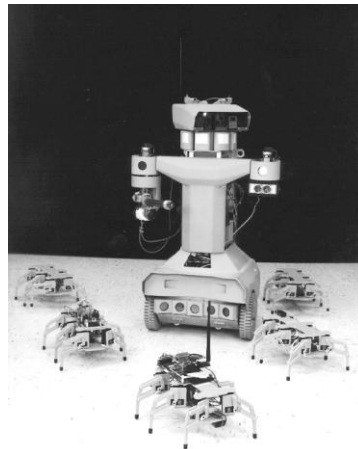
Belátható, hogy a mini és mikrorobotok rendkívüli további fejlesztési lehetőségeket tartalmaznak. Azokkal külön foglalkozni kell.

Különböző fajtájú és feladatú robotokat már eddig is használtak a modern hadviselésben. A légierőnél pl. cirkálórakétákat (Tomahawk), pilóta nélküli eszközöket (Predator, Global Hawk), távirányítású vagy lézervezérelt robotlőszereket, illetve elektromágneses sugárforrásra önrávezetésű intelligens (radargyilkos) rakétákat alkalmaztak. A haditengerészet részére aknakereső és aknarakó víz alatt dolgozó robotokat fejlesztettek ki. A szárazföldi hadsereget kábítószerek, vegyi harcanyagok, robbanóanyagok, aknák felkutatására alkalmas robotkutyákkal igyekeznek felszerelni.

A harci robotok kifejlesztését a már meglévő roboteszközök átalakításával kezdik. Elsőként a már meglévő és hatékonyan működő pilóta nélküli repülőeszközöket alakítják át harci, vagyis fegyverzetet hordozó, azokat intelligensen használó robotokká. Az amerikai mellett a francia ipar is élen szeretne járni a harci robotok kifejlesztésében. A Dassault vállalat már létrehozta a „Petit-Duc” nevű pilóta nélküli légi harci robotot, és dolgozik annak továbbfejlesztett „Moyen-Duc” változatán. A jövőre tervezett repülési kísérletek után a légi harci robotok az évtized végére már hadrendbe is állítható az Európai Unió euro-hadseregében.

A légi robotokat követik a haditengerészet számára kifejlesztett vízi robotok, majd a szárazföldi haderőnél földi megfigyelő, felderítő, páncélvadász, légvédelmi, aknarakó, aknamegjelölő harci és harctéri támogató robotok, valamint logisztikai, ellátó, mentő, javító robotok megjelenése. Valószínű, hogy a világűrbe csak utolsóként fognak harci robotokat telepíteni, melyek a felderítő feladatok ellátásán kívül alkalmasak lesznek űreszközök és az atmoszférán kívül mozgó ballisztikus rakéták elfogására vagy megsemmisítésére.

A modern harcászat egyik fontos fejlődési lehetősége, hogy a harcászati robotokat egy, a robotok mögött haladó központi egységből, irányítsák. Ilyen formán, pl. egy pilóta által vezetett repülőgép fedélzetéről lehetne irányítani 4–10 légi harcászati robotrepülőgépet. Hasonló elképzelések vannak harcoló robotegységek (5. ábra) kialakítására is.



5. ábra. Robot-robot egység

A robotok fejlesztésének új, rendkívüli távlatokat nyitó fejezete lesz a mikro-, sőt a nanorobotok megjelenése. Ezeket a robotokat a mikro- és nanocsipekre szerelt érzékelő, adatfeldolgozó, döntést támogató és automatikus irányításra is alkalmas egységek beépítésével teszik alkalmassá az önálló ellenőrzési, felderítési és harcászati feladatok elvégzésére.

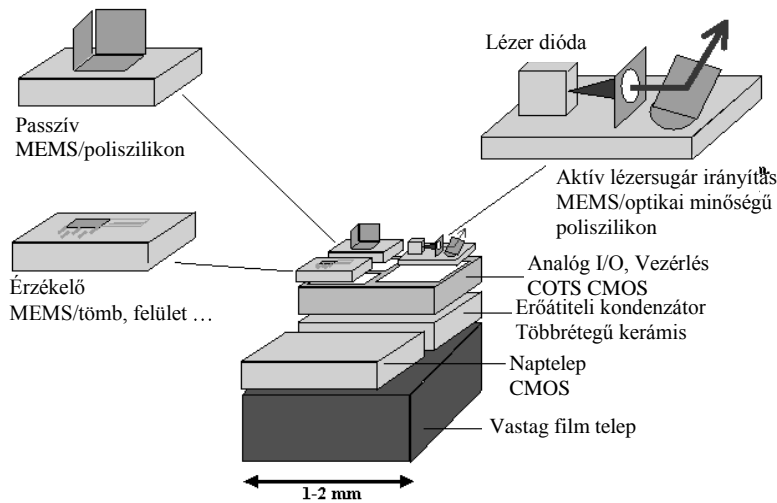
A mikrorobotok fejlesztését az általános részben felvázolt mind a 12 fejlődési terület befolyásolta. A számítástechnika, az informatika és az irányítástechnika új eredményeit alkalmazzák az adatfeldolgozásra és az automatizált döntések kialakítására. A szenzorok sokfélesége, méretének csökkenése, az anyagtudományok és az ún. mikrogépészet fejlődésével együtt eredményezi a mini és a mikrobeavatkozók, -szabályzók megalkotását. A 6. ábra jól mutatja a méretek elsődleges csökkenését.



6. ábra. Mini repülőszervezet és belső felépítése

A továbbiakban a számítástechnikai hardverek gyártására kidolgozott eljárások alkalmazása, az új anyagok, mint az elektroaktív kompozit anyagok valamint a piciny méretek miatt „megjelenő” új tulajdonságok, pl. a néhányszor tíz mikron-nagyságú szilikon elemeknél a kifáradás teljes hiányának a kihasználása nyitja meg a mikro-elektromechanikai rendszerek (MEMS) előtti hihetetlen fejlődési lehetőségeket.

Talán nem véletlen, hogy külön foglalkoztunk pl. az „okos porszemekkel”. A kutatások jelenlegi állása szerint már ez sem illúzió, amint azt a 7. ábra képei is bizonyítják.



7. ábra. Az „okos porszem” szerkezeti felépítése

Az ábrából nemcsak a szerkezeti kialakításra, de az alkalmazott technológiákra is következtetni lehet. Látható, hogy a hordozó szerkezet poliszilikon illetve

kerámia anyagokból készül. A mikroérzékelők adatait analóg formában viszik be a számítógépbe. Az adatfeldolgozás párhuzamos, digitális. Az irányítás automatikusan generált. A kimenet már ismét analóg jel, a beavatkozó szintén mikrorendszer. Az ilyen rendszerek képesek önállóan, szabadon mozogni és cselekedni. Ugyanakkor, a tervek szerint, ezek a piciny szerkezetek a célobjektum felderítésekor képesek rajba, vagy akár egy egységbe is tömörülni és a feladatot közösen végrehajtani. Azaz pl. az egy porszem által szállított robbanóanyag lényegében hatástalan maradna. Több száz, vagy akár ezer mikroeszköz együttes fellépésekor viszont már elegendő lehet a robbanóanyag a célobjektum megsemmisítésére.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A tárgyalatból kitűnik, hogy a modern hadsereg jelentős váltás előtt áll. A váltást alapvetően a társadalmi elvárások és a tudományos technológiai fejlődés generálja.

A modern hadseregre jellemző lesz a hálózatközpontúság, amely az egyszerű gyalogos katona szintjéig minden operátort bekapcsol az automatizált adatfeldolgozásra, a döntési alternatívák valós idejű szimulációs kiértékelésére és automatizált döntésekre képes, robotokkal, mikrorobotokkal felszerelt egységes információs rendszerbe.

Az ilyen rendszerek másik fontos sajátossága, a mesterséges intelligencia megjelenése. Az intelligens rendszerek közül a későbbiekben várhatóan a legnagyobb jelentőséggel az ún. mikro-elektromechanikai rendszerek alkalmazása fog bírni.