



UTILIZAREA MODELĂRII ȘI SIMULĂRII ÎN CERCETARE

USE OF MODELLING AND SIMULATION IN RESEARCH

Lt.col.drd. Viorel CUCU*

Modelarea și simularea reprezintă un instrument puțin costisitor și oferă o gamă largă de avantaje care pot duce la rezultate notabile în domeniul cercetării. Utilizarea sa în domeniul militar reprezintă un mod eficient în testarea și în evaluarea activităților specifice, precum și în instruirea militarilor.

Modelling and simulation represents a less expensive tool and offers many advantages that can lead to significant results in research. Its use in the military field is an efficient way of testing and evaluating specific activities as well as military training.

Cuvinte-cheie: modelare; simulare; cercetare; experimentare.

Keywords: modelling; simulation; research; experimentation.

Orice descoperire științifică presupune la originile sale formularea unei teorii care pusă în execuție prin metode experimentale să poată fi testată. Feedbackul astfel obținut reprezintă o serie de rezultate care pot duce la evoluția teoriei testată prin experiment. Acest proces este cunoscut ca o metodă științifică și joacă un rol important în orice descoperire care presupune un demers științific. Modelarea și simularea în acest context reprezintă puntea de legătură dintre teorie și experiment. Modelul realizat și transpus ulterior în simulare (*instrumentul de simulare*) sunt o expresie a teoriei, iar rularea simulării și colectarea rezultatelor poate fi privită un experiment virtual.

Una dintre întrebările care se pot ridica este în ce măsură rezultatele obținute pot fi considerate „de încredere” dacă sunt obținute într-un mediu simulat sau virtual. Această întrebare apare și după executarea experimentelor în lumea reală, dar răspunsul este substanțial mai dificil pentru experimentele simulate într-un mediu virtual. Un astfel de experiment implică validarea și verificarea instrumentului de simulare folosit (*software-lui de simulare*), precum și modul de construire atât a datelor de intrare (*limitări și constrângeri*), cât și a

celor de ieșire. În orice caz, modelarea și simularea nu este menită să înlocuiască experimentele din lumea reală și nu ar trebui privită ca un substitut pentru experimentările din lumea reală.

Totuși, modelarea și simularea este apreciată în mediul științific, deoarece aceasta oferă perspective suplimentare care sunt de multe ori imposibil de a fi descoperite prin experimente executate în lumea reală.

Pentru a înțelege termenii de bază cu care se operează în domeniul modelării și simulării, voi defini termenii: *model, sistem și simulare*.

Conceptul de *modelare* reprezintă procesul prin care producem un model, acesta fiind o reprezentare a construcției și a modului de lucru a unui anumit sistem de care suntem interesați. Un model trebuie să fie o aproximare a sistemului real, care să includă cât mai multe dintre caracteristicile sale importante, și să nu fie foarte complex astfel încât să nu fie înțeles și să nu-l putem experimenta.

Un model poate fi „un duplicat al sistemului, o reprezentare simbolică (de exemplu, matematică) a sistemului sau sistemul”¹.

În general, un model destinat pentru studii de simulare este un model matematic dezvoltat cu ajutorul software-ului. Astfel, se poate aminti despre modele matematice de tip *deterministic* (unde variabilele de intrare și cele de ieșire sunt valori

*Universitatea Națională de Apărare „Carol I”
e-mail: cuviorel@yahoo.com



fixe), *stocastice* (unde cel puțin una dintre valorile de intrare sau cele de ieșire este probabilistică), *statice* (unde timpul nu este luat în considerare) și *dinamice* (unde timpul este luat în considerare și interacționează cu celelalte variabile)².

Sistemul este caracterizat de o serie de elemente interconectate între ele, care prin funcționarea lor în comun, conduc la realizarea scopurilor propuse.

Sistemele pot fi clasificate în sisteme *deschise* și sisteme *închise*.

Sistemele deschise sunt caracterizate de următoarele caracteristici: ieșirile corespund intrărilor în sistem, ieșirile sunt izolate de intrări sau ieșirile nu au nici o influență asupra intrărilor. Rezultatele acțiunii trecute nu pot comanda acțiunea viitoare într-un sistem deschis.

Sistemul închis poate fi definit ca un sistem cu conexiune inversă care este influențat de comportarea sa anterioară și funcționează ca o buclă închisă și care prin rezultatele acțiunii sale anterioare poate comanda acțiuni viitoare. Astfel, sistemul cu conexiune inversă poate lega în cadrul unei secvențe decizia pentru executarea comenzii, acțiunea propriu-zisă, starea sistemului respectiv precum și informația despre acesta, care la final se poate întoarce la punctul de luare a deciziei.

Simularea este, în sensul cel mai larg acceptat, un instrument prin care putem evalua performanțele unui sistem, existent sau propus, sub diferite configurații care ne interesează pe perioade determinate de timp.

Simularea constructivă, unde oamenii virtuali utilizează sisteme virtuale, este, din punctul meu de vedere, cel mai eficient mijloc de executare a cercetărilor datorită costurilor mici și a rezultatelor foarte eficiente.

În abordarea oricărei cercetări este necesară utilizarea unor *metode, tehnici și instrumente* specifice care să ducă la obținerea unor rezultate valide și credibile.

Metoda reprezintă o modalitate generală de abordare sau de studiere a realității.

Tehnicile reprezintă forme concrete care îmbracă metodele, existând astfel posibilitatea ca aceeași metodă să se realizeze cu tehnici diferite.

Instrumentul este mijlocul cu ajutorul căruia se realizează captarea informației științifice, a datelor necesare în realizarea cercetării propuse, practic fiind mijlocul care se interpune între cercetător și realitatea studiată.

O serie de exemple privind metodele de cercetare sunt: experimentul, observația, analiza documentelor etc.

În studiul pe care îl voi prezenta în continuarea acestui articol, alegerea mea se îndreaptă spre *metoda experimentală*, pe care o consider una dintre cele mai utile metode. *Tehnicile* specifice, care pot îmbrăca această metodă, sunt experimentele de tip: colectiv, demonstrativ, de descoperire, de testare a unor ipoteze sau de sine stătător. *Instrumentul* folosit de tip software, pe care armata română îl are la dispoziție, și poate răspunde cerințelor minimale în desfășurarea unei cercetări este specific *simulării constructive – Joint Conflict and Tactical Simulation (JCATS)* fiind verificat, autorizat și validat de către NATO.

În cadrul unui experiment, indiferent de tehnica specifică pe care o alegem, un rol determinant îl are modul de pregătire și de organizare al acestuia. Activitățile desfășurate în această perioadă constituie baza de plecare a exercițiului.

Sarcinile și responsabilitățile pentru structurile implicate în experiment vor fi integrate într-un document unic, denumit specificațiile experimentului (*EXPEC*) care vor fi elaborate de structura care va planifica activitatea (*SPE*). Elemente din acesta, necesare a fi cunoscute de către participanții la experiment, vor fi sintetizate și incluse în planul experimentului (*EXPLAN*), care dezvoltat pe timpul conferințelor de planificare va constitui documentul după care se va conduce experimentul. Conferințele recomandate sunt în număr de patru: conferința cu specificațiile experimentului (*ESC*), conferința inițială (*IPC*), principală (*MPC*) și finală (*FCC*).

Pe parcursul acestor conferințe este necesară clarificarea rolurilor și atribuțiilor fiecărei celule prezente în experiment.

O propunere de organizare a unui experiment pe celulele minim obligatorii pentru desfășurarea acestuia este prezentată în figura 1.

Executarea unei asemenea activități presupune stabilirea și numitor proceduri care să definească cu precizie fazele experimentului, iar la final să putem aduce la cunoștința comunității științifice rezultatele experimentului realizat (figura 2).

Primele trei faze cuprind documentele de planificare elaborate pe timpul conferințelor de planificare amintite anterior. Atenția mea se va îndrepta spre instrumentul utilizat în desfășurarea unui experiment.

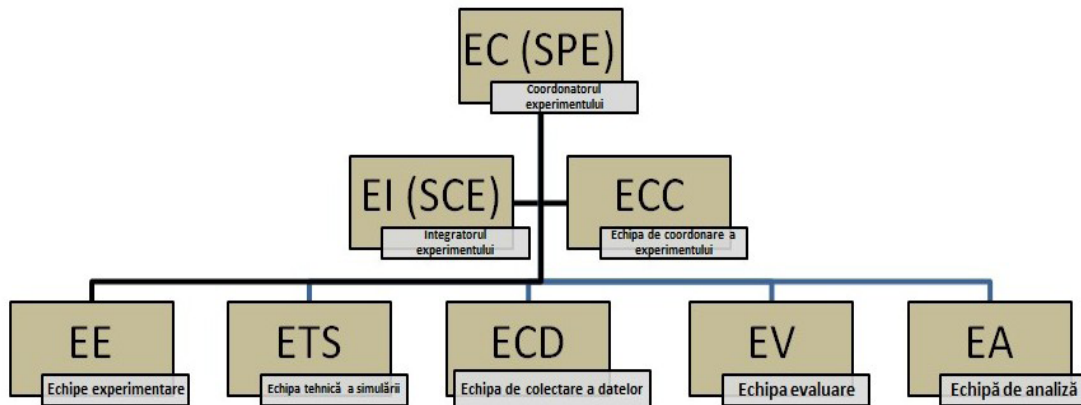


Fig. 1 Organizarea echipei de executare a unui experiment

Faza patru presupune utilizarea instrumentului ales și constă în construirea bazei de date (*mediul sintetic* stabilit prin scenariu și documentele de conducere ale exercițiului).

Utilizarea oricărui instrument în desfășurarea experimentelor trebuie raportat la obiective, ipoteze de plecare, date de intrare și ieșire. Instrumentul ales trebuie să ofere posibilități de modelare a mediului sintetic dorit, iar simularea să ofere informații necesare procesului de

Mediul sintetic definit de faza patru constituie baza de plecare în orice simulare. Prin acesta se înțelege un set integrat de elemente, care definesc *mediul geografic și entitățile* și care operează în cadrul unei aplicații simulate.

*Mediul geografic*³ este definit ca „natura înconjurătoare, condițiile naturale exterioare ale vieții sociale (clima, solul, bogățiile subsolului etc.)”. Raportându-ne la această definiție, se observă că instrumentul folosit în cercetare trebuie să suporte

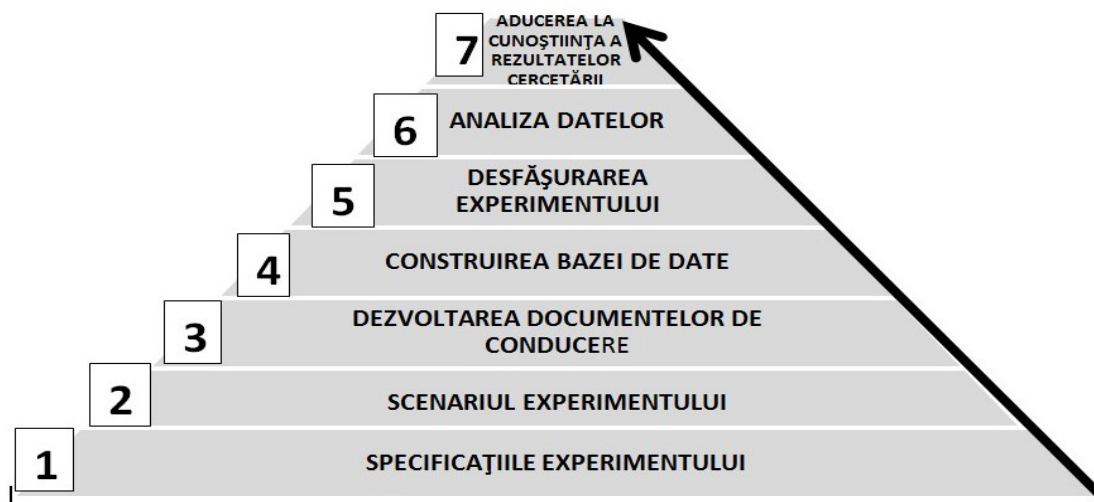


Fig. 2 Algoritm de lucru al experimentului

colectare a datelor. Astfel, înainte de planificarea experimentului este necesară o analiză temeinică referitoare la instrumentul folosit și cunoașterea eventualelor limitări ale sistemului. Obținerea unor rezultate valide depinde de instrumentul utilizat, care, din punctul meu de vedere, trebuie să fie unul calibrat și validat. Utilizarea unui instrument care nu respectă principiile amintite anterior poate conduce la invalidarea rezultatelor.

o serie de condiții ale naturii înconjurătoare.

Din punct de vedere militar, factorii de mediu care afectează operațiile militare trebuie evaluați începând de la analiza condițiilor existente sau prognozate și până la determinarea efectelor mediului în raport cu operațiile desfășurate.

Etapile care stau la baza evaluării mediului de confruntare sunt următoarele⁴:

- analiza mediului de confruntare: terenul,



starea vremii și alte caracteristici (*mediul geografic construit în simulare*);

- descrierea efectelor mediului de confruntare asupra capacității operative a inamicului și a forțelor proprii (*sistemele care operează în mediul geografic construit în simulare*).

O serie de factori care trebuie luați în considerare în evaluarea mediului de confruntare sunt: zonele împădurite, râurile și lacurile (unde lățimea cursurilor de apă, adâncimea acestora, viteza, sunt esențiale), configurația terenului, sistemul de transport, efectele vremii.

Factorii de mediu, obligatorii în evaluarea mediului de confruntare amintiți anterior sunt suportați de editoarele sistemului de simulare constructivă – *JCATS*.

Sistemele care vor opera în mediul geografic obținut pot fi modelate conform caracteristicile tehnico-tactice ale acestora. Utilizarea acestora conform scenariului propus ne poate conduce la experimentarea unor activități din mediul de confruntare real, cu rezultate mulțumitoare.

Un alt aspect ce trebuie avut în vedere când utilizăm modelarea și simularea în activități de cercetare este experiența acumulată în acest domeniu de către personalul participant la activitate. Uneori, neînțelegerea modului de construire a modelelor, utilizarea acestora fără a ține seama de limitările pe care instrumentul folosit le utilizează, poate influența datele obținute.

Ultimele faze ale procedurilor de experimentare propuse constau în simularea propriu-zisă, analiza, evaluarea și aducerea la cunoștință a rezultatelor obținute.

Prin utilizarea unui personal specializat și cu o bogată experiență acumulată în domeniul modelării și simulării, rularea simulărilor se va executa relativ ușor. O etapă dificilă o reprezintă modul de analiză, interpretare și evaluare a datelor obținute. Un rol important în această situație îl are șeful echipei de coordonare al experimentului împreună cu echipele de analiză și de evaluare. Experiența acestora și modul de interpretare a datelor colectate din simulare dau valoare cercetării efectuate. Pentru a fi verificate și validate, este recomandat să fie aduse la cunoștință comunității științifice și experților în domeniu, prin participarea la sesiuni de comunicări științifice organizate în mediul universitar, și nu numai, dar și prin publicarea de articole în reviste de specialitate.

În concluzie, apreciez că utilizarea modelării și simulării de tip constructiv în cercetare reprezintă un instrument util, care poate să ne conducă la o serie de rezultate valide și costuri foarte reduse.

Această lucrare a fost posibilă prin sprijinul financiar oferit prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, cofinanțat prin Fondul Social European, în cadrul proiectului **POSDRU/159/1.5/S/138822**, cu titlul „**Rețea Transnațională de Management Integrat al Cercetării Doctorale și Postdoctorale Inteligente în Domeniile „Științe Militare”, „Securitate și Informații” și „Ordine Publică și Siguranță Națională” – Program de Formare Continuă a Cercetătorilor de Elită – „SmartSPODAS”.**”

NOTE:

1 http://www.edumanager.ro/community/documente/tehnici_de_simulare.pdf, Gheorghe Barbu, Maria Miroiu, *Tehnici de simulare*, http://www.edumanager.ro/community/documente/tehnici_de_simulare.pdf, p. 6.

2 [http://www.inf.utfsm.cl/~hallende/download/Simul-2-2002/Introduction to Modeling and Simulation.pdf](http://www.inf.utfsm.cl/~hallende/download/Simul-2-2002/Introduction%20to%20Modeling%20and%20Simulation.pdf), Anu, Maria, „Introduction to modeling and simulation”, Proceedings of the 1997 Winter Simulation Conference, 7-10 December 1997, Renaissance Waverly Hotel, Atlanta, GA, p. 7. 3, <http://dexonline.ro/definitie/mediu>

4 *Manualul pentru pregătirea informativă a câmpului de luptă*, S.M.G./Cc, Statul Major General, București, 2005, p. 16.

BIBLIOGRAFIE

Manual de evaluare a operațiilor, SMG-60, Statul Major General, București, 2012.

Manualul pentru pregătirea informativă a câmpului de luptă, SMG/Cc, Statul Major General, București, 2005.

Dispoziție privind planificarea, desfășurarea și analiza exercițiilor în Armata României, Statul Major General, București, 2011.

Bi-SC-75-3 „Collective Training and Exercise Directive”, 28 October 2010.

JCATS VISTA(Scenario) Editor, version 12.0, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, California, 2012.

JCATS Terrain Editor User’s Guide, version 12.0, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, California, 2012.

JCATS simBasic, version 12.0, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, California, 2012.