ISSN 1232-3829

tts 10/2013

Technika Transportu Szynowego koleje ▪ tramwaje ▪ metro

SPUSTEK Henryk, RYCZYŃSKI Jacek, MALINOWSKI Robert

MODELOWANIE ZAGROŻEŃ MILITARNYCH W ŚRODOWISKU MATLAB/SIMULINK NA WYBRANYM PRZYKŁADZIE

Streszczenie

W artykule poruszono problem modelowania zjawisk militarnych przy użyciu oprogramowania Matlab/Simulink firmy The MathWorks, Inc. z siedzibą w USA. Pakiet Matlab/Simulink umożliwia modelowanie, symulację i analizę systemów o zmiennej dynamice. Przedmiotem zainteresowania autorów jest implementacja komputerowa modelu walki Lanchestera w odniesieniu do wybranych problemów współczesnego pola walki. Celem przeprowadzonej symulacji komputerowej jest wspomaganie procesów decyzyjnych mających miejsce podczas rozważania wariantów działania wojsk własnych w odniesieniu do przewidywanych działań strony przeciwnej. Zagadnienia te stanowią treść ćwiczeń wykorzystywanych w metodyce szkolenia pododdziałów wojsk lądowych. Wykonano model symulacyjny, którego zadaniem jest wskazanie decydentowi na konkretny wariant działania, jako rekomendowany w danych warunkach decyzyjnych. Ocena poszczególnych wariantów działania została pokazana na drodze przeprowadzonych eksperymentów symulacyjnych. Stanowi to oryginalny wkład autorów w udoskonalenie stosowanych obecnie procedur w procesie dowodzenia wojskami.

WPROWADZENIE

Wykorzystując aktualne osiągnięcia nauki, działania zbrojne można analizować w oparciu o ścisłe metody rozumowania. Analiza rozwoju walki jest możliwa dzięki konstrukcji odpowiedniego modelu matematycznego. Przedstawienie walki w postaci modelu, odzwierciedlającego wszystkie występujące w niej współzależności, jest sprawą skomplikowaną. Zazwyczaj nie wszystkie czynniki wywierające wpływ na przebieg działań bojowych są wielkościami znanymi. Niektóre z nich dają się określić tylko w przybliżeniu, innych natomiast nie można ustalić z wystarczającą dokładnością. Mimo to, w każdej sytuacji konfliktowej, analizy ilościowe zawsze są celowe, nawet wtedy, gdy czynniki charakteryzujące daną sytuację można określić tylko w przybliżeniu. Analiza ilościowa uściśla i uzupełnia analizę jakościową oraz ustala przesłanki racjonalnego działania [1].

Kilka najprostszych i najciekawszych modeli walki, ustalających matematyczną zależność w zmaganiach sił zbrojnych, sformułował matematyk angielski F. W. Lanchester. Równania opracowane przez Lanchestera miały na celu analityczne określenie przebiegu walki, tj. określenie w każdej chwili czasu, strat i zasobów obu walczących stron. Równania te dotyczyły bitew, wojen antycznych i okresu pojawienia się broni palnej. Jednakże, rozszerzając i uogólniając je, można przejść od prostych do bardziej złożonych operacji. Modele te zostały rozwinięte przez wielu autorów i obecnie przyjmują one postać bardziej lub mniej złożonych zależności, stosownie do stopnia trudności rozpatrywanego problemu. Przedstawienie procesu walki przy pomocy relacji matematycznych łączy się z poważnymi uproszczeniami i stąd model zawsze zawiera pewną niedokładność. Dlatego też otrzymane rozwiązania nie mogą być wykorzystywane bezmyślnie, trzeba bowiem wziąć pod uwagę te czynniki, które nie zostały uwzględnione w modelu.

1. MODEL LANCHESTERA O ZALEŻNOŚCI KWADRATOWEJ – IMPLEMENTACJA W ŚRODOWISKU MATLAB/SIMULINK

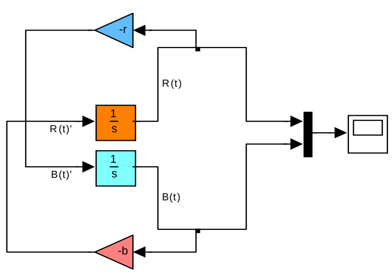
Najprostszym modelem walki jest model Lanchestera o zależności liniowej. Model walki dający się opisać za pomocą równań, w których zmienne występują w drugiej potędze nazywamy *modelem o zależności kwadratowej*. Przy rozwiązaniu praktycznych zadań, aby określić możliwy przebieg rozwoju walki, nie zawsze zachodzi potrzeba szczegółowego opisywania wszystkich stanów układu, czasami wystarczy znać wartość oczekiwaną liczby ocalałych jednostek bojowych w dowolnej chwili czasu, tak z jednej jak i z drugiej strony [2].

W modelu walki Lanchestera o zależności kwadratowej przyjmuje się następujące założenia:

a. każda jednostka bojowa dowolnej strony, dopóki nie zostaje zniszczona, oddaje ciąg strzałów z pewną średnią szybkostrzelnością; ciąg ten (dokładnie lub w przybliżeniu) ma charakter poissonowski;
b. każda jednostka bojowa jednej strony może prowadzić ogień do dowolnej jednostki drugiej strony i odwrotnie; ogień ten jest celowany, tj. skierowany na zniszczenie ściśle określonej jednostki bojowej przeciwnika;
c. jeżeli jednostka bojowa została rażona, ogień natychmiast zostaje przenoszony na inną, a jednostka rażona nie bierze dalszego udziału w działaniach bojowych;
d. czasu lotu pocisku do celu nie bierze się pod uwagę, gdyż jest on bardzo mały w porównaniu z ogólnym czasem trwania walki;
e. w dowolnej chwili czasu, ogólna efektywność bojowa każdej strony (średnia szybkostrzelność całej grupy pozostałych jednostek bojowych) jest proporcjonalna nie do liczby przypadkowo zniszczonych jednostek bojowych, a do jej wartości średniej.

Ostatnie założenie jest szczególnie istotne dla bardzo licznych zgrupowań, kiedy przypadki związane z rażeniem lub nierażeniem pojedynczej jednostki bojowej mało wpływają na sumaryczną moc ogniową zgrupowania, która dla każdego etapu walki okazuje się bliską średniej wartości. Dla bardzo licznych grup przypadki te zaczynają wpływać tylko w końcu walki w „okresie wyniszczenia", gdy w składzie jednej ze stron (lub obu) pozostaje bardzo mało jednostek bojowych. Natomiast dla początkowego stadium walki zamiana liczby losowej pozostałych jednostek jej średnią wartością jest w pełni dopuszczalna [3].

Implementacja modelu Lanchestera o zależności kwadratowej w Simulinku została zaprezentowana na rys. 1.



Rys. 1. Model Lanchestera o zależności kwadratowej w środowisku Matlab/Simulink
Źródło: opracowanie własne

2. DYNAMICZNY MODEL WALKI

Dane są początkowe siły dwóch stron: *R* i *B*, których wielkość oznaczymy przez R_0 oraz B_0. Pojęcie sił początkowych nie musi oznaczać jedynie liczebności wojsk (liczebność siły żywej) lecz może być rozumiane znacznie szerzej. Siły początkowe stanowią o potencjalnych możliwościach strony. To od nich zależy w głównej mierze powodzenie bądź porażka przyszłych działań zbrojnych. Zatem, siły początkowe o których tu mowa są wielkościami <u>całkowitego początkowego potencjału bojowego stron konfliktu zbrojnego</u>.

Proponuje się, stosunek sił podawać w postaci:

$$\frac{R}{B}(t) = A \cdot f[\alpha(t), \beta(t)], \tag{1}$$

gdzie $\alpha(t)$ i $\beta(t)$ są odpowiednio współczynnikami: stymulującym i destymulującym działania strony R w odniesieniu do strony B,
A – stała,
t – czas.

Pomiędzy współczynnikami α i β zachodzi zależność:

$$\alpha(t) + \beta(t) = 1, \qquad \text{dla} \qquad t = 1,2,3,...,t_{\max}, \tag{2}$$

(mówimy wtedy o quasi stałych współczynnikach α i β).

Zależnie od wartości $\frac{R}{B}(t)$ w danej chwili czasu, można mówić o przewadze nad nieprzyjacielem (wartość powyżej jedności) lub jej braku.

Wartość stałej A jest łatwa do obliczenia (przy znanej postaci funkcji $f[\alpha(t), \beta(t)]$), z zależności: $\frac{R}{B}(t_0) = \frac{R_0}{B_0} = A \cdot f[\alpha(t), \beta(t)]$,

$$A = \frac{R_0}{B_0 \cdot f[\alpha(t_0), \beta(t_0)]} \tag{3}$$

Kluczowym problemem pozostaje zatem określenie postaci funkcji $f[\alpha(t), \beta(t)]$, tak aby jak najlepiej opisać proces tworzenia przewagi. Funkcja powinna przyjmować wartość równą jedności dla α=1 i β=0 (strona przeciwna nie stawia oporu/zaskoczenie). W przypadku α=0 i β=1 wartość funkcji powinna być nieokreślona – absurdalne warunki początkowe, walka pozbawiona jest sensu przy współczynniku stymulującym równym zeru. Uwzględniając formę zależności określającej stosunek sił walczących stron w postaci (1) oraz uwzględniając warunek (3) przy założeniu niezmienności współczynników α i β w czasie pierwszych dni walki proponuje się wyrażenie stosunku sił walczących stron poprzez następującą zależność:

$$\frac{R}{B}(t) = \begin{cases} \frac{R_0}{B_0} & dla \quad \alpha = 1, \beta = 0 \\ \frac{e^{\alpha t}}{e^{\alpha t} - 1 + k'} & dla \quad \alpha \in (0,1) \\ nieokreslony & dla \quad \alpha = 0, \beta = 1 \end{cases} \tag{4}$$

gdzie: $k' = \left(\frac{R_0}{B_0}\right)^{-1}$ określa początkowy stosunek potencjałów bojowych stron pozostających w konflikcie.

Uzasadnienie

1. Wielkości R_0 oraz B_0 nazwane całkowitym potencjałem bojowym stron są odpowiednikiem literaturowego terminu *możliwości bojowe*. Termin ten określa stopień gotowości oddziału do wykonania zadań bojowych w konkretnej sytuacji operacyjno – taktycznej i postrzegany jest przez pryzmat parametrów jakościowych i ilościowych. Na wielkości R_0 i B_0 mają wpływ dwie grupy czynników: *materialne* i *niematerialne*. Do grupy czynników niematerialnych zaliczymy miedzy innymi: poziom wyszkolenia wojsk i dowództw, stopień gotowości bojowej, dyscyplinę, umiejętności wykorzystania szeroko rozumianego środowiska walki, strukturę organizacyjną – stopień jej funkcjonalności.
2. Zadaniem współczynników α i β jest odzwierciedlenie mechanizmów wpływających pozytywnie i negatywnie na wynik walki, a tym samym na *przewagę nad przeciwnikiem*. W celu określenia wartości liczbowych tych współczynników należy poznać istotę tworzenia przewagi oraz określić wymierne sposoby jej oceny. Należy też zwrócić uwagę na to, że wymienione współczynniki nie muszą i z pewnością nie są wielkościami stałymi. Trzeba się liczyć z tym, że rzetelna analiza zjawiska uzyskiwania przewagi wymagać będzie uzmiennienia współczynników α i β. Należy zatem zmodyfikować zależność (4) i w miejsce stałych wartości współczynników: stymulacyjnego i destymulacyjnego wstawić współczynniki zależne od przebiegu walki w okresie poprzedzającym chwilę t, tzn. w czasie $t-1$.
   Wówczas zależność ta będzie miała postać:

$$\frac{R}{B}(t)=\begin{cases} \dfrac{R_0}{B_0} \quad dla \quad \alpha(t_0)=1, \beta(t_0)=0 \\ \dfrac{e^{\alpha[t-1]t}}{e^{\alpha[t-1]t}-1+k^{'}[t-1]} \quad dla \quad \alpha(t)\in(0,1) \\ nieokreslony \quad dla \quad \alpha(t)=0, \beta(t)=1 \end{cases} \tag{5}$$

3. Inny problem wiąże się z powiązaniem kilku rodzajów przewagi w jeden współczynnik o którym mowa. Zależnie od przyjętych kryteriów, wyróżnia się: *przewagę ilościową* i *jakościową*, *bezwzględną* i *względną*, *materialną* i *niematerialną* [4].
4. Zależność (1) została wprowadzona jako modyfikacja rozwiązania znanych równań różniczkowych stanowiących model walki Lanchestera. Równania występujące w modelu Lanchestera w sposób analityczny określają przebieg walki. Na ich podstawie można oszacować w każdej chwili czasu ilość żołnierzy i ilość poniesionych strat. Równania te sprawdziły się podczas analizach bitew wojen antycznych i okresu broni palnej. Rozszerzone i uogólnione, zostały też zastosowane do złożonych operacji. Niestety, każde rozszerzenie – modyfikacja równań wiązała się ze wzrostem liczby zmiennych i kolejnych, dodawanych do modelu współczynników. Z drugiej zaś strony klasyczny model Lanchestera w żaden sposób nie nadaje się do bezpośredniego zastosowania przy opisywaniu problemów współczesnego pola działań zbrojnych. Należy zatem dążyć do znalezienia rozwiązania pośredniego – modelu zawierającego pewne zagregowane współczynniki, jednocześnie prostego w sensie analitycznym.

Przypomnijmy, postać równań Lanchestera jest następująca:

$$\begin{cases} \dfrac{dR(t)}{dt} = -bB(t)^{c_1} R(t)^{c_2} \\ \dfrac{dB(t)}{dt} = -rR(t)^{c_3} R(t)^{c_4} \end{cases} \tag{6}$$

gdzie: r i b są liczbami rzeczywistymi z przedziału (0, 1) tzw. współczynniki efektywności Lanchestera. Współczynniki te są niekiedy interpretowane jako prawdopodobieństwo strat każdej z walczących stron w ciągu jednego dnia walki (dzienne prawdopodobieństwo strat), $c_1...c_4$ są wykładnikami potęg przy B(t) i R(t) i mogą przyjmować wartości liczbowe 0 lub 1.

Pochodne $\dfrac{dR(t)}{dt}$ oraz $\dfrac{dB(t)}{dt}$ oznaczają straty stron.

Po stosownych przekształceniach matematycznych otrzymujemy cztery rodzaje rozwiązań, zależnie od wartości współczynników $c_1...c_4$ (tab. 1).

Tab. 1. Możliwe warianty rozwiązania układu równań Lanchestera[1]

Rodzaj rozwiązania	c_1	c_2	c_3	c_4	Rozwiązanie
kwadratowe	1	0	1	0	$b[B(0)^2 – B(t)^2] = r[R(0)^2 – R(t)^2]$
liniowe	1	1	1	1	b[B(0) – B(t)] = r[R(0) – R(t)]
logarytmiczne	0	1	0	1	bln[B(0)/B(t)] = rln[R(0)/R(t)]
zasadzka (ang. ambush)	1	1	1	0	$b/2[B(0)^2-B(t)^2] = r[R(0) – R(t)]$

Rozpatrzmy wariant równania kwadratowego. W tym przypadku równania Lanchestera przyjmują postać:

$$\begin{cases} \dfrac{dR(t)}{dt} = -bB(t) \\ \dfrac{dB(t)}{dt} = -rR(t) \end{cases} \tag{7}$$

Postulując rozwiązanie w postaci:

$$B(t) = Ae^{\alpha t} + Be^{-\alpha t}$$

i korzystając z tablicy 1 celem określenia postaci rozwiązania $R(t)$ otrzymujemy:

$$B(t) = \frac{1}{2}\left\{\left[B(0) - \sqrt{r/b}R(0)\right]e^{\sqrt{rbt}} + \left[B(0) + \sqrt{r/b}R(0)\right]e^{-\sqrt{rbt}}\right\} \tag{8}$$

oraz

$$R(t) = \frac{1}{2}\left\{\left[B(0) - \sqrt{b/r}B(0)\right]e^{\sqrt{rbt}} + \left[R(0) + \sqrt{b/r}B(0)\right]e^{-\sqrt{rbt}}\right\} \tag{9}$$

Powyższe rozwiązanie uzyskano przy założeniu stałych w czasie współczynników efektywności działań r i b – porównaj z równaniem (1). Miejsce stałych współczynników r i b zastąpiły zmienne w czasie współczynniki α i β. Obliczymy jeszcze czas jaki upłynie od momentu rozpoczęcia walki do całkowitego unicestwienia jednej ze stron – powiedzmy, że będzie to strona B. W tym celu należy jedynie przyrównać do zera równanie (9) i obliczyć czas t_k.

Dokonując stosownych przekształceń otrzymujemy:

$$t_k = \left(\frac{1}{rb}\ln\frac{R(0) + \sqrt{b/r}B(0)}{\sqrt{b/r}B(0) - B(0)}\right)^{1/2} \tag{10}$$

[1] dokładną analizę przedstawionych tu rozważań można znaleźć w [3]

Na podstawie zależności (10) widać, że czas trwania walki zależy jedynie od stałych współczynników r i b i początkowej liczebności stron, co oczywiście nie było do przyjęcia.

5. Zaproponowana zależność określająca zmienny w czasie stosunek sił walczących została ustalona na podstawie analizy powszechnie znanej krzywej logistycznej [5].
6. Krzywa logistyczna zajmuje uprzywilejowane miejsce wśród różnych postaci funkcji używanych do opisu zjawisk ekonomicznych i przyrodniczych. Wynika to stąd, że zarówno wzrost organizmów żywych, jak i ich liczebność, wiele zjawisk społecznych i ekonomicznych daje się opisać przy pomocy tej krzywej. Równanie tej krzywej można otrzymać na drodze dedukcyjnej, wychodząc z rozważań fizykalnych. Równaniem krzywej logistycznej można opisać wszystkie zjawiska, których prędkość rozwoju jest wprost proporcjonalna do iloczynu osiągniętego wzrostu nazywanego czynnikiem rozpędu, oraz do odległości tego wzrostu od poziomu nasycenia $(a-y)$, który nazywa się czynnikiem hamowania (z tego powodu, że wraz z upływem czasu wartość tego czynnika maleje). Otrzymujemy równanie różniczkowe (zwane prawem wzrostu Robertsona):

$$\frac{dy}{dx} = ky(a-y), \tag{11}$$

gdzie $k > 0$ jest współczynnikiem proporcjonalności, a jest poziomem nasycenia (rzedną asymptoty krzywej logistycznej). Całkując otrzymujemy:

$$\left(\frac{1}{y} + \frac{1}{a-y}\right)dy = akdx\,, \tag{12}$$

i dalej

$$\frac{y}{a-y} = e^{akx+C_1}\,, \tag{13}$$

gdzie C_1 dowolna stała.

Stąd

$$y = \frac{a}{1+b\cdot e^{-akx-C_1}}\,. \tag{14}$$

Przyjmując $c = ak$, $b = e^{-C_1}$, otrzymujemy następującą równoważną postać krzywej logistycznej:

$$y = \frac{a}{1+be^{-cx}}\,. \tag{15}$$

Postać ta została wykorzystana w niniejszym artykule. Znaczenie parametru a łatwo wynika z charakteru zjawiska przewagi. Nasycenie (wygaszenie walki) następuje przy $a=1$, co odpowiada równym potencjałom bojowym stron R i B. Współczynnik k określający prędkość rozwoju zjawiska nasycenia (tzn. prędkość z jaką następuje wyrównanie się sił – potencjałów bojowych walczących stron) jest równy współczynnikowi destymulującemu (inaczej mówiąc: utrudniającemu, niesprzyjającemu) proces walki β. Pozostaje jeszcze obliczenie współczynnika b występującego we wzorze (15). Nie jest to skomplikowane, wystarczy przypomnieć sposób obliczenia stałej A (patrz (3)).

$$\begin{aligned} &t=0 \Rightarrow \frac{R}{B}(0) = \frac{R_0}{B_0} = \frac{1}{1+be^0} \\ &R_0(1+b) = B_0 \\ &b = \frac{B_0}{R_0} - 1 \end{aligned} \tag{16}$$

Teraz, wystarczy wstawić zależność (16) do (15) i dokonać elementarnych przekształceń algebraicznych aby otrzymać zależność (4).

$$\frac{R}{B}(t)=\frac{1}{1+\left(\frac{B_0}{R_0}-1\right)\cdot e^{-\beta t}}=\frac{R_0 e^{\beta t}}{R_0\left(e^{\beta t}-1\right)+B_0}=$$

$$=\frac{B_0\cdot\frac{R_0}{B_0}e^{\beta t}}{B_0\cdot\left[\frac{R_0}{B_0}\left(e^{\beta t}-1\right)+1\right]}=\frac{k^{'}\cdot e^{\beta t}}{k^{'}\cdot\left(e^{\beta t}-1\right)+1}= \tag{17}$$

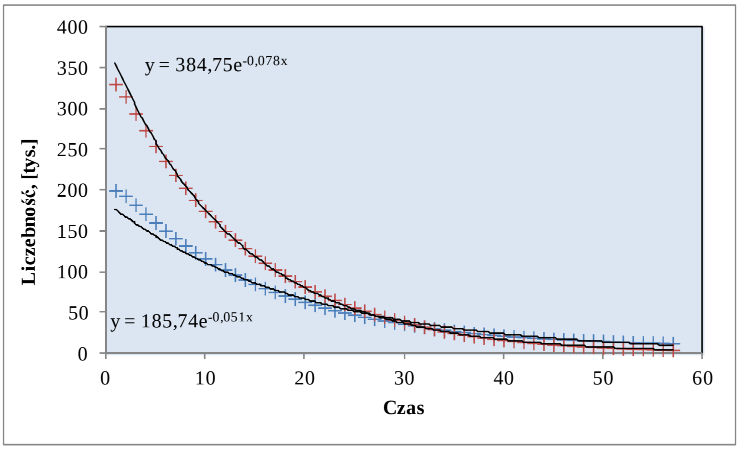
$$=\frac{e^{\beta t}}{e^{\beta t}-1+\left(k^{'}\right)^{-1}}$$

Sprawdzimy jeszcze warunek (3):

$$t_0=0 \quad\Rightarrow\quad \frac{R}{B}(0)=k^{'}=\frac{R_0}{B_0}. \tag{18}$$

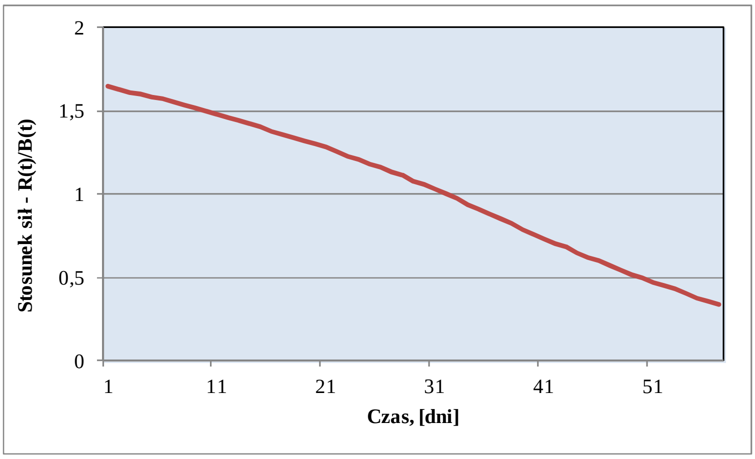
7. Sprawdzenie poprawności proponowanego modelu.
   Poprawność modelu zostanie sprawdzona poprzez określenie stopnia zgodności uzyskanych wyników z wynikami generowanymi przez model Epstein'a [6].
   Obliczenia przeprowadzono przy następujących założeniach:
   - 7.1 R_0 oraz B_0 oznaczają potencjały początkowe stron – α i β są stałe w czasie w ciągu pierwszych dni walki.
   - 7.2 R_0 oraz B_0 oznaczają potencjały początkowe stron – α i β są zmienne w czasie w całym procesie walki.

Na rys. 2 i 3 przedstawiono charakterystyki czasowe opracowane na podstawie literaturowych danych testowych.



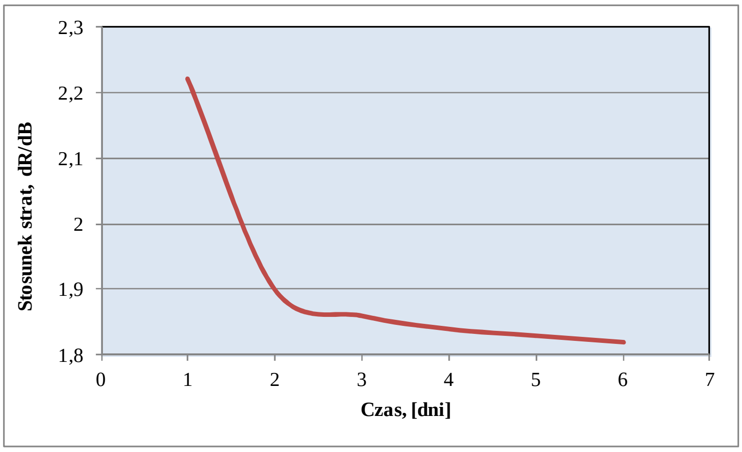
Rys. 2. Zależność czasowa sił walczących stron (widoczne na rysunku funkcje aproksymacyjne dołączono w celach poglądowych)

Źródło: opracowanie własne

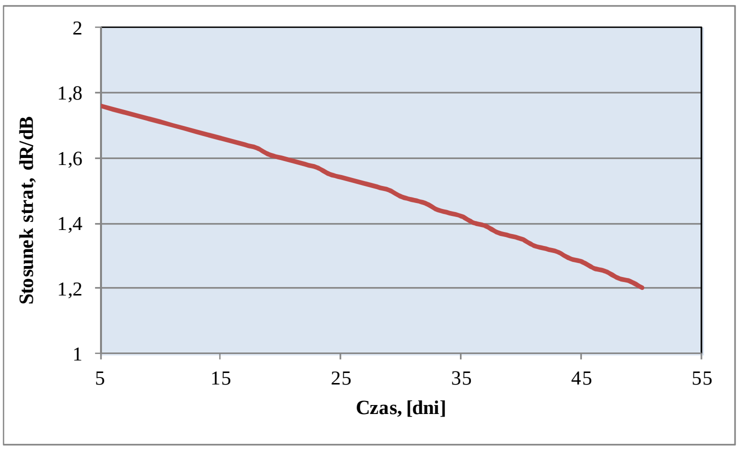


Rys. 3. Zależność czasowa stosunku sił stron
Źródło: opracowanie własne

Analiza rys. 3 wskazuje jednoznacznie na fakt, że zależność czasowa stosunku sił nie jest funkcją liniową. Na podstawie literaturowych danych testowych sporządzono zależność czasową stosunku strat obu stron w pierwszych (rys. 4) i dalszych dniach konfliktu (rys. 5).



Rys. 4. Zależność czasowa stosunku strat obu stron (pierwsze dni konfliktu)
Źródło: opracowanie własne



Rys. 5. Zależność czasowa stosunku strat obu stron (dalsze dni konfliktu)
Źródło: opracowanie własne

ZAKOŃCZENIE I WNIOSKI

Analizując otrzymane wyniki można stwierdzić, że:

1. Pierwszy badany wariant, **k'= const**. (patrz zależność 5) dobrze opisuje proces walki w pierwszym jej okresie.
2. Uzmiennienie **k'** nie wnosi nowych wartości do proponowanego dynamicznego modelu stosunku sił.
3. Prawdopodobnie, znaczna poprawa dopasowania modelu do danych empirycznych będzie możliwa po ustaleniu zależności pomiędzy zmiennym w czasie współczynnikiem **k'** i współczynnikiem β utrudniającym prowadzenie walki.

Reakcję modelu na zmianę wartości β ilustruje tablica 2. Analizując wyniki zwarte w tablicy 2 można stwierdzić, że model właściwie reaguje na wzrost współczynnika β. Grubą linią oznaczono „ścieżkę” stałego potencjału. Widać, że granica stałości potencjału wyraźnie przesuwa się do tyłu ze wzrostem czynnika hamującego proces przewagi.

Tab. 2. Stosunki sił walczących stron w zależności od wartości współczynnika β (różnymi kolorami oznaczono kolumny odpowiadające kolejnym wartościom współczynnika β).

czas	beta1	beta2	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B	R/B
1	0,1	0,2	1,55	1,48	1,41	1,28	1,22	1,19
2			1,48	1,36	1,28	1,13	1,09	1,07
3	beta3	beta4	1,41	1,28	1,19	1,07	1,04	1,03
4	0,3	0,6	1,36	1,22	1,13	1,04	1,02	1,01
5			1,31	1,17	1,10	1,02	1,01	1,00
6	beta5	beta6	1,28	1,13	1,07	1,01	1,00	1,00
7	0,8	0,9	1,24	1,11	1,05	1,01	1,00	1,00
8			1,22	1,09	1,04	1,00	1,00	1,00
9			1,19	1,07	1,03	1,00	1,00	1,00
10			1,17	1,06	1,02	1,00	1,00	1,00
11			1,15	1,05	1,01	1,00	1,00	1,00
12			1,13	1,04	1,01	1,00	1,00	1,00
13			1,12	1,03	1,01	1,00	1,00	1,00
14			1,11	1,02	1,01	1,00	1,00	1,00
15			1,10	1,02	1,00	1,00	1,00	1,00

BIBLIOGRAFIA

1. M. Rybar, *Modelovanie a simulacia vo vojenstve*, Ministerstvo Obrany Slovenskej Republiky, Bratislava 2000.
2. *PFP: Training Management Exercises Design, Simulations*, TCL SL, Slovakia 1996.
3. J. S. Przemieniecki, *Mathematical Methods in Defense Analyses*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., Reston, Virginia 2000.
4. Z. Galewski, *Czynniki powodzenia we współczesnej walce*, Warszawa 1986.
5. S. Smolik, *Przegląd statystyczny*, R. XXXII – zeszyt 4/1985.
6. J. M. Epstain, *The Calculus of Conventional War Dynamic Analysis without Lanchester Theory*, Studies in Defense Policy, Brookings Inst Press, 1985.

MILITARY THREAT MODELLING IN MATLAB/SIMULINK ENVIRONMENT AN CHOSEN EXAMPLE

Abstract

This paper addresses the issue of modeling of the military threats by using the software Matlab/Simulink of The MathWorks Inc. Matlab/Simulink, simulates analyze systems with variable dynamics. The focus of the authors is directed on implement a computer model Lanchester fight for selected problems of the modern battlefield. The objective of computer simulation is to support decision–making processes that take place when considering policy options of own troops as to the anticipated actions of the opposing party. These issues are the subject of exercise training methodology used in army detachments. A model simulation, the task is to identify the decision–maker on a particular variant of the action, as recommended in the circumstances of decision–making. Evaluation of the different policy options is shown out through simulation experiments. This is an original contribution of the authors in improving the current procedures in the army command.

***Autorzy**:*

dr hab. **Henryk SPUSTEK–** Dziekan, Wydział Nauk o Bezpieczeństwie, Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza KOŚCIUSZKI we Wrocławiu

mgr inż. **Jacek RYCZYŃSKI** – asystent naukowo – dydaktyczny, Wydział Nauk o Bezpieczeństwie, Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza KOŚCIUSZKI we Wrocławiu

mgr inż. **Robert MALINOWSKI –** wykładowca, Wydział Nauk o Bezpieczeństwie, Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza KOŚCIUSZKI we Wrocławiu