

Seres György:

A FEGYVERES KÜZDELEM SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓSMODELLJE

Az 1991-es év fordulópont volt a hadtudomány történetében. Az év első hónapjaiban az Öböl-háború ízelítőt adott a második évezred háborújából (ha még lesznek háborúk a jövő században). Ezt a háborút még sokáig fogják elemezni a világon hadtudományokkal foglalkozó kutatók. Egy tanulságot azonban már ma is le lehet vonni: felül kell vizsgálni a hadtudománynak szinte valamennyi tételét. De legalább ilyen jelentőségű a varsói szerződés megszűnésével és a szovjet csapatok kivonásával előállott új európai helyzetet, amelynek következményei ma még szintén beláthatatlanok a hadtudomány fejlődése szempontjából.

Ha ennek az évnek csak ezt a két eseményét vesszük alapul, már akkor is ki lehet jelteni, hogy a következő években új alapokra kell helyezni a most már önállóvá váló magyar hadtudományt is.

Az új alapok között jelentős szerepet fognak betölteni a fegyveres küzdelem számítógépes szimulációját szolgáló modellek.

Azzal, hogy megszűnt a hagyományos értelemben vett ellenségkép (és ezt nemcsak a magyar kormány vallja, de hasonló nyilatkozatokat tesz igen sok kormány, sőt a NATO is), azok a modellezési módszerek, amelyek az eddig egyértelműnek tartott potenciális ellenfél erőivel és eszközeivel vetette össze a saját erőink és eszközeink állapotát, és a biztosnak tekintett szövetségesek együttműködésével számolt, már nem alkalmazhatóak.

Ha senki sem ellenség és senki sem szövetséges, akkor bárki lehet az. Ennyi ellenséggel és ennyi szövetségessel viszont csak akkor lehet számolni, ha nagyteljesítményű számítógépekkel tudjuk szimulálni az összes számba vehető változatot.

A modellezési eljárás alkalmazásának másik potenciális területe a Magyar Honvédség új, korszerű fegyverzeti rendszerének kialakítása. Ha valóban szuverének és függetlenek akarunk maradni a jövőben, akkor az új fegyverzeti és vezetési rendszerek beszerzése előtt - mielőtt még az ehhez szükséges anyagi fedezettel is rendelkezni fogunk - objektív és egzakt módon kell megalapozni azok kiválasztását. Ez a nemzetgazdaságot jelentős mértékben megterhelő feladatot nem szabad szubjektív döntésektől függővé tenni. Csak egy új harckocsi vagy repülőgép elhibázott rendszerbeállítása is egy-két évtizedre meghatározhatja hadseregünk ütőképességét és, nem utolsósorban, a hadsereg gazdálkodását.

Ha a világon igen sok forrásból beszerezhető fegyverzeti és vezetési rendszerek közül a számunkra optimálisat akarjuk kiválasztani, akkor a döntés előtt a tervezőasztalokon igen sok "háborút" kell lefolytatni. Ehhez a munkához is segítséget nyújthat egy harcmodell.

Felmerülhet a kérdés, hogy miért kell nekünk, magyar kutatóknak új modelleket keresnünk, miért nem alkalmazzuk a külföldi kutatók e téren elért eredményeit? Ez két alapvető okra vezethető vissza. Az egyik az, hogy a fegyveres küzdelem valóban használható modelljeinek publikálása még mindig csak zárt körben történik a világban. A másik ok pedig az, hogy a legfejlettebb hadtudományi kutatóbázissal rendelkező Egyesült Államok szempontjából a fegyveres küzdelem kérdései egészen más dimenzióban merülnek fel.

A fegyveres küzdelem kibernetikai jellegű rendszerként való leírása teszi lehetővé a kibernetika gazdag módszer- és eszköztárának alkalmazását, amelyek megkönnyítik a különböző feltételeknek megfelelő harcmodellek vizsgálatát és számítógéppel támogatott szimulációját.

A fegyveres küzdelem modellezésével a hazai szakirodalomban alig lehet találkozni - néhány kutató kandidátusi és doktori értekezése kivételével.

EGY EGYSZERŰ HARCMODELL

A fegyveres küzdelem általános modelljének megalkotása igen bonyolult feladatot jelent. Még egy korlátozott szimulációs programhoz szükséges, dinamikus matematikai modell is sok kutató többéves munkájával hozható létre. De valamiből ki kell indulni. Ha nem készül el az első, egyszerű szimulációs program, akkor nem lesz - a valóságot egyre jobban megközelítő - második és harmadik sem. Ezért vállalkoztam arra a legkevésbé sem hálásnak tűnő feladatra, hogy kidolgozzak egy egyszerű harcmodellen alapuló számítógépes szimulációs programot.

A Honvédelem, 1990. évi 2. számában megjelent "Mérhető-e az *elégleges védelem*?" című cikkben ajánlott elvek alapján dolgoztam ki egy egyszerű, dinamikus matematikai modellt és egy számítógépes programot, amely egy támadó és egy védő egység, egymás elleni, egy bevetése esetében kialakuló fegyveres küzdelem lefolyását szimulálja néhány egyszerűsítő peremfeltétel mellett.

A paraméterrendszerénél a támadás és a védelem rendszerének olyan elemi egységeit vettem alapul, amelyek viszonylag önállóan képesek támadó, illetve védelmi harctevékenységet - csapás-, illetve ellencsapás-mérést - folytatni. Ezeket a továbbiakban egységnek fogom nevezni. A viszonylagos önállóság alatt azt értem, hogy az egységek a harctevékenységet egy vagy több, jól elhatárolható harci műveletben, saját erőforrásaik felhasználásával hajtják végre, illetve olyan külső erőforrások segítségével, amelyeknek a vizsgált harci művelethez felhasznált értéke egyértelműen meghatározható. Ezeket a harci műveleteket, azok támadó vagy védelmi jellegétől függetlenül, bevetésnek fogom nevezni. (Természetesen, az így definiált egység és bevetés nem egyezik meg a harcászattal vagy a szervezésben alkalmazott egység fogalmával. A vizsgált küzdelem jellegétől függően, jelenthet annál szélesebb, vagy annál szűkebb szervezeti, illetve harci formát is.)

Az alkalmazott harcmodell egyszerűsítő peremfeltételei pedig az alábbiak:

- a be- és a kimenetek adatait és az alrendszerek paramétereit dinamikus, folytonos, determinisztikus egyenletrendszer írja le;
- a küzdelem kialakulásakor a két alrendszer rendelkezésére álló erőforrások már jelen vannak, utánpótlás a harc során nincs;
- a rendelkezésre álló erőforrás-értékek konvertálhatók és valamennyi erőforrás potenciálisan hasznosítható és elveszíthető.

A számítógépes szimuláció segítségével jól szemléltethetőek a fent idézett cikkben megjelölt egyensúlyi állapotok is:

"Mivel a fegyveres küzdelem célja önmaga megszüntetése, a rendszer egyensúlya akkor áll be, vagyis a harc akkor szűnik meg, ha:

- A. Bármelyik alrendszer által elszenvedett veszteségek és a ráfordítások összértéke eléri az adott alrendszer rendelkezésére álló erőforrások összértékét, ezért a kölcsönös harctevékenység megszűnik;*
- B. Bármelyik alrendszer veszteségeinek értéke eléri az általa reálisan elviselhetőnek tartott mértéket, ezért saját harctevékenységét "önként" beszünteti;*
- C. A támadás alrendszere eléri az objektummal kapcsolatos célkitűzéseit, illetőleg olyan mértékű veszteségeket szenved, hogy az objektummal összefüggő feladatait már nem képes végrehajtani, ezért további harctevékenységet nem akar, illetve nem képes folytatni."*

A HARCMODELLBEN ALKALMAZOTT PARAMÉTEREK

A harcmodell kidolgozásánál, a fegyveres küzdelem kibernetikai rendszermodelljének az idézett cikkben bemutatott változatát (1. ábra) és az abban ajánlott paramétereket alkalmaztam (2. ábra).

Eszerint a támadás alrendszerének paraméterei a következők:

- $K(R')$ - a támadás potenciális erőforrásainak összértéke, amely magába foglalja a csapásmérésre és az információszerzésre fordítható erőket és eszközöket;
- α' - a támadás potenciális erőforrás-ráfordítási sebessége, amely kifejezi az időegység alatt csapásmérésre és információszerzésre fordítható erőforrások értékét;

- τ^t - a támadás potenciális időtartama, amely a támadás erőforrásainak hasznosítási idejét fejezi ki

$$\tau^t = \frac{K(R^t)}{\varphi^t}$$

- $K(I+Z)$ - a támadás csapásmérésre és információszerzésre fordított erőforrásainak összértéke;
- φ^v - a támadás ráfordításainak hatásossága, amely kifejezi a támadás egységnyi ráfordítás-értékével a védelemnek okozható veszteség-értéket;

$$\varphi^v = \frac{K(V^v)}{K(I+Z)}$$

- $K(V^t)$ - a támadásnak a védelem alrendszere által okozott veszteség-értéke;
- $K^M(V^t)$ - a támadás még elviselhető veszteség-értéke;
- $K(Z^o)$ - a támadás által az objektum elleni csapásmérésre fordítható erőforrásainak értéke, amely egyenlő az erőforrások összértékének a veszteségekkel és a ráfordításokkal csökkentett értékével

$$K(Z^o) = K(R^t) - K(V^t) - K(I+Z)$$

- T^o - az objektum elleni csapásmérés megkezdésének legkésőbbi időpontja.

A védelem alrendszerének paraméterei pedig az alábbiak:

- $K(R^v)$ - a védelem potenciális erőforrásainak összértéke;
- α^v - a védelem potenciális erőforrás-ráfordítási sebessége;
- τ^v - a védelem potenciális időtartama

$$\tau^v = \frac{K(R^v)}{\alpha^v}$$

- $K(C+B)$ - a védelem beavatkozásainak összértéke;

$$\varphi^v = \frac{K(V^v)}{K(I+Z)}$$

- φ^v - a védelem ráfordításainak hatásossága
- $K(V^v)$ - a védelem veszteségeinek összértéke;
- $K^M(V^v)$ - a védelem még elviselhető veszteség-értéke.

A harcnak a modellben alkalmazott legfontosabb paraméterei:

- $K(V^o)$ - az objektum veszteségeinek összértéke;
- τ^k - a harc potenciális időtartama, amely a támadás és a védelem potenciális időtartama közül a kisebb

$$\tau^k = \min\{\tau^v, \tau^t\};$$

- t^k - a harc tényleges időtartama

$$t^k \leq \tau^k.$$

A hivatkozott kibernetikai modell és a fenti paraméter rendszer alkalmazásával, valamint a Lanchester féle harcdinamikai egyenlet [*Matematika a harcban. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1966. 66. oldal*] felhasználásával kidolgoztam a fegyveres küzdelem egyszerűsített matematikai modelljét.

A MATEMATIKAI MODELL ALAPEGYENLETEI

A fegyveres küzdelem egyszerűsített - a felsorolt korlátozásokkal és peremfeltételekkel érvényes - matematikai modelljének differenciálegyenletei közül, a bizonyítás mellőzésével, csak a legbonyolultabbat, a támadás és a védelem pillanatnyi veszteség-értékeit kifejező egyenletrendszert mutatom be.

A támadás és a védelem alrendszerének *pillanatnyi* veszteség-értékét [$k(V^t)$, illetve $k(V^v)$] az alábbi differenciálegyenlet-rendszer írja le a vizsgált esetben:

$$k(V^t) = K(R^t) \operatorname{ch}(t\sqrt{\beta^t \beta^v}) - K(R^v) \sqrt{\frac{\beta^v}{\beta^t}} \operatorname{sh}(t\sqrt{\beta^t \beta^v})$$

Illetve,

$$k(V^v) = K(R^v) \operatorname{ch}(t\sqrt{\beta^t \beta^v}) - K(R^t) \sqrt{\frac{\beta^t}{\beta^v}} \operatorname{sh}(t\sqrt{\beta^t \beta^v})$$

Ahol β^t és β^v a megfelelő alrendszer kisegítő paramétere, amely az egységnyi erőforrás felhasználásával, egységnyi idő alatt a szembenálló félnek okozható veszteség-értéket fejezi ki

$$\beta^t = \frac{\varphi^v \alpha^t}{K(R^t)}$$

illetve

$$\beta^v = \frac{\varphi^t \alpha^v}{K(R^v)}$$

Azzal természetesen tisztában vagyok, hogy ennek a modellnek a gyakorlati alkalmazásához, és a fegyveres küzdelem mennyiségi problémáinak konkrét feldolgozásához ennél sokkal részletesebb, lényegesen több tényezőt és körülményt figyelembe vevő modellre és még igen sok kutató munkájára van szükség, de úgy gondolom, hogy első lépésként ez a megoldás is elfogadható.

A SZÁMÍTÓGÉPES SZIMULÁCIÓS PROGRAM

A vázolt matematikai modell alapján készítettem egy számítógépes szimulációs programot, amely dinamikájában mutatja be a fegyveres küzdelemnek a fentiekben ismertetett, egyszerűsített változatát.

A harc dinamikájának szemléltetésére egy komplex diagramot választottam (3. ábra), amelyen az idő függvényében látható a támadás és a védelem alrendszere erőforrás-értékeinek változása, és a megfelelő határértékek jelölésével értékelhetők az egyensúlyi állapot fent idézett változatainak bekövetkezése.

A diagram a függőleges tengelyen az erőforrás-értékeket, a vízszintes tengelyen pedig az időt ábrázolja. Az egyes alrendszerek erőforrás-értékeinek diagramja két ágon halad. A felső ág a kezdeti erőforrás-értékektől [$K(R^t)$, illetve $K(R^v)$] kiindulva annak csökkenését ábrázolja a veszteségek következtében, az alsó ág pedig a csapásmérésre és az információszerzésre fordított erőforrás-értékek növekedését mutatja.

Az egyes alrendszerek erőforrás-értéke, természetesen, akkor "fogy el", amikor a két ág találkozik egymással. Ez jelzi az idézett egyensúlyi állapotok közül az A. esetnek megfelelő változat bekövetkezését:

"...a rendszer egyensúlya akkor áll be, vagyis a harc akkor szűnik meg, ha:

A. Bármelyik alrendszer által elszenvedett veszteségek és a ráfordítások összértéke eléri az adott alrendszer rendelkezésére álló erőforrások összértékét, ezért a kölcsönös harctevékenység megszűnik;..."

Ebben az esetben a fegyveres küzdelem rendszere saját "öntörvényei" szerint működik, és csak valamelyik alrendszerének teljes megbénulása esetén éri el célját. Ez a valóságban "az utolsó töltényig", vagy, a "kamikáze" elv alkalmazását jelentené, ezért ezzel a modellváltozattal csak elméleti következtetések levonása érdekében célszerű foglalkozni. A diagram mellett látható paramétersor mutatja az egyes erőforrásfajták kiinduló és végértékét, amelyek alapján megállapítható, hogy a "győztes" félnek a harc ilyen jellegű befejezése esetén mennyi erőforrás-értéke maradt a fegyveres küzdelem következő szakaszára, illetve, ha ez éppen a támadás alrendszere, akkor mennyi erőforrás-értéket használhat fel az objektum elleni csapásmérésre $[K(Z^o)]$.

De vizsgálható a diagramok alapján az egyensúlyi állapot bekövetkezésének másik két változata is.

A *B.* változat esetében a harc akkor szűnik meg, ha *"...bármelyik alrendszer veszteségeinek értéke eléri az általa reálisan elviselhetőnek tartott mértéket, ezért harctevékenységet <<önként>> beszünteti..."*

Ennek az esetnek az értékelését a reálisan elviselhető veszteségérték $[K^M(R^t)]$, illetve $[K^M(R^v)]$ szintjét jelző vízszintes határvonal teszi lehetővé. A *B.* eset bekövetkezését az egyes alrendszerek határértékét jelző egyenes és a megfelelő erőforrás-érték diagram felső szakaszának metszéspontja jelenti. Ebben az esetben az a "vesztes" fél, amelyiknél ez a metszéspont az időtengelyen kisebb értéknél következik be.

Ezt a modellváltozatot akkor alkalmazhatjuk, ha ismerjük a két szembenálló fél erőforrásait, azok hatásosságát, harcászati elveit és harceljárásait, és prognosztizálni akarjuk a harc várható kimenetelét.

A harc megszűnésének harmadik változatát a *C.* változat jelenti, amely szerint *"... a támadás alrendszere eléri az objektummal kapcsolatos célkitűzéseit, illetőleg olyan mértékű veszteséget szenved, hogy az objektummal összefüggő feladatait már nem képes végrehajtani, ezért további harctevékenységet nem akar, illetve nem képes folytatni."*

Az objektum elleni harctevékenységgel kapcsolatos elemzést a diagramban az objektum elleni csapásmérés megkezdésének legkésőbbi időpontját (T^o) jelző függőleges egyenes teszi lehetővé.

Ha a támadás erőforrásainak "maradék" - a diagram felső és alsó ágának erőforrás-érték különbsége, amelyet a támadás kezdeti erőforrás-értékét $[K(R^t)]$ jelző pontból kiinduló meredekebb görbe ábrázol - a T^o időpillanatban még nagyobb, mint az objektum elleni harctevékenységhöz szükséges érték $[K^m(Z^o)]$, akkor a támadás elérheti az objektummal kapcsolatos célkitűzéseit. Ha viszont ez az érték kisebb a T^o időpillanatban, mint a szükséges, akkor nem képes elérni ezt a célját.

Ezt a vizsgálatot az "elégséges védelem" egyensúlya mértékének meghatározásakor célszerű elvégezni. Ez esetben a támadás harceljárásainak és erőforrásértékeinek, illetve azok hatásosságának ismeretében meghatározható, hogy a

védelemnek adott hatásossági adatok és harcjeljárások esetén, mekkora erőforrásértékekkel kell rendelkeznie ahhoz, hogy a támadás biztosan elérje az objektummal kapcsolatos célkitűzéseit, illetve még éppen ne legyen esélye azok eredményes megvalósítására.

A szimulációs program Pascal programozási nyelven készült és bármely IBM kompatibilis személyi számítógépen futtatható. Színes monitor használata igen szemléletessé teszi a diagramokat, mivel a támadásra vonatkozó diagramok és értékek kék, a védelemre vonatkozóak pedig piros színnel jelennek meg. Egy-egy "harc" modellezése, az adatbevitellel együtt, csak néhány másodpercet vesz igénybe. A különböző bemenő értékekhez tartozó diagramok képernyőn értékelhetők, vagy ki is nyomtathatók.

A program kezelése nem igényel számítógépes ismereteket. A bejelentkező címkép után egy gombnyomásra megjelenik az alkalmazott jelöléseket magyarázó táblázat (4. ábra). Egy újabb gombnyomásra megjelenik a fegyveres küzdelem kibernetikai modelljét szemléltető ábra, és a program bekéri a megfelelő kiinduló adatokat (5. ábra). Az adatok megadása és - a program által kért jóváhagyása után a képernyőn megjelenik a koordinátarendszer, és megkezdődik a "harc". A diagramok (3. ábra) megrajzolása és értékelése után, újabb gombnyomásra, az adatbevitel ismételhető, vagy a program leállítható.

A fegyveres küzdelem kibernetikai és matematikai modellje alapjainak feltárásán alapuló és a fentiekben bemutatott, számítógépes szimuláció természetesen csak a kezdetet jelentheti az "elégőséges védelem" egyensúlya mértékének meghatározásához. Egy konkrét fegyveres küzdelem részletes és egzakt rendszermodelljének megalkotása még igen sok kutatómunkát igényel, és a megfelelő matematikai leírás után is csak jelentős számítástechnikai támogatással kaphatunk a gyakorlatban használható eredményeket.

Program