

# PROBLEM ZMIANY PODJĘTYCH DECYZJI W ŚRODOWISKU INTERAKTYWNEJ SYMULACJI ROZPROSZONEJ

*pchor. Bartosz Pacuszka*

*pchor. Przemysław Rodwald*

*Wojskowa Akademia Techniczna  
Wydział Cybernetyki*

## **WSTEP**

Problematyka sytuacji konfliktowych nie jest chyba obca nikomu z Nas. W życiu codziennym z sytuacjami antagonistycznymi można spotkać się niemalże na każdym kroku. Często problemy te są trywialne, nie mniej jednak znakomita ich część stanowi poważne wyzwanie, wyjścia z takich sytuacji nie są oczywiste. Zdarza się i tak, że problem jest na tyle skomplikowany i obejmuje tak wiele zagadnień, że ogarnięcie go wydaje się niemożliwe. Stąd właśnie wywodzi się pomysł stworzenia narzędzi, które pomogłyby w podjęciu najważniejszych decyzji. Dzięki technice komputerowej powstała możliwość symulowania zjawisk rzeczywistych, co stanowi nieocenioną pomoc w procesie analizy różnych zjawisk i wyciągnięciu na podstawie wyników eksperymentów symulacyjnych wniosków co do najważniejszego postępowania w rzeczywistych sytuacjach. Niniejsza praca ma przybliżyć czytelnikowi to zagadnienie z położeniem nacisku na procesy podejmowania decyzji, a w szczególności zagadnieniem wprowadzania zmian we wcześniej podjętych decyzjach. W pracy tej nie ma rozwiązania tego problemu z uwagi na wyjątkową obszerność zagadnienia, nie mniej jednak autorzy pragną przybliżyć czytelnikowi najważniejsze aspekty z dziedziny podejmowania decyzji i pewne nowe tendencje.

## **1. SYTUACJE KONFLIKTOWE**

Sytuacje konfliktowe są integralną częścią naszego życia, a w dziedzinach technicznych często przedmiotem badań i przesłanką dla nowych efektywniejszych rozwiązań. Spotykamy się z nimi ilekroć decydenci mają do wyboru wiele rozwiązań opisanych różnorodnymi preferencjami. Według definicji Słownika Języka Polskiego PWN konflikt rozumiany jest jako zjawisko wyrażające sprzeczność interesów, spór, zatarg, kolizję. Występują tam takie pojęcia jak: konflikt społeczny, zbrojny, polityczny, rodzinny itd.

W literaturze można spotkać się z klasyfikacją konfliktów według różnych kryteriów:

- charakter posiadanej informacji – deterministyczne, niepewne, losowe
- sfera życia – narodowościowe, społeczne, finansowe, militarne.

Szczególne miejsce spośród wszystkich sytuacji konfliktowych zajmuje konflikt militarny.

Wynika to między innymi z następujących czynników:

- szeroki zakres i wielka skala problemu,
- duża różnorodność elementów,
- uwikłane powiązania,
- złożone charakterystyki elementów,
- skąpe źródła miarodajnych informacji,
- losowy charakter zjawisk,
- element zaskoczenia,
- niepewny czynnik ludzki,
- celowe zniekształcenie informacji.

W dalszej części pracy skupimy się więc głównie na tego rodzaju konfliktach.

## **2. FORMALNE UJĘCIE GRY OPERACYJNEJ**

Analizy militarnej sytuacji konfliktowej można dokonać z dwóch punktów widzenia, jako problemu wspomaganie decyzji w trakcie realnego konfliktu, albo szkolenie decydentów w wybranych, często hipotetycznych sytuacjach konfliktowych. Aby dokonać takiej analizy w sposób obiektywny należy dysponować formalnym jej opisem. Najczęściej wykorzystywanym językiem opisu tego typu zjawisk jest teoria gier.

Przyjmijmy więc, że modelem formalnym gry operacyjnej jest trzyosobowa gra:

$$G = \langle \{1,2,3\}, \{S_k\}_{k \in \{1,2,3\}}, \{H_k\}_{k \in \{1,3\}} \rangle$$

gdzie :

- pierwszy i trzeci gracz reprezentują strony konfliktu, zaś drugi gracz reprezentuje naturę (jest to szeroko rozumiane pole walki, warunki meteorologiczne, losowe wyniki starć ogniowych)
- $S_k \quad k \in \{1,2,3\}$  – jest zbiorem strategii gracza  $k$
- $H_k \quad k \in \{1,3\}$  – jest funkcją wypłaty gracza  $k$

Strategie graczy 1 i 3 są podjętymi decyzjami dowódców, określającymi trasy przemieszczenia wojsk i rozdział ognia. Funkcje wypłaty są określonymi rezultatami tych decyzji, obejmującymi poniesione przez walczące strony straty, położenie wojsk po walce, oraz czas realizacji zadań.

### **3. PODSTAWY INTERAKTYWNEJ SYMULACJI ROZPROSZONEJ**

#### *(Interactive Distributed Simulation)*

*Symulacja* - jest rozumiana jako metoda badania lub “naśladowania” systemu rzeczywistego, bądź teoretycznego poprzez zbudowanie jego modelu oraz jego implementacji komputerowej a następnie eksperymentowaniu na modelu i analizie uzyskanych wyników.

*Interaktywna symulacja rozproszona* - taki sposób prowadzenia eksperymentu, w którym użytkownik może wpływać na jego przebieg w trakcie trwania eksperymentu poprzez zmianę parametrów modelu symulacyjnego i który jest realizowany w rozproszonym środowisku komputerowym.

Symulację wprowadzamy w celu badania, analizy, ćwiczenia, nauki lub zabawy. Prowadzenie wojennej gry operacyjnej polega na symulowaniu rozwoju sytuacji konfliktowej z udziałem ludzi, jako uczestników procesu przetwarzania informacji lub podejmowania decyzji w zaistniałej lub hipotetycznej sytuacji, zgodnie z przyjętymi regułami, strategiami i taktyką. Oddanie istotnych zjawisk w ramach przyjętej sytuacji wymaga zastosowania metod i narzędzi informatycznych - gra operacyjna wykorzystuje więc symulację.

Podział symulacji w zależności od metod i algorytmów:

- symulacja ciągła – ciągły upływ czasu symulacyjnego
- symulacja dyskretna – skokowe przyrosty czasu symulacyjnego
  - krokowa – przyrost czasu o stałą wartość
  - zdarzeniowa – czas sterowany chwilami zachodzenia istotnych z punktu widzenia symulacji zdarzeń.

Podział symulacji w zależności od technik realizacji:

- sekwencyjne ( Serial Algorithms)
- równoległa ( Parallel Discret Event Simulation)
- rozproszona ( Parallel And Distributed Simulation)
- interaktywna symulacja rozproszona (Distributed Interactive Simulation)

Najbardziej interesującą nas formą symulacji jest ta ostatnia czyli interaktywna symulacja rozproszona. Nie ulega wątpliwości, iż implementacja takiego środowiska symulacyjnego jest najtrudniejsza, jednakże metoda ta daje największe możliwości przez co jest najwierniejszym sposobem fizycznej realizacji modelu sytuacji konfliktowej.

#### **4. PROCES PODEJMOWANIA DECYZJI**

W sytuacjach konfliktowych, takich jak na przykład konflikt zbrojny jednym z istotniejszych zagadnień jest proces podejmowania decyzji. W przypadku konfliktu militarnego proces ten staje się szczególnie złożony i skomplikowany ze względu na tempo akcji, zmienne warunki meteorologiczne, niepełną, losową wiedzę o charakterystykach tego procesu. Sytuacje konfliktowe wymagają od ich uczestników dużej inteligencji, zdolności przewidywania, odpowiedzialności za podjęte decyzje, wymagają wręcz proroczych zdolności. Jednak nie każdy decydent posiada wyżej wymienione cechy osobowe, można więc ich wspomóc w zakresie przygotowania propozycji decyzji poprzez analizę dopuszczalnych rozwiązań, porównywanie skutków konkretnych decyzji. Podjęcie jednak konkretnej decyzji w warunkach niepewności, a więc w warunkach w których trudno jest przewidzieć zachowanie się otoczenia, czy posunięcie przeciwnika, czy też zmianę warunków meteorologicznych jest szczególnie trudne.

Można przyjąć dwa modele postępowania:

- ◆ pierwszy – polegający na określeniu chwili do której konkretna decyzja ma być zrealizowana, oraz podjęciu jednokrotnej decyzji;
- ◆ drugi – polegający na operowaniu decyzjami wieloetapowymi, podczas których przewiduje się i planuje zmianę decyzji w konkretnych chwilach, lub po zajściu określonego zdarzenia na podstawie obserwacji systemu.

Aby jednak mówić o skutkach konkretnych decyzji musimy określić pewne kryteria oceny podejmowania decyzji. Można więc oceniać konflikty na podstawie funkcji strat, funkcji ryzyka czy też reguł decyzyjnych.

Gdy chcemy zasymulować pewien konflikt zbrojny należy najpierw stworzyć jego model zawierający elementy składowe istotne dla samego konfliktu, oraz powiązania, zależności, relacje między nimi. Po tej części analizy należy opracować metody operujące na bazie tego modelu, służące do wspomagania podejmowanych decyzji. Stworzenie adekwatnego modelu konfliktu jest stosunkowo skomplikowane, między innymi ze względu na niepewne informacje o siłach własnych przeciwnika, oraz także po części o siłach własnych. Model ten można więc nazwać modelem niepewności z wielowymiarowym procesem stochastycznym odwzorowującym sam proces walki zbrojnej. Pełen formalny opis takiego modelu znajdziemy w pracy [1]. Celem jednak tej krótkiej pracy nie jest ukazanie dokładnego opisu matematycznego opisywanego zjawiska, lecz skupienie się nad ukazaniem szerokiego pola możliwości w tworzeniu decyzji, we wspomaganiu decydenta w procesie podejmowania decyzji.

Jak już wcześniej wspomniano, realizację zadania decyzyjnego możemy podjąć jednym ze sposobów:

- ◆ poprzez wielokrotną realizację pojedynczej decyzji, gdzie podjęcie decyzji uzależnione jest od aktualnego stanu systemu i nie zakłada się możliwości modyfikacji raz podjętej decyzji, musi ona zostać wykonana do określonej chwili czasowej;
- ◆ poprzez realizację zadania wieloetapowego, w której każda następną decyzja warunkowana jest rezultatami decyzji wcześniejszej, historią całego procesu, a kolejne decyzje podejmuje się w określonych chwilach czasowych, lub po wystąpieniu pewnych pożądanych, lub nie stanów konfliktu;

Porównując powyższe sposoby realizacji zadania decyzyjnego można dojść do następujących wniosków:

Sposób pierwszy jest znacznie łatwiejszy do implementacji, jednak z punktu widzenia użytkownika gry symulacyjnej - osoby ćwiczącej, daje mały zakres modyfikacji swoich decyzji, raz błędnie podjęta decyzja na konkretnym etapie walki „ciągnie” się za nim do aż do końca konfliktu. I chociaż jest to sytuacja odpowiadająca praktyce ( błędne decyzje na polu walki kończące się śmiercią osób, czy stratą uzbrojenia są raczej nieodwołalne) to jednak na etapie treningu powinna być możliwość „poprawienia się”. Sensownym więc było by zapamiętanie stanu konfliktu przed podejmowaniem kolejnych decyzji i umożliwienie decydentowi powtórzenia procesu decyzyjnego w chwili dużej rozbieżności spodziewanych skutków decyzji od rzeczywistości.

Drugi sposób, a więc realizacja zadania wieloetapowego jest w przypadku konfliktów militarnych bardzo trudny do realizacji, ze względu na dużą złożoność opisu, warunki niepewności itd. Wydaje się, iż w sytuacjach tego typu dużo rozsądniejszym podejściem od tworzenia deterministycznych reguł decyzyjnych jest stworzenia środowiska symulacyjnego w którym możliwe jest wielokrotne powtarzanie eksperymentu symulacyjnego, oraz wykorzystanie sztucznej inteligencji w procesie nauki podejmowania decyzji. Jest to z pewnością dziedzina bardzo perspektywiczna, dająca możliwość podejmowania niekonwencjonalnych rozwiązań i analizowania skutków podejmowanych decyzji z jednoczesnym uczeniem systemu. I o ile sam proces nauki środowiska symulacyjnego byłby z pewnością procesem bardzo czasochłonnym z konieczności wielokrotnego powtarzania gry symulacyjnej ze względu na dużą złożoność samej natury konfliktu zbrojnego, o tyle końcowy efekt w postaci doskonałego środowiska do symulowania konfliktów zbrojnych z nauczycielem mogącym podsunąć najlepsze rozwiązania jest warty uwagi.

## **5. ZAGADNIENIE ZMIANY DECYZJI W INTERAKTYWNEJ SYMULACJI ROZPROSZONEJ**

Podstawowym celem przeprowadzenia eksperymentu symulacyjnego- który rozważamy - jest weryfikacja słuszności podjętych decyzji, którą uzyskujemy poprzez otrzymanie wyników przeprowadzonej symulacji. Docelowym zagadnieniem jest stworzenie systemu który potrafiłby oceniać jakość podjętych decyzji oraz wskazać najlepsze rozwiązania kon-

kretnych sytuacji konfliktowych. Jednakże obecne symulatory gier wojennych dają jedynie decydom uczestniczący w grze możliwość przekonania się o jakości i skuteczności swoich własnych decyzji, których efekty mogą obserwować i analizować w trakcie i po zakończeniu ćwiczenia symulacyjnego. W dotychczas proponowanych grach symulacyjnych gracz mógł podjąć decyzji na początku eksperymentu i biernie śledzić jej skutki bez możliwości ingerencji w sytuację aż do zakończenia realizacji eksperymentu. Jednakże istotą symulacji interaktywnej jest możliwość wprowadzania zmian w podjętych decyzjach w dowolnych chwilach trwania gry zgodnie z wymyśloną przez gracza strategią i w zależności od rozwoju sytuacji w grze. Wymaganie to wydaje się być oczywistym, jednakże stawia nas ono w świetle zupełnie nowych problemów:

- wpływ czasu w trakcie wprowadzania nowych decyzji,
- bezwładność w reakcji środków własnych na zmiany w decyzjach,
- opóźnienia w przekazywaniu decyzji poprzez poszczególne szczeble dowodzenia, wynikające z niedoskonałości systemu łączności oraz z możliwości wystąpień zakłóceń (celowych lub niecelowych),
- fizyczna realizowalność nowych decyzji z uwagi na występujące niedoskonałości techniczne, taktyczne i obiektywne (np. warunki terenowe, pogodowe),
- powtarzalność eksperymentu i adekwatność otrzymanych wyników.

W celu przynajmniej częściowego rozwiązania tych problemów należałoby wprowadzić nowe elementy do opisu gry:

- szczegółowe informacje co do umiejscowienia w symulowanym obszarze prowadzonej gry głównego punktu dowodzenia, w którym znajduje się decydom-gracz,
- dokładny opis systemu łączności i rozpoznania z uwzględnieniem możliwie wszystkich czynników oddziaływania na te systemy.

Opierając się na zawartym w [1] formalnym opisie procesu podejmowania decyzji, można przyjąć w pewnym uproszczeniu, że decyzja ma następującą postać:

$$D(t) = \{ D_i^t = \langle t_{i0}, (w_{i,m}^t, v_{i,m}^t, s_{i,m}^t, x_{i,m}^t, r_{i,m}^t)_{m=1,2,\dots,M_i^t} \rangle \mid i \in J^A \}$$

gdzie:

$D_i^t$  – wektor decydomyjny w odniesieniu do  $i$ -tej jednostki strony A, gdy decyzja podejmowana jest w chwili  $t$ ,

$t_{i0}$  – czas startu jednostki  $i$ -tej,

$w_{i,m}^t$  – wierzchołek sieci opisu terenu Z (dokładny opis sieci terenu Z znajduje się w [1]),  
m.-ty wierzchołek drogi prostej,

$v_{i,m}^t$  – prędkość i-tej jednostki w m.-tym wierzchołku,

$s_{i,m}^t$  - typ ugrupowania i-tej jednostki w m.-tym wierzchołku,

$x_{i,m}^t = (x_{i,m}^t(j))_{j=1,2,\dots,J^B}$  - przydział ognia i-tej jednostki w m.-tym wierzchołku na j-tą jednostkę przeciwnika,

$r_{i,m}^t$  – numer rzutu , w jakim znajduje się i-ta jednostka w m.-tym wierzchołku,

$M_{i,j}^t$  – liczba wierzchołków w drodze i-tej jednostki,

$J^A$  – zbiór jednostek strony A.

Na składowe tego wektora można nałożyć pewne ograniczenia wynikające z niedoskonałości technicznych i taktycznych. Dokładny opis tych ograniczeń znajduje się w [1]. Dla każdej ze stron konfliktu można wyznaczyć zbiór decyzji dopuszczalnych wyznaczony przez te ograniczenia. Autorów pracy najbardziej spośród wszystkich elementów składowych podejmowanej decyzji zainteresował ten dotyczący wyznaczania dróg przemarszu dla jednostek i właśnie to zagadnienie zostanie szerzej rozwinięte w dalszej części.

Aby przystąpić do zagadnienia przemieszczanie jednostek w terenie, w pierwszej kolejności należy zdefiniować i opisać przestrzeń działań. Jako formalny opis terenu, na którym toczony są działania wojenne przyjmujemy zgodnie z opisem w [1] sieć w której występuje graf Berge'a . Wierzchołki tego grafu odpowiadają elementarnym strefom symulowanego pola walki, łuki natomiast reprezentują możliwość przejścia ze strefy do strefy. Taki opis terenu pozwala na wykorzystanie metod z teorii grafów i sieci do wyznaczenia różnych interesujących nas dróg przemieszczania się z uwzględnieniem określonych wymagań i narzuconych ograniczeń. Pozwala on także na łatwą implementację związanych z tym zagadnieniem struktur i algorytmów. Odwołamy się tu do zaimplementowanego w języku ModSim środowiska gry symulacyjnej MSCombat, które powstało w Zakładzie Informatycznych Systemów Wspomagania decyzji. Mianowicie, występują tam pewne obiekty opowiadające jednostkom toczącym walkę. Atrybutami tych obiektów są między innymi:

- wyznaczona droga przemieszczania się zaimplementowana w postaci jednowymiarowej tablicy charakterystycznych punktów drogi, odpowiadających określonym wierzchołkom sieci terenu,
- tablica średnich prędkości przemieszczania się obiektu w strefach odpowiadającym tym wierzchołkom.

Dla tego konkretnego przykładu wprowadzenie zmiany decyzji co do drogi przemieszczania się oddziały polega na określeniu przez decydenta-gracza nowych punktów terenu po których

ma nastąpić przemieszczenie. Obecnie zastosowana procedura umożliwia modyfikację występujących współrzędnych punktów, jednakże nie pozwala na zmianę ilości tych punktów w tablicy. Autorzy tej pracy proponują inną metodę rozwiązania tego zagadnienia. Polegać ma ono na wprowadzeniu przez decydenta-gracza całkowicie nowej drogi bez ograniczeń na ilość nowych charakterystycznych punktów tej drogi. Przewaga tego rozwiązania nad poprzednim jest oczywista. Przy obecnie funkcjonującej procedurze może okazać się, że decydent chce zmienić drogę, dla opisu której potrzeba mniejszej, lub co gorsza większej liczby punktów. W takim wypadku tylko nowa zaproponowana metoda daje możliwość wprowadzenia tej decyzji. Procedura ta została zaimplementowana, a ideę jej działania przedstawia poniższy opis w postaci pseudokodu:

Opis atrybutów obiektu graficznego użytych w poniższej procedurze:

- FollowPath – tablica punktów drogi po której porusza się obiekt
- Translation – aktualne położenie obiektu
- ParrentWindow – okno do którego przypisany jest obiekt graficzny

Opis działania procedury:

Poniższa procedura zmienia istniejącą tablicę punktów drogi obiektu poprzez podstawienie w jej miejscu nowej tablicy z nowo wprowadzonymi punktami. Wprowadzenie punktów do nowej tablicy odbywa się poprzez odczytywanie punktów wskazanych przez użytkownika za pomocą myszy. Podwójne kliknięcie oznacza koniec wprowadzania nowej drogi i jednocześnie zatwierdzenie zmiany.

```
METHOD ChangePath;
```

```
VAR temparray:PointArrayType;
```

```
    i:INTEGER;
```

```
BEGIN
```

```
    NEW(temparray);
```

```
    i:=2;
```

```
    WHILE NOT ParrentWindow.DoubleClick
```

```
        temparray[i].x:=ParrentWindow.ClickX;
```

```
        temparray[i].y:=ParrentWindow.ClickY;
```

```
        INC(i);
```

```
    END WHILE;
```

```
temparray[1]:=Translation;  
DISPOSE(FollowPath)  
FollowPath:=CLONE(temparray);  
DISPOSE(temparray);  
END METHOD;
```

Jednak sama możliwość wprowadzania zmian we wcześniej podjętych decyzjach nie jest wystarczająco satysfakcjonująca. Ostatecznym celem projektowanych gier symulacyjnych w postaci interaktywnych symulatorów jest stworzenie narzędzia, które nie tylko umożliwi sprawdzenie umiejętności strategiczno-dowódczych graczy, ale również pomoże w podjęciu najlepszych (wg różnych przyjętych kryteriów) decyzji. Taki symulator powinien posiadać elementy sztucznej inteligencji. Zadaniem jego byłoby analizowanie sytuacji w grze, strategii przeciwnika oraz możliwości sił decydenta na rzecz którego by działał i na tej podstawie opracowanie prawdopodobnych wariantów dalszego rozwoju sytuacji i wskazania rozwiązań najlepszych. Narzędzie o tak potężnych możliwościach w zakresie procesów decyzyjnych stanowiłoby niezastąpioną pomoc w cyklu kształcenia dowódców jak również w analizie hipotetycznych jak i realnych konfliktów zbrojnych.

#### Literatura:

- [1] Najgebauer A., *Informatyczne systemy wspomaganie decyzji w sytuacjach konfliktowych*, WAT, Warszawa 1999
- [2] Pierzchała D., Rulka J., *DISCOMBAT – interaktywny symulator rozproszony do analizy militarnych sytuacji konfliktowych*, WAT
- [3] Pierzchała D., *Opis implementacji edytora do przygotowania scenariuszy działań bojowych w interaktywnej metodzie symulacyjnego wspomaganie decyzji*, grant KBN nr 0T00a 011 10, Warszawa 1997