

Jarosław **KOSZELA**  
Piotr **WRÓBLEWSKI**  
Angelika **SZYMAŃSKA**  
Roman **WANTOCH-REKOWSKI**

## **PROJEKT I IMPLEMENTACJA MECHANIZMÓW SZTUCZNEJ INTELIGENCJI W ŚRODOWISKU SYMULACYJNYM VBS2**

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono moduł sztucznej inteligencji do symulatora pola walki Virtual Battlespace 2 (VBS2), który usprawnia zachowanie się żołnierzy (botów), na których mają wpływ wszelkiego rodzaju czynniki psychologiczne oraz stres bojowy. Zastosowanie algorytmów zachowań obiektów w środowisku symulacyjnym umożliwia budowanie zaawansowanych scenariuszy. W pierwszej części artykułu przedstawiono główne założenia projektu oraz jego koncepcje. Przedstawiono różnorodne czynniki mające wpływ na zachowanie żołnierzy na polu walki, w szczególności w warunkach stresu bojowego. Zaprezentowano możliwość zastosowania sieci neuronowych. Druga część przedstawia wyniki symulacji z uruchomionym modulem.

**Słowa kluczowe:** sztuczna inteligencja, symulacja, modelowanie zachowań, VBS2.

### **1. WSTĘP**

Dynamiczny rozwój techniki komputerowej zarówno w obszarze sprzętu, jak i inżynierii oprogramowania pozwala na wykorzystanie jej możliwości na coraz szerszym polu, poczynając od rozrywki, kończąc na profesjonalnym szkoleniu. Ostatnie badania naukowe wykazały, że gry komputerowe nie tylko rozwijają koordynację wzrokowo-ruchową, refleks czy zręczność manualną, ale rozwijają umiejętności planowania strategicznego, szybkiego podejmowania decyzji oraz znajomości jej konsekwencji. Bazując na tych badaniach, agencje militarne coraz częściej wykorzystują w trakcie szkoleń gry komputerowe jako symulatory pola walki rozwijające umiejętności żołnierzy i dowódców. Przy tworzeniu scenariuszy ćwiczeń z wykorzystaniem symulatorów wirtualnych ważnym aspektem jest ożywienie obiektów w nich umiejscowionych. W artykule przedstawiono zagadnienia związane z modelowaniem zachowań oraz ich implementacji w środowisku symulacyjnym VBS2. W roku 2001 czeska grupa Bohemia Interactive stworzyła grę komputerową - Operation Flashpoint - pozwalającą użytkownikowi na poruszanie się po wirtualnym polu walki oraz walkę z przeciwnikiem za pomocą rozmaitej dostępnej broni oraz z wykorzystaniem różnych pojazdów. Produkt ten zainteresował amerykańskie agencje militarne, które zaproponowały kontrakt na stworzenie symulatora pola walki przeznaczonego do celów szkoleniowych oraz badawczych. W ten sposób powstał symulator Virtual Battlespace. Dalsze prace nad tym środowiskiem symulacji pola walki zaowocowały wprowadzeniem na rynek cywilny wersji oprogramowania pod nazwą Armed Assault. Oba symulatory dotyczyły działań wojsk najniższego szczebla (od pojedynczego żołnierza do kompanii). W kolejnych latach wydano zmodyfikowane i ulepszone wersje symulatora pola

walki, Virtual Battlespace 2 – dla zastosowań militarnych oraz Armed Assault 2, który jest dostępny na rynku cywilnym.

Istnieje duża różnica pomiędzy symulatorami przeznaczonymi dla rynku cywilnego a tymi przeznaczonymi na potrzeby armii. Problem polega na dostępie do pewnego rodzaju informacji (np. siły bojowej danej broni, czy jednostki). Dlatego producenci symulatorów pola walki często projektują elementy jawne, np. bazy danych, natomiast wypełnienie tych baz tajnymi danymi pozostawiają już specjalistom wojskowym.

Istnieją dwa główne aspekty określające sposób użycia symulatorów pola walki. Pierwszym z nich jest aspekt szkoleniowy, odpowiadający za nauczenie żołnierzy pewnych zachowań na polu walki, naukę obsługi sprzętu wykorzystywanego podczas działań bojowych czy nawet doskonalenie umiejętności dowódczych. Drugim aspektem są badania symulacyjne polegające na dobraniu najlepszego wariantu działania podczas etapu wypracowywania decyzji w procesie planowania lub polegające na badaniu sposobów działania i ewentualnej modyfikacji regulaminu walki czy procedur działania.

Bardzo często podczas projektowania odpowiednich działań symulacyjnych wymagane jest zastosowanie algorytmów z zakresu sztucznej inteligencji [1] [2], dzięki której wirtualni żołnierze zachowują się w sposób zbliżony do zachowania się prawdziwych ludzi. Jednym z największych problemów stworzenia sztucznej inteligencji jest takie jej zaprojektowanie, aby na żołnierza „bota” oddziaływały również wszystkie czynniki psychologiczne mające wpływ na jego skuteczność bojową.

Operacje wojskowe w strefie działań wojennych stanowią źródło stresu. Stres bojowy jest naturalną fizjologiczną reakcją na stresory pola walki, przebiegającą na poziomie biologicznym, psychicznym (w tym silnie angażującym sferę emocjonalną) i społecznym, przez co zmienia się funkcjonowanie ciała i umysłu. Stres jest reakcją na sytuację, którą należy przezwyciężyć, aby efektywnie walczyć. Jest on konieczną częścią żołnierskiej służby, jednakże może być destrukcyjny jeżeli jest zbyt intensywny i trwa zbyt długo.

Symulacja działań bojowych pojedynczych żołnierzy jest jednym z trudniejszych i najbardziej skomplikowanych scenariuszy symulacyjnych pola walki. Czynniki psychologiczne wpływające na zachowanie się żołnierzy w czasie walki nie zawsze odbierane są identycznie i zależą od wielu parametrów, m.in. doświadczenia w walce czy odporności na stres. Dlatego symulacja działań żołnierzy na polu walki powinna uwzględniać różnego rodzaju czynniki i parametry cechujące pojedynczych żołnierzy.

## **2. KONCEPCJA SCHEMATU ZACHOWAŃ OBIEKTÓW W ŚRODOWISKU VBS2**

Model psychologiczny uwzględnia pewne indywidualne cechy żołnierzy, ale również cechy wspólne, które zawsze występują pod wpływem stresu. Dlatego pierwszym etapem w projektowaniu modelu było wyodrębnienie szeregu cech (parametrów), które mają duży wpływ na żołnierza podczas walki [3] [4] [5] [6] [7]. Cechy te sklasyfikowano jako bodźce określające poziom stresu u żołnierza oraz wywołujące różne reakcje. Bodźce podzielone są na cztery kategorie: fizyczne, psychiczne, społeczne i egzystencjalne, do których przydzielono odpowiednie stresory pola walki.

**Tablica. 1. Sklasyfikowane stresory pola walki**

	<b>Temperatura (gorąco, zimno)</b>	
Fizyczne	Brak wody, pożywienia	
	Wysokość	
Fizyczne / Psychiczne	Choroby i urazy	
	Deprywacja snu	
	Zapach	
Psychiczne	Hałas	
	Udział w akcie zabijania (odległość, kobiety i dzieci)	
	Śmierć kolegów	
	Strach przed klęską	
	Sprawienie zawodu kolegom	
	Strach przed zranieniem lub śmiercią	
	Widok zwłok, poranionych ciał	
	Maksymalne skupienie, pełne napięcia oczekiwanie	
	Nienawiść wroga/Wrogość mieszkańców	
	Brak informacji/Niepewność	
	Widok zburzonych, zniszczonych domów	
	Poczucie winy i wstydu	
	Społeczne	Bycie z dala od rodziny i przyjaciół
		Brak prywatności
		Mało przestrzeni dla siebie
Zmieniające się reguły zaangażowania		
Egzystencjalne	Media, opinia publiczna	
	Utrata sensu życia	
	Zmiana wiary	
	Zmiana przekonań, życiowych celów	

Jednymi z najbardziej istotnych parametrów są tzw. czynniki modyfikujące reakcję. To głównie one odpowiadają za określoną interpretację przez żołnierza zaistniałych stresorów pola walki. W zależności od ich poziomu, żołnierz inaczej odczuwa zmęczenie, inaczej wpływa na niego strach czy nawet widok znajdujących się w pobliżu zwłok. Jego poziom stresu jest zupełnie inaczej interpretowany przez niego samego.

**Tablica. 2. Czynniki modyfikujące reakcje**

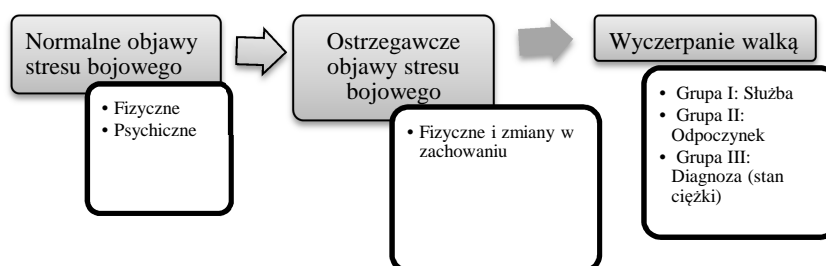
Pożywienie
Kondycja fizyczna
Zmęczenie
Obciążenie
Doświadczenie w walce
Zaufanie do pododdziału
Spójność zespołu i morale
Efektywne przywództwo
Zaufanie do dowódcy
Zaufanie do treningu
Zaufanie do sprzętu
Opieka nad rodziną
Czas trwania operacji
Procedury bezpieczeństwa
Zmiana strefy czasowej / klimatycznej i zaburzenie rytmu okołodobowego
Umiejętność posługiwania się technikami relaksacyjnymi

Ogólna koncepcja modelu określa bodźce (stresory pola walki), które wywołują odpowiednie reakcje u żołnierzy, w zależności od czynników modyfikujących te reakcje. Jednak aby zaimplementować odpowiednio dobry model, takie założenia nie są wystarczające. Na obecnym polu walki często dochodzi do następujących zdarzeń:

- kontaktu ogniowego z przeciwnikiem – bezpośredniego lub pośredniego;
- uszkodzenia pojazdu np. IED, ranni i zabici w pojeździe;
- uszkodzenia innego pojazdu z patrolu;
- ataku kompleksowego: IED i kontaktu z przeciwnikiem;
- widoku rannych i zabitych spośród cywilów;
- spotkania z wrogo nastawionym tłumem;
- użycia broni wobec osób cywilnych;
- braku łączności;
- pokonywania trudnego terenu;
- wyczerpania fizycznego i psychicznego;
- przemieszczania w obszarze o szczególnie wysokim poziomie zagrożenia;
- wypadku drogowego z udziałem lub bez osób cywilnych, z rannymi lub bez, z zabitymi lub bez itp.

Opisane wcześniej bodźce nie określają jednoznacznie zdarzeń zaistniałych na polu walki. Aby możliwe było powiązanie modelu z odpowiednimi zdarzeniami, należy dokonać odpowiedniego przyporządkowania do każdego zdarzenia bodźców jakie są wywoływane.

Indywidualną reakcją na bodźce oddziaływujące na żołnierza podczas walki jest stres bojowy. Jest on interpretowany przez żołnierza jako wyzwanie, utrata czy zagrożenie. Poziom stresu bojowego modyfikowany jest przez wymienione wcześniej czynniki wpływające na reakcje i wywołujące u żołnierza pewne objawy. Objawy podzielono na dwie kategorie – w zależności od wysokości poziomu stresu oraz zagrożenia. Stres bojowy, który trwa długo i jest intensywny może doprowadzić do wyczerpania walką. Terminu tego używa się dla określenia objawów pojawiających się u nowego żołnierza albo u weterana po misji. Objawy mogą pojawiać się zarówno przed, w trakcie jak i po walce. Wyczerpanie walką jest grupą fizycznych, psychicznych i emocjonalnych objawów wywołanych wysiłkiem związanym z walką lub wykonywaniem zadań w trudnych warunkach. Wspólną cechą tych symptomów jest to, że są nieprzyjemne i mogą przeszkadzać w wypełnianiu zadań.



**Rys. 1. Objawy stresu bojowego**

Ponadto reakcja żołnierza, oprócz stresu bojowego, może być wywołana przez dany rodzaj bodźca. Przykładowo, widok ludzi okaleczonych, rozerwanych na kawałki, zmienionych w "różową mgłę", zwłaszcza jeżeli był to kolega, dowódca, przyjaciel, jest bardzo traumatyczny. Im większa identyfikacja z poszkodowanym, tym większe zagrożenie dla własnego poczucia bezpieczeństwa i nienaruszalności. Stopień bliskości, zaufania i odpowiedzialności za śmierć i życie jakiego żołnierza odczuwają wobec siebie nie ma sobie równych. Częstą reakcją na śmierć kolegów jest: szok, niedowierzenie, poczucie winy, wstyd, gniew i tęsknota. Każdy z bodźców wywołuje oddzielną reakcję, która również modyfikowana jest przez indywidualne czynniki.

Oprócz wymienionych reakcji, istnieje również niebezpieczeństwo, że reakcją na dany bodziec jest pobudzenie innego stresora pola walki. Daje to pewien mechanizm zwrotny, który może lawinowo pobudzać kolejne bodźce u żołnierza i czasowo wykluczyć go z walki. Na przykład reakcją na śmierć kolegów może być strach przed śmiercią, strach przed klęską czy nienawiść do wroga. Poniższe tablice przedstawiają wzajemne oddziaływanie bodźców (stresorów pola walki), mające wpływ na skuteczność bojową żołnierzy.

**Tablica. 3. Wzajemne oddziaływanie stresorów pola walki**

Stresor pola walki	Wpływ na pozostałe stresory (wybrane)			
	Brak wody	Choroby, urazy	Maksymalne skupienie	
Temperatura	Choroby, urazy	Maksymalne skupienie		
Brak wody	Choroby, urazy			
Wysokość	Choroby, urazy			
Choroby urazy	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Maksymalne skupienie	Sprawienie zawodu

Stresor pola walki	Wpływ na pozostałe stresory (wybrane)			
				kolegom
<b>Deprywacja snu</b>	<b>Choroby, urazy</b>	<b>Strach przed klęską</b>	<b>Maksymalne skupienie</b>	<b>Strach przed zranieniem/ śmiercią</b>
Zapach	Deprywacja snu	Maksymalne skupienie	Strach przed zranieniem/ śmiercią	
Hałas	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Maksymalne skupienie	
Udział w akcji zabijania	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Maksymalne skupienie (P)	Sprawienie zawodu kolegom
Śmierć kolegów	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Maksymalne skupienie	Udział w akcji zabijania
Strach przed zranieniem lub śmiercią	Deprywacja snu	Maksymalne skupienie	Udział w akcji zabijania	Sprawienie zawodu kolegom
Widok zwłok, poranionych ciał	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Maksymalne skupienie	Udział w akcji zabijania
Maksymalne skupienie, pełne napięcia oczekiwanie	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Udział w akcji zabijania	Sprawienie zawodu kolegom
Nienawiść do wroga	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Maksymalne skupienie	Udział w akcji zabijania
Brak informacji	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Maksymalne skupienie	Strach przed zranieniem
Widok ruin	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Maksymalne skupienie	Strach przed zranieniem
Poczucie winy i wstydu	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Maksymalne skupienie	Udział w akcji zabijania
Bycie z dala od rodziny	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Maksymalne skupienie	Strach przed zranieniem
Brak prywatności	Deprywacja snu	Bycie z dala od rodziny	Maksymalne skupienie	Zmiana przekonań życiowych
Zmieniające się reguły zaangażowania	Deprywacja snu	Strach przed klęską	Udział w akcji zabijania	Sprawienie zawodu kolegom
Media, opinia publiczna	Deprywacja snu	Udział w akcji zabijania	Brak informacji, niepewność	Poczucie winy wstydu
Utrata sensu życia	Udział w akcji zabijania	Maksymalne skupienie		
Zmiana wiary				
Zmiana przekonań	Udział w akcji zabijania			

Najważniejszymi stresorami są stresory fizyczne (oznaczone czcionką pogrubioną). Wykroczenie chociaż jednego z tych parametrów poza normy oznacza wykluczenie żołnierza z walki, a nawet jego śmierć. Stresory te wpływają bezpośrednio na życie i skuteczność bojową żołnierzy, podczas gdy pozostałe mają pośredni wpływ. Warunkiem koniecznym, aby żołnierz był w stanie dalej uczestniczyć w walce, jest zachowanie tych stresorów na odpowiednim poziomie.

Zarówno bodźce, jak i czynniki modyfikujące wpływają tylko na wybrane stresory pola walki. Kondycja fizyczna na wysokim poziomie pomaga żołnierzowi lepiej tolerować wysoką temperaturę, jednak nie ma wpływu np. na odczuwanie przez żołnierza braku wody.

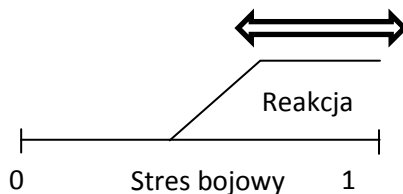
**Tablica. 4. Wpływ czynników modyfikujących reakcję na interpretację stresorów pola walki**

	Temperatura	Brak wody	Wysokość	Choroby, urazy	Deprywacja snu	Zapach	Hałas
Pożywienie	x	x		x	x		
<b>Kondycja fizyczna</b>	x		x	x			
Zmęczenie	x	x	x	x	x	x	x
Obciążenie	x	x	x	x			
Doświadczenie w walce	x		x			x	x
<b>Spójność zespołu i morale</b>					x		
<b>Efektywne przywództwo</b>	x	x	x	x	x	x	x
<b>Zaufanie do dowódcy</b>					x		
<b>Zaufanie do treningu</b>	x	x	x	x	x	x	x
<b>Zaufanie do sprzętu</b>	x		x	x			x
<b>Opieka nad rodziną, „homefront”</b>				x	x		
Czas trwania operacji	x	x	x	x	x	x	x
<b>Procedury bezpieczeństwa</b>				x			
<b>Zmiana strefy czasowej/klimatycznej</b>	x	x	x	x	x		
<b>Umiejętność posługiwania się technikami relaksacyjnymi</b>	x			x	x		

Czynniki oznaczone pogrubioną czcionką są czynnikami stałymi, których wartość świadczy o wcześniejszym przygotowaniu żołnierza, i jego ogólnej sprawności i stosunkach w zespole. Pozostałe czynniki zmieniają się wraz z upływem czasu symulacyjnego.

Koncepcja modelu zachowania się obiektów opiera się na rachunku prawdopodobieństwa oraz elementach logiki rozmytej. Każdy stresor jest inaczej interpretowany przez żołnierzy, jest to uzależnione od wielu czynników psychologicznych

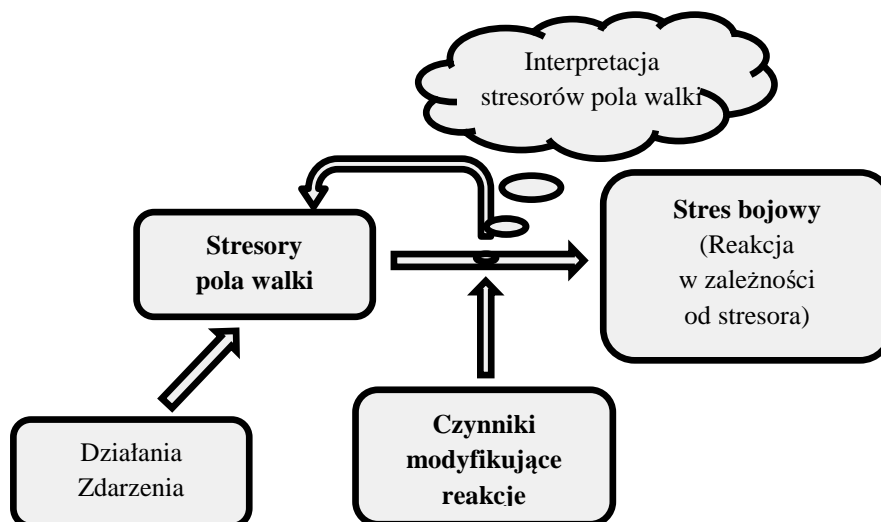
oraz odporności psychicznej danego człowieka na stres. Zaistniałe zdarzenia różnie wpływają na poszczególnych żołnierzy, zmieniając poziom stresu bojowego. W zależności od indywidualnych czynników modyfikujących reakcje, stres będzie miał destruktywny wpływ na żołnierza lub nie.



**Rys. 2. Prawdopodobieństwo wystąpienia reakcji na stresor pola walki**

Istnieje jednak pewne niebezpieczeństwo załamania się koncepcji z powodu "samo napędzania się systemu". Zdarzenie wpływające na pewien bodziec wywołuje kolejny bodziec, a ten z kolei pobudza inny, który w ostateczności podnosi również wartość pierwszego bodźca. Taki efekt jest bardzo niepożądany ze względu na występowanie sprzężenia zwrotnego i doprowadzenie do zwiększenia wartości wszystkich parametrów, a w ostateczności do niesłusznego wykluczenia żołnierza z walki. Dlatego w przypadku oddziaływania jednego bodźca na drugi zastosowano pewien efekt wygasania wpływu. Dzięki temu rozwiązaniu uniknie się ww. negatywnego efektu oraz usprawni działanie modelu.

Efekt wygasania oddziaływania parametrów na siebie oraz na poziom stresu zastosowany jest również po dłuższym przebywaniu pod wpływem danego stresora. Przykładowo - jeżeli zdarzenia „odgłosu strzału” podnoszą poziom stresorów, a te z kolei stresu bojowego, należy wytłumić oddziaływanie stresorów na stres podczas ciągłego ostrzeliwania, gdyż bez tego poziom stresu może osiągnąć 100%, co wykluczy żołnierza z walki. Wszelkie tego typu oddziaływania z czasem są wytłumiane, tak jak żołnierz z czasem przyzwyczaja się np. do hałasu.



**Rys. 3. Schemat zachowania obiektów**

Jako mechanizm definicji zachowania obiektów w środowisku symulacyjnym Virtual Battlespace 2 wykorzystano udostępniony język skryptowy. Skrypty są istotnym elementem podczas tworzenia misji. Pozwalają na budowanie złożonych scenariuszy, efektów oraz



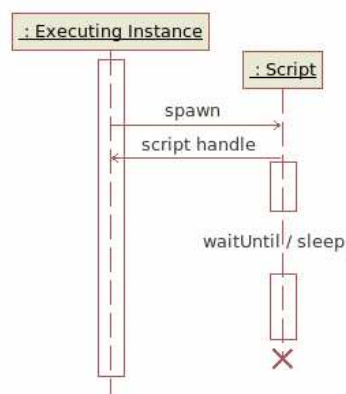
dostosowywanie wielu aspektów tworzonej misji. Za pomocą skryptów można wykonać na przykład symulację ognia artyleryjskiego lub powstanie i rozprzestrzenianie się chmury gazu trującego.

Skrypty mogą być wywołane poprzez wyzwalacze (ang. triggers), pole inicjujące gracza, obiektu lub nawet z innego skryptu (algorytmu). Kod zaimplementowany w skrypcie wykonuje zdefiniowane zadanie obsługiwane przez silnik symulacyjny.

Skrypty mogą być wywoływane za pomocą odpowiednich komend:

- **exec** - tworzy nowy wątek obsługujący skrypt o składni SQS,
- **execVM** - kompiluje skrypt o składni SQF i rozpoczyna wątek dla jego obsługi,
- **spawn** - rozpoczyna wątek dla skompilowanego kodu i zwraca "script handle".

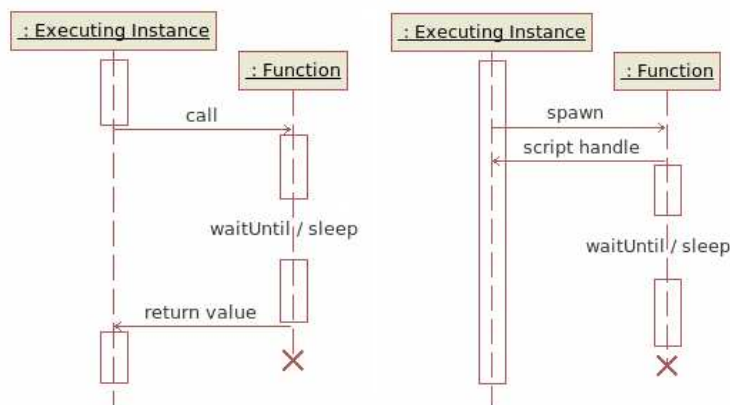
W środowisku symulacyjnym VBS2 skrypt działa równoległe do wykonywanej instancji w swoim własnym wątku. Oznacza to, że wykonywana instancja nie czeka na zakończenie wykonywania się skryptu. Dlatego nie powinno się używać skryptów, jeżeli wymagane jest obliczenie pewnej wartości, która wykorzystywana jest przez kod wywołujący skrypt. W tym celu powinno wykorzystywać się funkcje.



**Rys. 4. Diagram sekwencji przedstawiający wywołanie skryptu**

Funkcja to fragment kodu, który wykonuje odpowiednie zadanie i jest całkowicie zależny od pozostałego kodu..

Funkcje powinny być wykorzystywane zawsze tam, gdzie ważne są wyniki do wykonywania dalszych obliczeń. Wyniki powinny być zwracane w jak najkrótszym czasie, gdyż wstrzymują działanie wykonywanej instancji.



Rys. 5. Diagramy sekwencji przedstawiające wywołanie funkcji

Wywołanie funkcji rozpoczyna się od załadowania jej jako *String* za pomocą komend *preprocessFile* lub *loadFile*. Pierwsza komenda odczytuje i wykonuje zawartość określonego pliku. Druga komenda zwraca jedynie zawartość określonego pliku. Funkcje wywoływane są następnie za pomocą komend *call* lub *spawn*.

```
myFunction1 = compile loadFile "myFunction1.sqf";
myFunction2 = compile preprocessFile "myFunction2.sqf";
_result1 = call myFunction1;
_result2 = [1, 2] call myFunction2;
```

Funkcje wywoływane przez komendę *call* działają wewnątrz wykonującej się instancji, która czeka na wynik zwrócony przez tę funkcję. W odróżnieniu od skryptów funkcje wstrzymują działanie wszystkich innych procesów silnika symulacyjnego do czasu, gdy nie zakończy wykonywania swoich instrukcji. Oznacza to, że funkcje działają znacznie szybciej niż skrypty, a jej wyniki są natychmiastowe i jednoznaczne. Oznacza to również, że jeżeli wykonywanie funkcji trwa zbyt długo, będzie to miało wpływ na płynności działania symulatora.

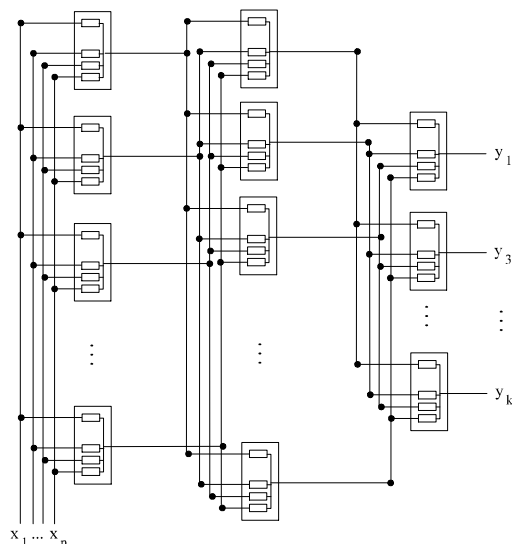
```
myFunction1 = compile loadFile "myFunction1.sqf";
myFunction2 = compile preprocessFile "myFunction2.sqf";
spawn myFunction1;
[1, 2] spawn myFunction2;
```

Funkcje mogą być również wywoływane przez komendę *spawn*, jednak wtedy wyniki funkcji są nieosiągalne, a sama funkcja zachowuje się raczej jak procedura. Wywoływane w ten sposób funkcje będą się wykonywały asynchronicznie lub równoległe do działającej instancji. Takie wykorzystanie funkcji pomaga powstrzymać duże funkcje zajmujące znaczny czas pracy procesora przed wpływem na płynność działania środowiska symulacyjnego.

Alternatywną metodą modelowania zachowań jest wykorzystanie metod i narzędzi sztucznej inteligencji. W tym zakresie możliwe jest wykorzystanie sieci neuronowych [9] oraz systemów eksperckich.

W przypadku sieci neuronowych konieczne jest zbudowanie zbioru uczącego, którego podstawą są przykłady zebrane w trakcie przeprowadzonych badań związanych z czynnikami

wpływającymi na wielkość stresu bojowego. W teorii sieci neuronowych zbiór takich przykładów nazywany jest zbiorem uczącym i jest podstawą uczenia sieci neuronowej. Przykładową strukturę sieci neuronowej wielowarstwowej jednokierunkowej przedstawia poniższy rysunek.



**Rys. 6. Przykład struktury sieci neuronowej wielowarstwowej jednokierunkowej**

Zastosowanie sieci neuronowej umożliwia zbudowanie zależności pomiędzy czynnikami oraz poszczególnymi stresorami pola walki.

Innymi możliwymi do zastosowania metodami są metody regułowe (deterministyczne, stochastyczne, rozmyte) oraz sieci Boolowskie.

### 3. TESTY MODUŁU AI W SYMULATORZE VBS2

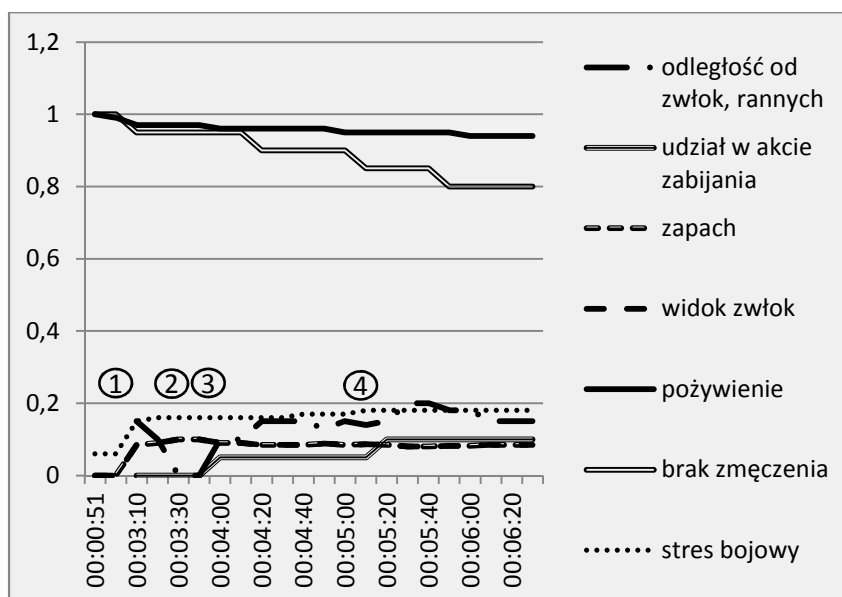
Moduł AI dołączono do symulatora VBS2 w postaci „paczki” skryptów, następnie dokonywano wielokrotnych uruchomień scenariusza w celu pomiaru wartości poszczególnych stresorów pola walki.

Przykładowy scenariusz zakładał, że po drodze pomiędzy wioskami przemieszcza się patrol (dwa pojazdy typu HMMWV). Jeden z pojazdów zostaje uszkodzony w wyniku najechania na minę pułapkę, a następnie patrol zostaje ostrzelany przez ukrytych w pobliżu przeciwników.



**Rys. 7. Założenia scenariusza na potrzeby testów [8]**

Test przeprowadzono w dwóch wariantach. W pierwszym wszystkie parametry zostały ustawione w taki sposób, aby miały jak najmniejszy wpływ na poziom stresu oraz reakcje żołnierzy.

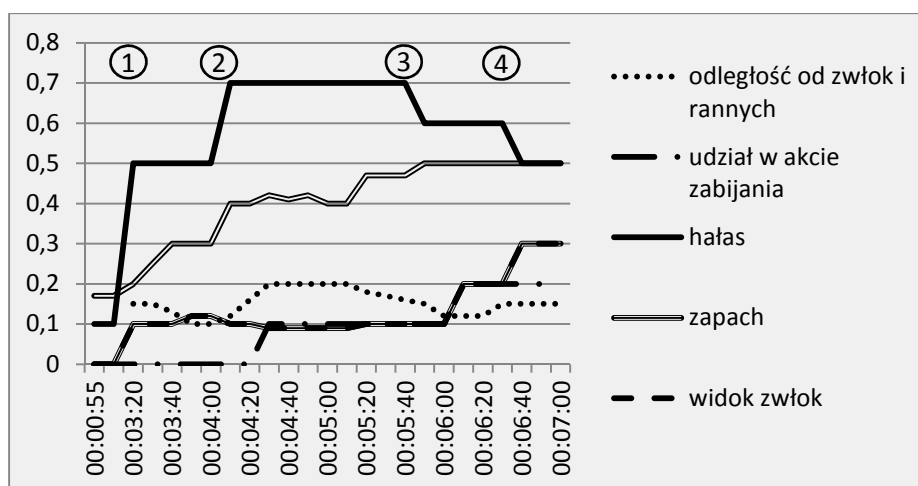


**Rys. 8. Poziom stresorów w zależności od czasu (wariant 1)**

1. Wybuch miny
2. Śmierć kolegi
3. Zabicie przeciwnika
4. Zabicie przeciwnika

Rysunek 8 przedstawia poziom stresorów pola walki zmieniających się w czasie walki. Poziom stresu żołnierzy podniósł się nieznacznie w momencie wejścia grupy w kontakt z przeciwnikiem oraz utrzymywał się na podobnym poziomie do końca symulacji. Wyniki pokazują, że przy niskim wpływie stresorów na poziom stresu żołnierza oraz wysokich wartościach czynników modyfikujących reakcje, żołnierze są odporni na stres oraz reakcje wywołane bodźcami lub poziomem tego stresu. Dzięki temu żołnierze byli skoncentrowani na walce, a ich skuteczność bojowa oscylowała na podobnym poziomie.

Drugi wariant określał już większy wpływ stresorów na zachowanie żołnierzy. Wartości stresorów miały duże znaczenie dla ~~na~~ poziomu stresu, natomiast czynniki modyfikujące reakcję były na dość niskim poziomie, symulującym przemęczenie żołnierzy będących dłuższy czas w boju.



Rys. 9. Poziomy stresorów w zależności od czasu (wariant 2)

1. Wybuch miny
2. Kontakt z przeciwnikiem
3. Zabicie przeciwnika
4. Zabicie przeciwnika

Rysunek 9 przedstawia wartości parametrów wariantu drugiego. Na wykresie przedstawiono znacznie większe zmiany wartości bodźców. W tym przypadku stresory mają znacznie większy wpływ na poziom stresu żołnierza oraz na jego reakcje. Reakcje żołnierzy na stresory są zróżnicowane pod względem prawdopodobieństwa oraz indywidualnej odporności na stres bojowy. W tym wariantcie skuteczność bojowa żołnierzy nie była już na tak wysokim poziomie. Jeden żołnierz pod wpływem stresu zaczął uciekać, inni popełniali taktyczne błędy, co spowodowało znaczne straty w ludziach.

Najważniejszym elementem potrzebnym do prawidłowego działania modułu AI jest jego odpowiednia kalibracja. Istotnym problemem pozostaje sparametryzowanie czynników psychologicznych, wpływających na zachowanie żołnierza na polu walki. Kwestią badań jest określenie wartości liczbowej, w jakim stopniu dany stresor wpływa na zachowanie się żołnierza, przy jakim poziomie stresu bojowego jest największe prawdopodobieństwo wystąpienia danej reakcji oraz ile jest w stanie znieść żołnierz na polu walki. Model umożliwi kalibrację wartości współczynników, dzięki czemu można uzyskać wyniki adekwatne do zachowań żołnierzy na polu walki.

#### 4. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono możliwość badania wpływu różnych czynników na zachowania żołnierzy na polu walki. Moduł programowy został zaimplementowany z wykorzystaniem narzędzi i języka dostępnego w środowisku symulacyjnym VBS2.

Główne cechy proponowanego rozwiązania to:

- możliwość kalibracji modelu w celu uzyskania adekwatnych wyników;
- określenie, na podstawie konsultacji z wojskowymi psychologami, wszystkich parametrów mających wpływ na zachowanie żołnierza na współczesnym polu walki;
- łatwość modyfikacji modułu;
- możliwość rozszerzania modułu o nowe funkcje.

Dzięki takiemu rozwiązaniu zachowanie obiektów w symulatorze pola walki Virtual Battlespace 2 staje się bardziej realistyczne. Symulacja oddziaływania na żołnierzy (botów) czynników psychologicznych znacznie urzeczywistnia rozgrywkę, a także daje wyniki bardzo zbliżone do rzeczywistych. Podczas szkolenia dowódców, uczą się oni kontrolowania nie tylko stanu fizycznego zdrowia swoich podwładnych, ale również ich stanu psychicznego, który często ma przeważające znaczenie dla powodzenia misji. Dowódcy również muszą sobie zdawać sprawę jak istotne dla żołnierzy jest zapewnienie im odpowiedniego wypoczynku i regeneracji.

Rozwój sztucznej inteligencji w symulatorach pola walki pozwoli na dokładniejsze szkolenie żołnierzy, a także przewidywanie możliwych działań.

## 5. LITERATURA

- [1] Wardziński K.: Przegląd algorytmów sztucznej inteligencji stosowanych w grach komputerowych, Homo Communicativus, Zakład Teorii i Filozofii Komunikacji, Uniwersytet Adama Mickiewicza w Poznaniu, nr 3 (5) 2008, ISSN 1896-3099, 2008.
- [2] Shapiro S.: Encyclopedia of Artificial Intelligence, ed. J. Wiley and Sons, 1987.
- [3] Figley Ch., Nash W.: Stres bojowy – Teorie, badania, profilaktyka i terapia, PWN, ISBN: 978-83-01-16310-5, 2010.
- [4] Combat Stress Department Of The Navy, Headquarters United States Marine Corps. 2000.
- [5] Solomon Z.: Combat stress reaction – The Enduring Toll of War, Plenum Press, New York, ISBN 0-306-44279-5, 1993.
- [6] Combat stress control in a Theater of Operations, Tactics, Techniques Of The Procedures, Headquarters – Department of The Army, Washington, 1994.
- [7] Soldier Performance in Continuous Operations – Headquarters Department of The Army, Washington, 1991.
- [8] [http://community.bistudio.com/wiki/Main\\_Page](http://community.bistudio.com/wiki/Main_Page), 2012.
- [9] Świątnicki Z. Wantoch-Rekowski R., Sztuczna inteligencja na polu walki - Sieci neuronowe w zastosowaniach wojskowych, BELLONA, ISBN/ISSN: 83-11-08831-4, 1998.

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ADVANCED ARTIFICIAL INTELLIGENCE MECHANISMS USING VBS2

**Abstract.** The paper contains a description of the artificial intelligence module for battlefield simulator VBS2, which improves the behavior of the soldiers (bots) which affect all kinds of psychological factors and stress of combat. In the first part of the paper main objectives of the project and its concepts are presented. The second part presents the results of running the simulation module.

**Key words:** artificial intelligence, simulation, behavior modeling, VBS2.

*W artykule wykorzystano wyniki projektu rozwojowego Nr O ROB 0001 01/ID 1/3 finansowanego ze środków NCBiR pt.: Opracowanie nowoczesnych stanowisk szkoleniowych zwiększających skuteczność działań ratowników KSRG.*