

**Krzysztof Ficoń**

## **STOSUNKI MIĘDZYNARODOWE JAKO CYBERNETYCZNY UKŁAD ZE SPRZĘŻENIEM ZWROTNYM**

### **STRESZCZENIE**

W artykule przedstawiono model stosunków międzynarodowych jako złożony system społeczno-polityczny, którego funkcjonowanie zostało zobrazowane za pomocą pewnego układu regulacji automatycznej z dodatnią pętlą sprzężenia zwrotnego. Zgodnie z założeniami teorii regulacji w modelu wyodrębniono układ regulowany S i regulator R. Architektura układu regulowanego S została odniesiona do kategorii względnie stałych czynników warunkujących utożsamianych ze zbiorem tzw. czynników geopolitycznych. Działanie regulatora R reprezentują w modelu dynamiczne czynniki realizacyjne, utożsamiane z czynnikami operacyjnymi. Dynamiczny regulator R, poprzez pętlę sprzężenia zwrotnego, wnosi do modelu poprawkę  $\Delta Z$ , która steruje relacjami między wejściowym wektorem zagrożeń Z a wyjściowym wektorem bezpieczeństwa B. Zaprezentowany sposób modelowania stosunków międzynarodowych za pomocą aparatu teorii regulacji jest podejściem nowatorskim, bazującym na sprawdzonych podstawach teoretycznych z zakresu cybernetyki.

### **SYSTEM STOSUNKÓW MIĘDZYNARODOWYCH**

Pod pojęciem stosunków międzynarodowych będziemy rozumieć pewien system celowego działania zorientowany na kształtowanie bezpieczeństwa międzynarodowego na możliwie najwyższym poziomie. Proces kształtowania bezpieczeństwa międzynarodowego polega na eliminowaniu wszelkich kategorii zagrożeń powstających zarówno w skali międzynarodowej (globalnej), jak i w skali regionalnej, a także lokalnej. Za pomocą odpowiednich działań politycznych, strategii wojskowych, gospodarczych czy ekologicznych dokonuje się kontroli stopnia zagrożeń bezpieczeństwa międzynarodowego i w skali globalnej, najlepiej siłami całej społeczności światowej, usiłuje się środkami pokojowymi, na drodze negocjacji,

zmienić niekorzystne trendy w sytuacji międzynarodowej. Tak zdefiniowany system stosunków międzynarodowych można więc przyrównać do pewnego układu regulującego poziom bezpieczeństwa międzynarodowego w oparciu o przyjęte normy, np. prawo międzynarodowe, zasady demokracji, mechanizmy wolnorynkowe itp.

System stosunków międzynarodowych STM tworzą formalnie uczestnicy stosunków międzynarodowych (strony) oraz inicjowane między nimi relacje i kontakty bilateralne i multilateralne. Warunkiem utrzymywania tych kontaktów na odpowiednim poziomie jest istnienie pewnej „infrastruktury” stosunków międzynarodowych oraz zbioru zasad regulujących te kontakty. Uwzględniając powyższe, system stosunków międzynarodowych STM zapiszemy symbolicznie jako:

$$\text{STM} = \langle E, A \subseteq E \times E, \{\alpha\}, \{\beta\} \rangle, \quad (1)$$

gdzie:  $E$  – zbiór uczestników (stron) stosunków międzynarodowych;

$A$  – zbiór relacji, kontaktów i powiązań między stronami;

$\alpha$  – zbiór czynników stałych warunkujących działanie systemu STM;

$\beta$  – zbiór czynników zmiennych regulujących działanie systemu STM.

Zbiór uczestników stosunków międzynarodowych  $E$  jest zbiorem bardzo obszernym i mocno zróżnicowanym, dlatego istnieje wiele różnych systemów klasyfikacji i podziału. Ogół uczestników stosunków międzynarodowych może być dzielony według następujących kryteriów:

$$E = \{E_j^i; \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, J}\}, \quad (2)$$

gdzie:  $E_j^1$  – uczestnicy państwowi ( $j = 1$ ), niepaństwowi ( $j = 2$ );

$E_j^2$  – uczestnicy będący ( $j = 1$ ), niebędący ( $j = 2$ ) podmiotami prawa międzynarodowego,

$E_j^3$  – uczestnicy podmiotowi ( $j = 1$ ), przedmiotowi ( $j=2$ ).

Przykładowo kryterium podziału na uczestników państwowych i niepaństwowych wyodrębnia następujące kategorie elementów:

$$E(i=1) = E_1^1 \cup E_2^1 \quad \wedge \quad E_1^1 \cap E_2^1 = \emptyset, \quad (3)$$

przy czym  $E_1^1 = \{E_{1k}^1; k = \overline{1,3}\},$  (3.1)

gdzie:  $E_{11}^1$  – państwa, rządy;  
 $E_{12}^1$  – organizacje państwowe;  
 $E_{13}^1$  – placówki dyplomatyczne,

natomiast  $E_2^1 = \{E_{2k}^1; k = \overline{1,8}\},$  (3.2)

gdzie:  $E_{21}^1$  – narody, grupy etniczne;  
 $E_{22}^1$  – organizacje międzynarodowe;  
 $E_{23}^1$  – organizacje pozarządowe;  
 $E_{24}^1$  – korporacje przemysłowe;  
 $E_{25}^1$  – korporacje finansowe;  
 $E_{26}^1$  – partie polityczne;  
 $E_{27}^1$  – organizacje społeczne;  
 $E_{28}^1$  – osoby fizyczne.

Zbiór czynników stałych  $\alpha$  utożsamiany często z pojęciem infrastruktury reprezentuje pewną statykę i jest odnoszony do grupy czynników geopolitycznych, które obejmują dwie podstawowe kategorie czynników:

$$\alpha = \{\alpha_1, \alpha_2\}, \quad (4)$$

gdzie:  $\alpha_1$  – czynniki geograficzne;  
 $\alpha_2$  – czynniki społeczne,

przy czym  $\alpha_1 = \{\alpha_{1i}; i = \overline{1,6}\},$  (4.1)

gdzie:  $\alpha_{11}$  – czynniki przestrzenne;  
 $\alpha_{12}$  – czynniki sąsiedzkie;  
 $\alpha_{13}$  – czynniki terenowe;  
 $\alpha_{14}$  – czynniki środowiskowe;  
 $\alpha_{15}$  – czynniki surowcowe;  
 $\alpha_{16}$  – czynniki klimatyczne

$$\text{oraz} \quad \alpha_2 = \{\alpha_{2i}; \quad i=\overline{1,4}\}, \quad (4.2)$$

gdzie:  $\alpha_{21}$  – czynniki demograficzne;  
 $\alpha_{22}$  – czynniki kulturowe;  
 $\alpha_{23}$  – czynniki ideologiczne;  
 $\alpha_{24}$  – czynniki religijne.

Zbiór czynników zmiennych  $\beta$  reprezentuje dynamikę stosunków międzynarodowych i dlatego nazywane są one czynnikami operacyjnymi. Do grupy czynników zmiennych  $\beta$  zaliczamy m.in.:

$$\beta = \{\beta_i; \quad i=\overline{1, I}\}, \quad (5)$$

gdzie:  $\beta_1$  – dynamika rozwoju gospodarczo-ekonomicznego;  
 $\beta_2$  – zaawansowanie techniczno-technologiczne;  
 $\beta_3$  – poziom potencjału militarno-obronnego;  
 $\beta_4$  – oddziaływanie organizacji polityczno-społecznych;  
 $\beta_5$  – wpływ indywidualności życia polityczno-gospodarczego.

Czynniki operacyjne  $\beta_i \in \beta$  oddziałują bezpośrednio (dynamicznie) na stan stosunków międzynarodowych, na skalę i poziom ich intensywności, wreszcie na skuteczność funkcjonowania całego systemu i poziom bezpieczeństwa międzynarodowego. Stanowią one o dynamice kontaktów międzynarodowych oraz o skuteczności wspólnych działań wszystkich uczestników stosunków międzynarodowych w budowaniu bezpiecznej przyszłości poprzez eliminowanie i ograniczanie wszelkich zagrożeń i niebezpieczeństw w skali globalnej i regionalnej.

W dalszej części pracy zostaną przedstawione dwa modele systemu stosunków międzynarodowych: pierwszy obejmujący globalny system jako prosty układ

cybernetyczny klasy wejście – „czarna skrzynka” – wyjście oraz drugi interpretowany na gruncie teorii regulacji jako układ podstawowy wraz z dołączonym układem regulacji (regulatorem).

### PROSTY SYSTEM CYBERNETYCZNY

W sensie cybernetycznym system stosunków międzynarodowych (STM) możemy przedstawić jako klasyczny układ sterowany mający wejście, wyjście i pewne mechanizmy (procedury) sterownicze. Strumieniem wejściowym jest wektor zagrożeń ( $Z$ ), który w systemie STM będzie przekształcony do postaci wektora bezpieczeństwa ( $B$ ), stanowiącego strumień wyjściowy. Cybernetyczną „czarną skrzynką” jest system stosunków międzynarodowych (STM), który dokonuje transformacji wektora zagrożeń ( $Z$ ) na wektor bezpieczeństwa ( $B$ ), co symbolicznie można zapisać jako funkcję:

$$B = \text{STM}(Z) \quad \text{lub} \quad \text{STM}: Z \rightarrow B, \quad (6)$$

gdzie: STM – funkcja (system) stosunków międzynarodowych;  
 $Z$  – wektor zagrożeń bezpieczeństwa międzynarodowego;  
 $B$  – wektor bezpieczeństwa międzynarodowego,

przy czym  $Z = \langle Z_i; \quad i = \overline{1, I} \rangle, \quad B = \langle B_i; \quad i = \overline{1, I} \rangle. \quad (7)$

Należy podkreślić, że całokształt stosunków międzynarodowych STM jest złożonym systemem otwartym, praktycznie niesterowalnym, i dlatego jedynie teoretycznie może być przedmiotem badań i rozważań formalnych. Dla zapewnienia poprawnego sterowania systemem STM niezbędna jest znajomość wektorów wejścia  $Z$  i wyjścia  $B$  oraz analitycznych zależności między nimi, co stanowi ogromną trudność badawczą, zwłaszcza praktyczną. Tym niemniej, próba identyfikacji tych problemów stanowi już pewien postęp i przyczynek do dalszych prac teoretycznych.

Składowe wektora zagrożeń  $Z$  dzieli się według różnych kryteriów na pewne kategorie zagrożeń. Tradycyjnie zagrożenia bezpieczeństwa międzynarodowego  $Z$  dzieli się na 6 kategorii:

$$Z = \langle Z_i; \quad i = \overline{1, 6} \rangle, \quad (7.1)$$

gdzie:  $Z_1$  – zagrożenia gospodarcze;  
 $Z_2$  – zagrożenia finansowe;  
 $Z_3$  – zagrożenia technologiczne;  
 $Z_4$  – zagrożenia ekologiczne;  
 $Z_5$  – zagrożenia militarne;  
 $Z_6$  – zagrożenia informacyjne.

Powyższe kategorie zagrożeń  $Z_i \in Z$  dzieli się dalej na szczegółowe rodzaje  $Z_{ij} \in Z_i$ , które opisują specyfikę danej kategorii. Przykładowo zagrożenia gospodarcze  $Z_1$  można podzielić na:

$$Z_1 = \{Z_{1j}; j = \overline{1, J}\}, \quad (7.2)$$

gdzie:  $Z_{11}$  – globalizacja gospodarki światowej;  
 $Z_{12}$  – regionalna integracja gospodarcza;  
 $Z_{13}$  – ponadnarodowe multikorporacje przemysłowe;  
 $Z_{14}$  – branżowe i sektorowe korporacje gospodarcze;  
 $Z_{15}$  – utrata suwerenności gospodarczej;  
 $Z_{16}$  – zależność gospodarki narodowej od podmiotów ponadnarodowych.

Podobne zagrożenia implikuje sektor finansów i bankowości światowej:

$$Z_2 = \{Z_{2j}; j = \overline{1, J}\}, \quad (7.3)$$

gdzie:  $Z_{21}$  – globalizacja finansów światowych;  
 $Z_{22}$  – zależność od multikorporacji finansowych;  
 $Z_{23}$  – wpływ banków światowych;  
 $Z_{24}$  – międzynarodowe pożyczki i kredyty bankowe;  
 $Z_{25}$  – międzynarodowa regulacja kursów walut;  
 $Z_{26}$  – utrata płynności i suwerenności finansowej.

Stosownie do wyodrębnionych kategorii zagrożeń  $Z_i \in Z$  specyfikowane są odpowiadające im kategorie bezpieczeństwa międzynarodowego  $B_i \in B$ :

$$B = \{B_i; i = \overline{1, 6}\}, \quad (8)$$

gdzie:  $B_1$  – bezpieczeństwo gospodarcze;  
 $B_2$  – bezpieczeństwo finansowe;  
 $B_3$  – bezpieczeństwo technologiczne;  
 $B_4$  – bezpieczeństwo ekologiczne;  
 $B_5$  – bezpieczeństwo militarne;  
 $B_6$  – bezpieczeństwo informacyjne.

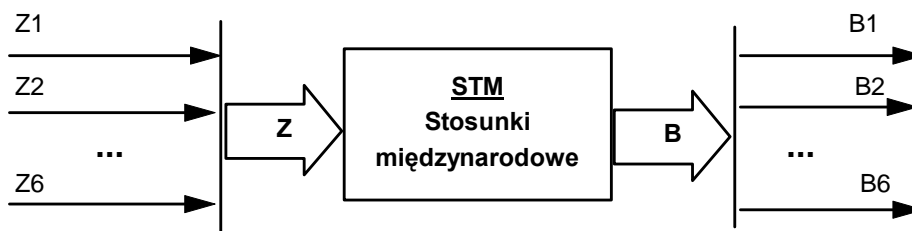
Osiągnięcie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa międzynarodowego  $B$  polega na eliminowaniu (lub ograniczeniu do minimum) skutków wyspecyfikowanych zagrożeń  $Z$ , co symbolicznie zapiszemy w postaci:

$$B = \langle B_i; i=\overline{1, I} \rangle \rightarrow \max \Leftrightarrow Z = \langle Z_i; i=\overline{1, I} \rangle \rightarrow \min. \quad (9)$$

Transformacji wektora zagrożeń  $Z$  do postaci wektora bezpieczeństwa  $B$  dokonuje właśnie funkcja (system) stosunków międzynarodowych STM, czyli:

$$Z \xrightarrow{\text{STM}} B. \quad (10)$$

Graficzne zobrazowanie wyrażenia (10) przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. System stosunków międzynarodowych jako układ cybernetyczny

Sterownicze (regulacyjne) działanie systemu stosunków międzynarodowych STM zobrazujemy formalnie za pomocą operatora stosunków międzynarodowych  $S$ . Uwzględniając pojęcie operatora  $S$ , formułę (10) zapiszemy jako iloczyn:

$$B = S \times Z, \quad (11)$$

gdzie  $S$  – symbol operatora stosunków międzynarodowych.

Umownie przyjęty we wzorze (11) operator  $S$  dokonuje przekształcenia stanu wejścia  $Z$  na stan wyjścia  $B$ , a sposób transformacji odbywa się według zawartej w operatorze  $S$  procedury. W przypadku tak złożonego systemu jak rozpatrywany system stosunków międzynarodowych STM, zdefiniowanie charakteru operatora  $S$  jest zadaniem bardzo trudnym, co wynika m.in. z faktu, że ma on naturę losową i funkcjonuje w bardzo złożonym i dynamicznym środowisku międzynarodowym obejmującym na przykład aspekty polityczne, społeczne, gospodarcze, technologiczne, a także informacyjne, religijne, militarne itp.

Jak wynika ze wzoru (11), stan wyjścia, czyli oczekiwany poziom bezpieczeństwa międzynarodowego  $B$ , jest zależny od poziomu zagrożeń  $Z$  i struktury funkcjonalnej systemu  $S$ , tj. stosowanych przez niego procedur działania. Wzór (11) możemy zapisać w postaci niejawnej jako następującą funkcję:

$$B = f(Z, S), \quad (12)$$

gdzie:  $f(Z, S)$  – niejawna funkcja dwóch zmiennych  $Z$  i  $S$ ;

$Z$  – wektor zagrożeń bezpieczeństwa międzynarodowego;

$S$  – operator działania systemu bezpieczeństwa międzynarodowego.

W klasycznej teorii regulacji liczbę  $S = B/Z$  nazywa się przepustowością lub transmitancją układu i z reguły jest to liczba niemianowana, charakteryzująca możliwości kontrolowanego (deterministycznego, adaptacyjnego, stochastycznego) oddziaływania na wektor (sygnał) wejściowy  $Z$  celem przekształcenia go do żądanej postaci wektora wyjściowego  $B$ . Na gruncie teorii regulacji transmitancja dowolnego układu  $S$  może zmieniać stan wyjścia na trzy sposoby, co w odniesieniu do rozpatrywanego systemu stosunków międzynarodowych oznaczać będzie odpowiednio:

$S > 1$  – wzmocnienie wektora bezpieczeństwa  $B$ ;

$S = 1$  – stabilizację wektora bezpieczeństwa  $B$ ;

$S < 1$  – osłabienie wektora bezpieczeństwa  $B$ .

W przypadku badanego układu polityczno-społeczno-gospodarczego rzeczywista postać operatora transformacji  $S$  jest wyrazem efektywności i skuteczności działania całego systemu stosunków międzynarodowych STM i implikuje znaczące konsekwencje dla poziomu bezpieczeństwa międzynarodowego. W zależności od wartości (technologii) operatora  $S$ , teoretycznie można rozpatrywać trzy przypadki jego oddziaływania na wyjściowy wektor bezpieczeństwa międzynarodowego  $B$ :



$$S > 1 \Rightarrow B \nearrow - \text{stan pokoju (bezpieczeństwa);} \quad (13.1)$$

$$S = 1 \Rightarrow B \rightarrow - \text{stan quasi-pokoju (pogotowie wojenne);} \quad (13.2)$$

$$S < 1 \Rightarrow B \searrow - \text{stan niepokoju (zagrożeń, wojny).} \quad (13.3)$$

Z punktu widzenia problematyki stosunków międzynarodowych najbardziej pożądanym jest przypadek (13.1) gwarantujący wzrost bezpieczeństwa międzynarodowego B, np. kosztem minimalizacji stopnia zagrożeń Z. Przypadek ten oznacza, że system stosunków międzynarodowych STM spełnia swoją funkcję w stopniu pozytywnym, oczekiwanym przez społeczność międzynarodową i w zależności od wielkości operatora S kształtuje w stopniu mniejszym lub większym, ale w pożądanym kierunku, stosunki międzynarodowe, gdyż zwiększa wektor bezpieczeństwa międzynarodowego.

Przypadek (13.2) można interpretować jako międzynarodową izolację i bierność systemu stosunków międzynarodowych, gdyż nie wpływa on w żaden sposób na kształtowanie się poziomu bezpieczeństwa międzynarodowego. Globalna skuteczność oddziaływania całej społeczności międzynarodowej na stan bezpieczeństwa międzynarodowego jest w tym przypadku praktycznie żadna, gdyż wektor bezpieczeństwa utrzymywany jest w izolacji od wektora zagrożeń. W polityce międzynarodowej odpowiada to stanowi pogotowia wojennego, kiedy to możliwości racjonalnego kształtowania poziomu bezpieczeństwa międzynarodowego są bardzo ograniczone.

Ostatni przypadek (13.3) oznacza całkowitą klęskę i zupełną nieskuteczność systemu stosunków międzynarodowych STM, gdyż ich funkcjonowanie na arenie międzynarodowej prowadzi do pogarszania się sytuacji międzynarodowej. Oznacza to zmniejszanie się stopnia bezpieczeństwa międzynarodowego, co w kategoriach politycznych może prowadzić nawet do stanu wojny.

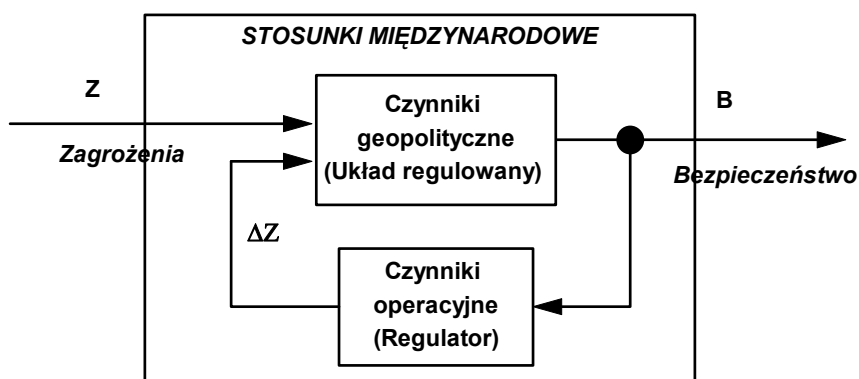
W zamkniętym układzie odniesienia, w którym transformacja S spełnia warunek  $S > 1$ , teoretycznie wzrost wektora wyjściowego B może odbywać się jedynie kosztem wektora wejściowego Z, co implikuje zależność:

$$(S > 1 \Rightarrow B > Z) \Rightarrow (B \rightarrow \max \wedge Z \rightarrow \min). \quad (14)$$

W praktyce międzynarodowej wyrażenie (14) można interpretować w sposób następujący. Dzięki odpowiednio zaawansowanym stosunkom międzynarodowym  $S \equiv STM$  rośnie bezpieczeństwo międzynarodowe B, a maleje stopień jego zagrożenia ze strony wektora Z. Jest to najbardziej pożądana strategia rozwijania stosunków międzynarodowych, gdyż prowadzi do osiągnięcia głównego celu łagodzenia napięć i potęgowania bezpieczeństwa w skali międzynarodowej.

## REGULATOR STOSUNKÓW MIĘDZYNARODOWYCH

Badany dotychczas system stosunków międzynarodowych STM o transmitancji  $S$  reprezentował wyłącznie tzw. infrastrukturę procesów międzynarodowych, którą zgodnie ze wzorem (4) odnosi się głównie do tzw. czynników warunkujących, zwanych też czynnikami geopolitycznymi. Czynniki geopolityczne reprezentują statykę stosunków międzynarodowych jako pewną stałą platformę służącą do ich prowadzenia. Obecnie do przedstawionego na rysunku 1. schematu dodamy dodatkowy układ  $R$  pozwalający na uwzględnienie czynników dynamicznych charakteryzujących zmienność i jedynie względną stabilność stosunków międzynarodowych. Ich uwzględnienie pozwala na dynamiczne sterowanie procesem transformacji wektorów  $Z \rightarrow B$  w zależności od relacji między stanem wyjścia a stanem wejścia (rys. 2.). W prezentowanym poniżej rozbudowanym modelu, na gruncie badanych procesów międzynarodowych, dołączony układ regulacji  $R$  ilustruje działanie tzw. czynników operacyjnych  $\beta_i \in \beta$ , które obrazują bieżącą dynamikę stosunków międzynarodowych i możliwość ich celowej korekty.



Rys. 2. Stosunki międzynarodowe jako układ automatycznej regulacji

Regulator  $R$ , który symbolizuje oddziaływanie czynników operacyjnych  $\beta_i \in \beta$ , dokonuje transformacji części strumienia wyjściowego  $B$  na poprawkę  $\Delta Z$ , korygującą poziom bezpieczeństwa stosownie do wymaganego poziomu bezpieczeństwa  $B$ . Jeśli przyjmiemy, że w regulatorze  $R$  zachodzi transformacja proporcjonalna, to wówczas poprawka, jaką wnosi regulator do wejścia układu regulowanego, wynosi:

$$\Delta Z = R \times B, \quad (15)$$

gdzie:  $\Delta Z$  – poprawka wnoszona do systemu stosunków międzynarodowych;  
 $R$  – transmitancja regulatora związana z czynnikami operacyjnymi;  
 $B$  – wyjściowy wektor bezpieczeństwa międzynarodowego.

Wprowadzając poprawkę  $\Delta Z$ , stan wyjścia całego układu regulowanego  $S|R$  zapiszemy ostatecznie jako:

$$B = S(Z + \Delta Z) = S(Z + R B) = S Z + S R B, \quad (16)$$

gdzie  $S$  – transmitancja układu regulowanego utożsamianego z oddziaływaniem czynników geopolitycznych  $\alpha_i \in \alpha$ ,

stąd po prostych przekształceniach otrzymujemy:

$$B = \frac{S}{1 - S R} Z. \quad (17)$$

Wyrażenie (17) nosi nazwę podstawowego wzoru teorii regulacji i pokazuje związek między stanem wyjścia – w naszym przypadku poziomem bezpieczeństwa międzynarodowego  $B$  – a stanem wejścia – stopniem zagrożeń bezpieczeństwa międzynarodowego  $Z$ , po uwzględnieniu poprawki  $\Delta Z$ , jaką wnosi regulator  $R$  do całego systemu stosunków międzynarodowych  $S|R$ .

Jak wynika ze wzoru (17), gdyby regulatora  $R$  nie było ( $R = 0$ ), wówczas przepustowość całego układu regulacji wyniosłaby  $S$ . Dołączenie regulatora  $R$  powoduje, że prawą stronę wzoru  $B = S Z$  mnożymy przez czynnik charakteryzujący działanie regulatora  $R$ :

$$\frac{1}{1 - S R} \quad (18)$$

i ostatecznie otrzymujemy:

$$B = \frac{1}{1 - S R} S Z. \quad (19)$$

Na podstawie wzoru (19) stwierdzamy, że pierwszy czynnik określa działanie regulatora R, drugi natomiast działanie układu regulowanego S. Czynnik (18) wyraża działanie sprzężenia zwrotnego w układzie regulacji i dlatego jest nazywany operatorem sprzężenia zwrotnego. Przez analogię do wzoru (12) wyrażenie (19) możemy zapisać w postaci następującej funkcji niejawnej:

$$B = f(S, R, Z), \quad (20)$$

gdzie  $f(S, R, Z)$  – niejawna funkcja trzech zmiennych S, R i Z.

Interpretując poprawkę  $\Delta Z$  na gruncie stosunków międzynarodowych, należy zauważyć, że zgodnie z wyrażeniem (5) jest ona złożonym funkcjonałem takich funkcji  $f_i(t)$  jak:

$$\Delta Z = F(f_i(t); \quad i = \overline{1,5}), \quad (21)$$

gdzie:  $f_1(t)$  – aktualny poziom rozwoju gospodarki;  
 $f_2(t)$  – aktualny poziom rozwoju technologii;  
 $f_3(t)$  – aktualny poziom potencjału militarnego;  
 $f_4(t)$  – aktualny poziom życia politycznego;  
 $f_5(t)$  – autorytet osobistości życia międzynarodowego.

We wzorze (21) zwraca uwagę fakt, że wszystkie funkcje wewnętrzne  $f_i(t)$  są funkcjami zmiennej czasowej t. Oznacza to, że poprawka  $\Delta Z$  wypracowana przez regulator R ma postać parametru dynamicznego charakteryzującego aktualne aspekty stosunków międzynarodowych i bieżącego życia politycznego. Aktualny poziom tych zmiennych wpływa bezpośrednio na stan bezpieczeństwa międzynarodowego B, a tym samym na poziom zagrożeń Z.

Za pomocą formuły (19) możemy określić, jaki powinien być stan wejścia Z, aby przy danych wielkościach S | R uzyskać pożądany wynik na wyjściu  $B = \varepsilon$ . W tym celu we wzorze (19) podstawiamy  $B = \varepsilon$  i wyznaczamy wektor wejściowy Z:

$$B = \varepsilon \Leftrightarrow Z = \frac{1 - S R}{S} \varepsilon = Z^*, \quad (22)$$

gdzie  $Z^*$  – oczekiwany poziom wektora zagrożeń bezpieczeństwa.

Jeśli natomiast wektor wyjściowy jest już zadany i przyjmuje np. wartość  $\bar{Z}$ , to możemy określić przepustowość regulatora  $R$  potrzebną, aby otrzymać żądany poziom wektora wyjściowego  $B = \varepsilon$ :

$$B = \varepsilon \Leftrightarrow R = \frac{\varepsilon - S\bar{Z}}{S\varepsilon} = R^*, \quad (23)$$

gdzie  $R^*$  – pożądana wartość transmitancji regulatora  $R$ .

Wprowadzenie regulatora  $R$  do układu stosunków międzynarodowych STM pozwoliło na bieżące korygowanie stanu wyjścia  $B$  w zależności od stanu wejścia  $Z$ . W efekcie istnieje możliwość elastycznego kształtowania stosunków międzynarodowych STM na takim poziomie, który gwarantuje utrzymanie stanu wejścia na żądanym poziomie bezpieczeństwa międzynarodowego  $B = \varepsilon$ .

Jak wynika ze wzorów (22) i (23), aby uzyskać żądany poziom bezpieczeństwa międzynarodowego  $B = \varepsilon$ , można sterować albo wektorem zagrożeń  $Z = \bar{Z}$  (22), albo mechanizmem działania regulatora  $R = R^*$  (23). Bezpośrednie sterowanie wektorem zagrożeń  $Z$  jest procesem niezwykle złożonym i wymaga ogromnego wysiłku całego systemu stosunków międzynarodowych rozłożonego na przestrzeni dłuższego horyzontu czasowego. Znacznie łatwiej jest kształtować bezpieczeństwo międzynarodowe  $B$  za pomocą regulatora  $R$ , dobierając odpowiednie parametry jego funkcjonowania. W kategoriach politycznych oznacza to odpowiednie zwiększenie intensywności kontaktów i skuteczności oddziaływań społeczności międzynarodowej za pomocą dynamicznych czynników operacyjnych  $\beta_i \in \beta$ .

Jeśli regulatorowi  $R$  przypisano interpretację systemu odpowiedzialnego za kształtowanie czynników operacyjnych  $\beta_i \in \beta$ :

$$\beta = \{\beta_i; \quad i = \bar{1}, \bar{I}\} = f(\beta_i; \quad i = \bar{1}, \bar{I}), \quad (24)$$

to zgodnie z przyjętym modelem (5) należy oddziaływać na dynamikę rozwoju gospodarczo-ekonomicznego ( $\beta_1 \in \beta$ ), poziom zaawansowania techniczno-technologicznego ( $\beta_2 \in \beta$ ), potencjał militarno-obronny ( $\beta_3 \in \beta$ ), skuteczność działania organizacji polityczno-społecznych ( $\beta_4 \in \beta$ ) oraz udział osobistości życia polityczno-gospodarczego ( $\beta_5 \in \beta$ ). Oczywiście repertuar czynników operacyjnych może być dowolnie zmieniany i w zależności od potrzeb mogą być dołączane nowe kategorie czynników, najbardziej adekwatne w danej sytuacji polityczno-gospodarczo-społecznej. Oddzielnym problemem jest dobór formuły funkcji (19) oraz jej zasadność i przydatność w omawianym modelu regulacji ze sprzężeniem zwrotnym.

## KLASYFIKACJA KRYTERIÓW STEROWANIA

Zaprezentowana teoria regulacji pozwala na celowe sterowanie stanem wyjścia modelowanego układu (systemu) w zależności od stanu strumienia wejściowego. Regulacja polega na zapewnieniu takiego działania układu (systemu), że wszelkie odchylenia stanu wyjścia systemu od jego wartości zadanej, czyli normy, zostają automatycznie skorygowane. Wymaga to:

- albo odpowiedniego doboru wielkości wejściowej  $Z$
- albo stosownego wyboru parametrów regulatora  $R$ .

Wyjściowa wartość zadana, czyli norma stanu wyjścia  $B = \varepsilon$ , może być wielkością stałą lub też wielkością zmienną. W pierwszym przypadku, kiedy  $\varepsilon = \text{const.}$ , mówimy o regulacji prostej, natomiast w drugim o regulacji sterowanej. Wobec tego przez sterowanie rozumiemy wyznaczanie każdorazowej zmiennej  $\varepsilon$ , a regulacja polega na korygowaniu odchylenia stanu wyjścia od przyjętej normy.

Istnieją różne sposoby określania zmienności normy  $\varepsilon$ . Poniżej są rozpatrzone cztery najczęściej stosowane.

1. Jeśli  $\varepsilon$  jest określone jako zadana funkcja czasu  $t$ , czyli  $\varepsilon = f(t)$ , wówczas mówimy o sterowaniu programowanym, a funkcję  $f(t)$  nazywamy programem sterowania, czyli:

$$\varepsilon = f(S, R, Z, t). \quad (25)$$

2. Zadana norma  $\varepsilon$  może być funkcją innej wielkości, np.  $q$ , i wówczas mówimy, że mamy do czynienia ze sterowaniem śledzącym, gdyż działanie systemu polega na ciągłym dopasowywaniu do tzw. „ruchomego celu”. W tym przypadku wielkość wyjściowa  $B = \varepsilon$  jest funkcją parametru  $q$ , czyli:

$$\varepsilon = f(S, R, Z, q). \quad (26)$$

3. Niejednokrotnie istnieje potrzeba wyznaczania normy sterowania na podstawie dotychczasowego przebiegu procesu sterowania. Zadana wartość  $\varepsilon$  jest wówczas funkcją stanów osiągniętych w okresach poprzednich  $t_{i-1}$ , a sterowanie takie ma charakter sterowania adaptacyjnego, czyli:

$$\varepsilon = f(S, R, Z, t_{i-1}-t_i). \quad (27)$$

4. Kolejny typ sterowania polega na tym, że wielkość zadana (stała lub zmienna) stanowi wartość maksimum lub minimum pewnej funkcji (funkcjonału). W tym przypadku wartość wektora wyjściowego  $B = \varepsilon$  jest funkcją dodatkowej liczby parametrów  $p$ , a takie sterowanie nazywamy optymalnym lub ekstremalnym.

$$\varepsilon = \max f(S, R, Z, p) \quad \text{lub} \quad \varepsilon = \min f(S, R, Z, p). \quad (28)$$

W systemach społecznych mamy najczęściej do czynienia ze sterowaniem kompleksowym i mieszanym, które obejmuje z reguły wszystkie kryteria sterowania. Kompleksowe kryterium sterowania jest w tym przypadku programowe ze względu na parametr czasowy (25), śledzące ze względu na drugi parametr – wielkość zadaną (26), adaptacyjne ze względu na trzeci parametr, zależny od wcześniejszych stanów wyjścia (27) i ekstremalne ze względu na czwarty warunek maksymalizacji lub minimalizacji (28).

Przykładowo, bieżący stan bezpieczeństwa międzynarodowego będącego pochodną stanu stosunków międzynarodowych zależy od rozpatrywanej aktualnie sytuacji międzynarodowej, czyli od czasu jako parametru, od rozmaitych uwarunkowań i ograniczeń geopolitycznych (geograficznych, demograficznych, społecznych, klimatycznych, ekologicznych), od historii dotychczasowych kontaktów i doświadczeń (bilateralnych i multilateralnych), a także od warunków ekstremalnych, np. maksymalnej intensyfikacji kontaktów. Operowanie tak kompleksowym i wielowymiarowym kryterium oceny bezpieczeństwa międzynarodowego jest problemem bardzo trudnym i wymaga narzędziowego wspomaganie za pomocą aplikacji symulacyjnych i technologii komputerowej.

\* \* \* \* \*

Zaprezentowany sposób modelowania stosunków międzynarodowych za pomocą aparatu teorii regulacji jest podejściem nowym, bazującym na sprawdzonych podstawach teoretycznych. W związku z tym istnieją realne przesłanki do podjęcia szerszych rozważań nad wykorzystaniem układów cybernetycznych ze sprzężeniem zwrotnym do badań tak bardzo skomplikowanych problemów polityczno-społecznych, jak np. kształtowanie bezpieczeństwa międzynarodowego według

standardów przyjętych w praktyce stosunków międzynarodowych. W artykule został przedstawiony jedynie zamysł wykorzystania dorobku teorii automatycznej regulacji do kształtowania bezpieczeństwa międzynarodowego w funkcji zagrożeń.

Niezwykle skomplikowany system stosunków międzynarodowych należy do klasy wielkich systemów społeczno-politycznych o dużej skali złożoności i wielokryterialnych formułach funkcjonowania. Wykorzystanie dorobku teorii regulacji wymaga zbudowania adekwatnych modeli matematycznych opisujących system stosunków międzynarodowych w kategoriach cybernetycznych układów sterowania. Zasadniczym problemem jest zdefiniowanie wektorów wejściowych i wyjściowych za pomocą jawnych funkcji wielu zmiennych lub odpowiednich funkcjonałów. Kolejnym problemem będzie ustalenie formuły transmitancji całego układu stosunków międzynarodowych, jak też obu jego członów – układu regulowanego obejmującego czynniki geopolityczne i regulatora obejmującego czynniki operacyjne. Jednak podstawową trudnością będzie zdefiniowanie stosunków międzynarodowych w kategoriach zdeterminowanego wielkiego systemu i opisanie go za pomocą ścisłych modeli matematycznych.

Pokonanie tego progu otwiera drogę do prowadzenia efektywnych badań teoretycznych i praktycznych najbardziej złożonych systemów społeczno-politycznych za pośrednictwem sprawdzonych teorii i metod opartych na aparacie teorii automatycznej regulacji. Dysponowanie możliwie dokładnymi modelami matematycznymi jest warunkiem koniecznym do podjęcia kolejnego etapu badań w oparciu o coraz doskonalsze techniki symulacji komputerowej. Dopiero wdrożenie nowoczesnych modeli symulacyjnych pozwala na niezwykle efektywne badania nawet najbardziej złożonych wielkich systemów, do których bez wątpienia należy system stosunków międzynarodowych i wszystkie jego aspekty badawcze.

Sprawa matematycznego modelowania tak wielkiego systemu jest tym bardziej aktualna, że problematyka stosunków międzynarodowych jest w dobie dzisiejszej podstawą budowania wszelkich koncepcji bezpieczeństwa międzynarodowego i kształtowania nowego ładu społeczno-politycznego opartego na minimalizacji zagrożeń i wzroście szeroko pojętej współpracy międzynarodowej. Aktualność problematyki dodatkowo podnosi fakt, że od czterech lat w Akademii Marynarki Wojennej na Wydziale Zarządzania i Dowodzenia prowadzony jest nowy kierunek studiów o nazwie stosunki międzynarodowe, cieszący się ogromnym zainteresowaniem studentów i dużym uznaniem rynkowym.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] *Bezpieczeństwo narodowe i międzynarodowe u schyłku XX w.*, red. E. Bobrow, R. Haliżak, R. Zięba, Warszawa 1997.
- [2] Ashby W. R., *Wstęp do cybernetyki*, PWN, Warszawa 1968.
- [3] Bierzanek R., *Współczesne stosunki międzynarodowe*, Warszawa 1980.
- [4] Bodnar A. Szczepański W. J., *Stosunki międzynarodowe. Problemy badań i teorii*, Warszawa 1983.
- [5] Bubnicki Z., *Identyfikacja obiektów sterowania*, PWN, Warszawa 1974.
- [6] Burton R., *International Relations. A General Theory*, Cambridge University, Cambridge 1965.
- [7] Deutsch C. W., *The Analysis of International Relations*, Prentice Hall 1968.
- [8] Iwachnienko A. G., *Cybernetyka techniczna*, PWT, Warszawa 1964.
- [9] Kaczorek T., *Teoria regulacji automatycznej*, WNT, Warszawa 1977.
- [10] Kossecki J., *Cybernetyka społeczna*, PWN, Warszawa 1975.
- [11] Konieczny J., *Inżynieria systemów działania*, WNT, Warszawa, 1983.
- [12] Kukułka J., *Problemy stosunków międzynarodowych*, Warszawa 1978.
- [13] Mazur M., *Cybernetyczna teoria układów samodzielnych*, PWN, Warszawa 1966.
- [14] Mynarski S., *Elementy teorii systemów i cybernetyki*, PWN, Warszawa 1979.
- [15] Sadowski W., *Podstawy ogólnej teorii systemów*, PWN, Warszawa 1978.
- [16] Staniszewski R., *Cybernetyka systemów projektowania*, Ossolineum, Wrocław 1980.
- [17] Stańczyk J., *Współczesne pojmowanie bezpieczeństwa*, Warszawa 1996.
- [18] *Stosunki międzynarodowe*, red. W. Malendowski, C. Mojsiewicz, Warszawa 2003.
- [19] Toffler A. H., *Wojna i antywojna. Jak przetrwać na progu XXI wieku*, Warszawa 1997.
- [20] Towpik A., *Bezpieczeństwo międzynarodowe a rozbrojenie*, Warszawa 1971.
- [21] Waltz K. N., *Theory of International Relations*. Addison-Wesley, Reading, 1979.
- [22] Węgrzyn S., *Podstawy automatyki*, PWN, Warszawa 1976.

**ABSTRACT**

The paper presents a model of foreign relations as a complex socio-political system, whose functioning was illustrated by means of an automatic regulation system with an added loop of feedback. Following the assumptions of the regulation theory, two systems were set apart within the model: regulated system S and regulating system R. The architecture of the regulated system S was referred to the category of relatively constant conditioning factors identified with the so-called geopolitical factors. In the model the action of regulator R is represented by dynamic realization factors, identified with operational factors. The dynamic regulator R, through the loop of feedback, introduces to the model correction  $\Delta Z$  which controls relations between the input threat vector T and the output security vector S. The presented way of modeling foreign relations by means of the regulation theory is a novel approach, based on proven theoretical basis in the field of cybernetics.

Recenzent kontradm. prof. dr hab. inż. Zygmunt Kitowski