DOI:10.17951/k.2018.25.1.39

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA
VOL. XXV, 1 SECTIO K 2018

Uniwersytet Śląski w Katowicach

MATEUSZ WAJZER

Teoriogrowe modele bezpieczeństwa narodowego – podstawowe zagadnienia i przykłady

Game Theory Models of National Security – Basic Issues and Examples

ABSTRAKT

Artykuł jest zwięzłym wprowadzeniem w problematykę wykorzystania modeli teoriogrowych w badaniach bezpieczeństwa narodowego. Podzielono go na cztery części. W części pierwszej omówiono podstawowe zagadnienia teoretyczne, tj.: podział na analityczną i behawioralną teorię gier, pojęcie racjonalności graczy, założenie o wspólnej wiedzy graczy o ich racjonalności, pojęcie równowagi Nasha, pojęcie efektywności w sensie Pareto oraz klasyfikacje gier. W części drugiej opisano pokrótce ewolucję teoriogrowych analiz bezpieczeństwa narodowego. Zwrócono uwagę na związki między rozwojem teorii gier a potrzebami militarnymi. W części trzeciej wskazano przykładowy sposób użycia modeli teorii gier w badaniach bezpieczeństwa narodowego. Szczegółowo omówiono stosunki handlowe przyjmujące schemat interakcji dylematu więźnia. W toku analiz przybliżono ogólny model dylematu więźnia, grę wyjściową definiującą rozpatrywany problem oraz jego rozwiązania w postaci gry iterowanej oraz metagry. Całość rozważań zwieńczyło podsumowanie.

Analizy wskazują następujące zalety stosowania modeli teoriogrowych w badaniach bezpieczeństwa narodowego: 1) modele teoriogrowe znacznie upraszczają analizowane interakcje, przez co pozwalają wniknąć w głąb procesów, wydobywając te cechy i związki, które do tej pory umykały badaczom; 2) stosowanie modeli teorii gier nie wymaga od badaczy znajomości skomplikowanych formalizmów matematycznych; 3) modele teorii gier umożliwiają identyfikację dylematów społecznych, czyli sytuacji, w których zachodzi sprzeczność krótkoterminowego interesu jednostki z długoterminowym interesem społecznym.

Słowa kluczowe: teoria gier, bezpieczeństwo narodowe, stosunki handlowe, dylemat więźnia

WSTĘP

Ukonstytuowanie się współczesnej teorii gier należy wiązać z publikacją *Theory of Games and Economic Behavior* [1944] Johna von Neumanna i Oskara Morgensterna. Od momentu jej ukazania się teoria gier znalazła zastosowanie w wielu dyscyplinach. Wśród nich należy wymienić: ekonomię, politologię, socjologię, psychologię, prawo, filozofię, biologię, matematykę, fizykę, informatykę. W politologii stanowi ona jedno z podstawowych narzędzi analiz: zachowań wyborczych i zachowań legislacyjnych, procesów formowania koalicji politycznych, procesów transformacji ustrojowej oraz problematyki związanej z bezpieczeństwem narodowym. W niniejszym artykule skoncentrowano się na ostatnim z wymienionych obszarów zastosowań.

ISTOTA TEORII GIER

Teoria gier jest matematyczną teorią interakcji zachodzących pomiędzy racjonalnymi graczami. Można ją podzielić – z grubsza rzecz ujmując – na dwa główne działy: analityczną teorię gier i behawioralną teorię gier. W ramach pierwszego bada się graczy „idealnych", stosując operacje logiczne. Wnioski na temat ich związku z rzeczywistymi uczestnikami skomplikowanych sieci relacji społecznych są wyciągane na podstawie określonych analogii. W ramach drugiego natomiast są prowadzone empiryczne analizy decyzji podejmowanych przez ludzi w warunkach laboratoryjnych. Dostarczają one danych umożliwiających identyfikację odchyleń od założeń modelu. Ze względu jednak na to, że eksperymenty laboratoryjne tworzą warunki jedynie imitujące osadzenie w konkretnych kontekstach społecznych, wnioski wyciągane na ich podstawie powinna cechować daleko idąca wstrzemięźliwość [Haman 2014: 71–101].

Do podstawowych założeń teorii gier należy zaliczyć założenie o racjonalności graczy oraz założenie o wspólnej wiedzy graczy o ich racjonalności. Zgodnie z pierwszym, celem uczestników gry powinno być dążenie do maksymalizacji swoich funkcji użyteczności. Zgodnie z drugim, wymaga się, aby każdy gracz wiedział, że pozostali są racjonalni, a także to, że oni wiedzą, że on o tym wie, i tak dalej w nieskończoność [Riechmann 2014: 31–32].

Głównym celem analiz teoriogrowych jest odnalezienie optymalnych strategii graczy, tzn. będących najlepszymi odpowiedziami na siebie nawzajem. Para takich strategii jest nazywana równowagą Nasha. Co istotne, równowaga Nasha nie zawsze bywa efektywna w sensie Pareto, możliwe są bowiem sytuacje, w których gra będzie miała inne wyniki, gwarantujące obu graczom wyższe wypłaty lub tylko jednemu z nich wyższą, a drugiemu taką samą [Straffin 2004: 87].

W literaturze przedmiotu są omawiane różnego rodzaju cechy gier oraz metody ich klasyfikowania [por. Zagare 1986: 61–63; Roy i in. 2010: 3–7]. Biorąc pod uwagę takie kryteria, jak: 1) liczba graczy, 2) stopnień sprzeczności ich interesów, 3) możliwość tworzenia koalicji, 4) czas podejmowania decyzji, 5) możliwość powtarzania gry czy 6) dostępność informacji, można wyróżnić:

1) gry dwuosobowe i gry *n*-osobowe;
2) gry o sumie zerowej (ściśle konkurencyjne) i gry o sumie niezerowej (częściowo konkurencyjne) – w grach o sumie zerowej wygrana jednego z graczy oznacza dokładnie taką samą przegraną drugiego gracza; w grach o sumie niezerowej interesy graczy nie są dokładnie przeciwstawne;
3) gry kooperacyjne i gry niekooperacyjne – w grach kooperacyjnych dopuszcza się możliwość tworzenia koalicji graczy, im też są przypisywane wykonywane akcje; w grach niekooperacyjnych gracze podejmują decyzje pojedynczo;
4) gry w postaci strategicznej (normalnej) i gry w postaci ekstensywnej (rozwiniętej) – strategiczna postać gry odzwierciedla sytuacje, w których gracze podejmują decyzje jednocześnie bądź niekoniecznie w tej samej jednostce czasu, jednak bez wiedzy o wyborach przeciwników (wyniki są prezentowane w formie macierzy); postać ekstensywna opisuje sytuacje, w których gracze podejmują decyzje sekwencyjnie [wyniki gry oraz jej przebieg prezentuje drzewo gry (graf skierowany)];
5) gry jednokrotne oraz gry wielokrotne (iterowane);
6) gry z pełną informacją i gry z niepełną informacją – w grach z pełną informacją gracze znają zbiory strategii dostępnych im oraz ich przeciwnikom oraz mają kompletną informację na temat możliwych wyników gry; w grach z niepełną informacją nie ma takiej wiedzy; gry z doskonałą informacją i gry z niedoskonałą informacją – w tych pierwszych gracze znają dotychczasowy przebieg rozgrywki, w drugich występuje istotny deficyt danych na temat wyborów dokonanych przez rywali w poprzednich posunięciach.

Aparat pojęciowy teorii gier umożliwia zatem dosyć precyzyjną klasyfikację sytuacji decyzyjnych, w jakich mogą się znaleźć gracze. Uporządkowana wiedza, zgodnie z wcześniej przyjętymi kryteriami, pozwala na budowę wyjaśnień ludzkich decyzji, co w konsekwencji stanowi podstawę formułowania ich prognoz oraz wskazuje normatywne elementy teorii pomagające określić, jak racjonalni gracze powinni się zachować w analizowanych sytuacjach [Załuski 2016: 278–279].

TEORIA GIER W BADANIACH BEZPIECZEŃSTWA NARODOWEGO

Intensywny rozwój teorii gier przypadający na drugą połowę XX wieku był zdeterminowany między innymi zagrożeniami, jakie dla bezpieczeństwa narodowego[1] Stanów Zjednoczonych niosła zimna wojna [Mirowski 1991; Poundstone 1993; O'Neill 1994]. Widmo konfliktu nuklearnego ze Związkiem Radzieckim skłoniło amerykań-

[1] Bezpieczeństwo narodowe potraktowano w niniejszej pracy jako pojęcie o szerszym znaczeniu niż bezpieczeństwo państwa. Oprócz troski o struktury tworzące państwo, jego integralność terytorialną oraz

skich decydentów do zaangażowania czołowych przedstawicieli kierunku w prace nad możliwymi scenariuszami przyszłego starcia. W początkowej fazie konfrontacji ideologicznej rozważano przede wszystkim prawdopodobieństwo radzieckiej reakcji na amerykański atak prewencyjny. W dalszych fazach rywalizacji mocarstw pojawiło się wiele nowych kwestii, np. szczególnie palący problem obustronnej kontynuacji bądź ograniczania rozbudowy arsenału broni niekonwencjonalnej. Organizacją stwarzającą szczególne warunki tak materialne, jak i intelektualne do tego rodzaju analiz była RAND Corporation. Wystarczy nadmienić, że dla think tanku z Santa Monica pracowali tak prominentni matematycy i ekonomiści, jak: John von Neumann, John F. Nash, Robert J. Aumann, Thomas C. Schelling czy Lloyd S. Shapley.

Przełomowym momentem w teoriogrowych analizach bezpieczeństwa narodowego była bez wątpienia publikacja z 1960 r. *Strategia konfliktu* [wyd. polskie 2013] Thomasa C. Schellinga. Zasługi laureata Nagrody Banku Szwecji im. Alfreda Nobla w dziedzinie ekonomii za 2005 rok polegają w głównej mierze na wykazaniu znaczenia gier o sumie niezerowej dla analiz sytuacji konfliktu i współpracy. W rzeczywistym świecie bowiem konflikty interesów niezwykle rzadko (o ile w ogóle) bywają ściśle przeciwstawne. Przed pracą Schellinga, osadzoną bardzo mocno w problematyce odstraszania nuklearnego i kontroli zbrojeń, przedstawiciele nauk społecznych niedostatecznie zdawali sobie z tego sprawę. Nowe spojrzenie na znaną już problematykę otworzyło wiele możliwości dla zastosowania teorii gier w badaniach szerokiego spektrum zjawisk konstytuujących rzeczywistość społeczną [Haman 2014: 16–17].

Oprócz zagrożeń militarnych, wśród których możemy jeszcze wymienić: powstawanie konfliktów zbrojnych i wojen między państwami [Powell 2002], zawieranie sojuszy [Smith 1995] czy rozwój terroryzmu [Sandler, Arce 2003], badaniom z wykorzystaniem teorii gier są poddawane również innego rodzaju zjawiska naruszające fundamenty bezpieczeństwa narodowego, np. społecznie nieracjonalna eksploatacja zasobów naturalnych [Hardin 1968; Madani 2009], cyberataki [Roy i in. 2010] czy wojny handlowe [Ahlvik 2009]. W dalszej części artykułu omówiono ostatnie z powyższych zagrożeń[2].

STOSUNKI HANDLOWE JAKO DYLEMAT WIĘŹNIA

Powszechnie zwykło się przyjmować, że gospodarka światowa będzie efektywniej funkcjonować, jeśli wszystkie narody przystąpią do porozumień handlowych liberalizujących międzynarodowy przepływ towarów, kapitału, usług oraz pracowników.

niezależność polityczną pod pojęciem bezpieczeństwa narodowego należy rozumieć zatem również ochronę: środowiska naturalnego, sektora energetycznego, systemów teleinformatycznych, systemu produkcji, dystrybucji i konsumpcji dóbr, a także wartości przyjętych na określonym terytorium w danym czasie, np. kultury, zwyczajów, obyczajów czy tożsamości narodowej.

[2] Zostało ono wybrane zupełnie arbitralnie. Kontekst, w jakim prowadzone są analizy, ma w tym wypadku charakter drugorzędny.

W dłuższej perspektywie natomiast przeciwdziałanie tendencjom protekcjonistycznym, tak silnym w międzynarodowych stosunkach gospodarczych przed II wojną światową, ma stanowić jeden z fundamentów pokojowej koegzystencji narodów[3]. Rzeczywistość pokazuje jednak, że pojedyncze państwa bądź ich związki mogą dążyć, zwłaszcza zaś pod wpływem nacisków wewnętrznych, do ochrony własnych rynków przed konkurencją zagraniczną. Owe napięcia ilustruje gra zachowująca schemat interakcji dylematu więźnia (DW) [por. Luce, Raiffa 1964: 95–102; Straffin 2004: 94–104; McCarty, Meirowitz 2007: 200–216; Riechmann 2014: 141–152].

OGÓLNY MODEL DYLEMATU WIĘŹNIA

Zgodnie z podstawowymi założeniami ogólnego modelu DW gracze (G_1 i G_2) niezależnie od siebie wybierają jedną z dwu strategii: „współpraca" (*W*) lub „odmowa współpracy" (*OW*). Wypłaty, które mogą uzyskać na skutek obrania *W* lub *OW*, oznaczono następującymi literami: *a* – nagroda za obopólną współpracę, *b* – kara za wzajemną defekcję, *c* – wypłata dla gracza, który zdradził, gdy przeciwnik kooperował, *d* – wypłata za współpracę, gdy przeciwnik zdradził.

Tabela 1. Macierz wypłat ogólnego modelu dylematu więźnia

$G_1 \setminus G_2$	W	OW
W	a, a	d, c
OW	c, d	b, b*

Źródło: Opracowanie własne.
(x, y) = wypłata G_1, wypłata G_2.
* Równowaga Nasha.

Wartości wypłat spełniają w DW dwie nierówności:
1) $c > a > b > d$,
2) $2a > d + c$.

Pierwsza nierówność powoduje, że graczom bardziej się opłaca odmowa współpracy, gdyż $c > a$ i $b > d$. Jednocześnie pojawia się dylemat związany z faktem, że $a > b$, co czyni współpracę obu graczy bardziej pożądaną niż wzajemną zdradę. Druga nierówność nabiera znaczenia w grze powtarzanej. Czyni ona serię wyników [(*W*, *W*); (*W*, *W*); (*W*, *W*); (*W*, *W*)…] rozwiązaniem korzystniejszym niż naprzemienne granie [(*W*, *OW*); (*OW*, *W*); (*W*, *OW*); (*OW*, *W*)…].

W DW równowagę Nasha tworzy kombinacja strategii (*OW*, *OW*). Nie jest ona efektywna w sensie Pareto.

[3] Powszechność tego poglądu jest oczywiście dużym uproszczeniem. Należy mieć po prostu na uwadze, że na obecnym etapie ewolucji społeczeństw ludzkich doktryny wywodzące się z ekonomii klasycznej zyskały (przede wszystkim na Zachodzie) status porównywalny niemalże do dogmatów religijnych.

GRA WYJŚCIOWA

W grze wyjściowej uczestniczą dwa podmioty międzynarodowych stosunków gospodarczych, między którymi dochodzi do pojedynczej interakcji. Przyjmijmy, że będą to dwa związki państw. Zostały one oznaczone odpowiednio Z_1 oraz Z_2. Zbiór strategii każdego z graczy składa się z dwóch elementów: *M* – manchesteryzm (strategia kooperacyjna) i *P* – protekcjonizm (strategia niekooperacyjna). Co istotne, decyzje o wyborze *M* lub *P* są podejmowane bądź w tym samym czasie, bądź w różnych chwilach, jednak bez wiedzy o posunięciu przeciwnika.

Posługując się oznaczeniami przyjętymi w ogólnym modelu DW, uzyskujemy następującą strukturę wypłat: $c = 6$, $a = 4$, $b = 2$, $d = 1$, gdzie $6 > 4 > 2 > 1$ i $2 \times 4 > 1 + 6$.

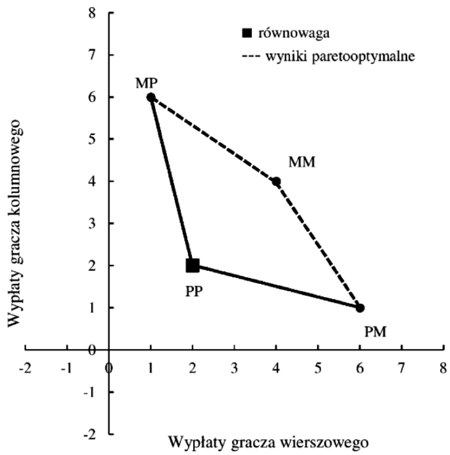
Tabela 2. Macierz wypłat gry wyjściowej

$Z_1 \setminus Z_2$	M	P
M	4, 4	1, 6
P	6, 1	2, 2*

Źródło: Opracowanie własne.
(x, y) = wypłata Z1, wypłata Z2.
* Równowaga Nasha.

W grze są możliwe cztery kombinacje strategii:

- (*M*, *M*) prowadząca do wyniku (4, 4),
- (*M*, *P*) prowadząca do wyniku (1, 6),
- (*P*, *M*) prowadząca do wyniku (6, 1),
- (*P*, *P*) prowadząca do wyniku (2, 2).



Rycina 1. Wielobok wypłat gry wyjściowej.

Źródło: Opracowanie własne.

Analiza wypłat zawartych w tabeli 2 pokazuje, że strategia *P* jest dla obu graczy silnie dominująca, co prowadzi do równowagi (*P*, *P*). Wynik ten nie jest paretooptymalny, gdyż istnieje para strategii (*M*, *M*), która dawałaby obydwu graczom rezultat korzystniejszy. Geometryczną prezentację tej sytuacji oddaje rycina 1. Na osi odciętych odłożono użyteczność Z_1, a na osi rzędnych – użyteczność Z_2. Wyniki paretooptymalne zaznaczono przerywaną linią; równowagę Nasha symbolizuje punkt w kształcie kwadratu.

Cechą charakterystyczną gier powielających strukturę DW jest konflikt między racjonalnością indywidualną (kryterium dominacji) a racjonalnością społeczną (kryterium efektywności Pareto). Dbając o swoje interesy, gracze wybierają politykę protekcjonistyczną. W efekcie dochodzi do wojny handlowej, na której tracą wszyscy.

ROZWIĄZANIE I. GRA ITEROWANA

Rzeczywistość pokazuje jednak, że stosunki między państwami czy związkami państw rzadko ograniczają się do pojedynczych interakcji. Zobaczmy zatem, czy wynik gry ulegnie zmianie, jeśli rozegramy ją na przykład dwukrotnie. W takim wypadku wypłaty z rundy pierwszej i z rundy drugiej ulegają zsumowaniu, zaś wybór strategii w rundzie drugiej zależy od strategii wybranej przez przeciwnika w rundzie pierwszej. W związku z tym każdy z graczy dokonuje wyboru spośród ośmiu strategii: $M_1M_2M_2$, $M_1M_2P_2$, $M_1P_2M_2$, $M_1P_2P_2$, $P_1M_2M_2$, $P_1M_2P_2$, $P_1P_2M_2$, $P_1P_2P_2$. Dla przykładu $M_1M_2P_2$ oznacza: graj *M* w rundzie pierwszej i *M* w rundzie drugiej, jeśli przeciwnik zagra *M* w rundzie pierwszej, w przeciwnym razie graj *P*.

Tabela 3. Macierz wypłat gry rozgrywanej dwukrotnie

$Z_1 \setminus Z_2$	$M_1M_2M_2$	$M_1M_2P_2$	$M_1P_2M_2$	$M_1P_2P_2$	$P_1M_2M_2$	$P_1M_2P_2$	$P_1P_2M_2$	$P_1P_2P_2$
$M_1M_2M_2$	8, 8	8, 8	5, 10	5, 10	5, 10	5, 10	2, 12	2, 12
$M_1M_2P_2$	8, 8	8, 8	5, 10	5, 10	7, 7	7, 7	3, 8	3, 8
$M_1P_2M_2$	10, 5	10, 5	6, 6	6, 6	5, 10	5, 10	2, 12	2, 12
$M_1P_2P_2$	10, 5	10, 5	6, 6	6, 6	7, 7	7, 7	3, 8	3, 8
$P_1M_2M_2$	10, 5	7, 7	10, 5	7, 7	6, 6	3, 8	6, 6	3, 8
$P_1M_2P_2$	10, 5	7, 7	10, 5	7, 7	8, 3	4, 4	8, 3	4, 4
$P_1P_2M_2$	12, 2	8, 3	12, 2	8, 3	6, 6	3, 8	6, 6	3, 8
$P_1P_2P_2$	12, 2	8, 3	12, 2	8, 3	8, 3	4, 4	8, 3	4, 4*

Źródło: Opracowanie własne.
(x, y) = wypłata Z_1, wypłata Z_2.
* Równowaga Nasha.

Gra z dwiema iteracjami ma jedną równowagę Nasha w strategiach czystych ($P_1P_2P_2$, $P_1P_2P_2$). Wynik ten może zostać uogólniony na każdy skończony ciąg rozgrywek. Brak chęci do współpracy tłumaczy proste, lecz nietrywialne rozumowanie: w ostatniej rundzie wybierz *P*, gdyż przeciwnik nie będzie mógł się już zrewanżować tym samym. Dlatego w ostatniej rundzie obaj gracze grają *P*. Jeżeli wiadomo, że w ostatniej rundzie przeciwnik i tak zagra *P*, to w przedostatniej rundzie również bardziej opłaca się grać *P* itd.

W grze wielokrotnej powielającej strukturę DW prawdopodobieństwo zaistnienia równowagi o charakterze kooperacyjnym wzrasta, gdy graczom nie jest znana liczba zaplanowanych iteracji[4]. Jak pokazały turnieje zorganizowane przez Roberta Axelroda [1984], jedną z równowag paretooptymalnych (zakładając postępowanie lojalne) tworzy para strategii „wet za wet" (*WZW*). Gracz stosujący *WZW* jest wyposażony w dwie proste instrukcje: w pierwszej rundzie kooperuj, w każdej następnej iteracji powielaj wybór rywala z poprzedniej rozgrywki. Do kluczowych cech *WZW* należy zaliczyć: przyjazność – nigdy nie zdradzaj jako pierwszy; symetryczność reakcji – jeśli zostałeś zdradzony zdradzaj, w przeciwnym razie kooperuj; wyrozumiałość – po ukaraniu zdrady bądź gotów do współpracy; przejrzystość – trzymaj się zasad łatwych do przewidzenia. Cechy te przesądzają o uniwersalności strategii, ponieważ z jednej strony pozwalają osiągać dobre wyniki w interakcjach z graczami wykazującymi chęć do współpracy, z drugiej zaś chronią przed wyzyskiem ze strony zdrajców[5].

Wyciągając wnioski o rzeczywistości społecznej na podstawie omówionych modeli iterowanego DW, należy pamiętać, że pomijają one wiele czynników mogących zaważyć na wyniku interakcji, np. komunikację między graczami[6], wpływ postronnych podmiotów czy niepewność co do rzeczywistych posunięć z przeszłości.

ROZWIĄZANIE II. METAGRA

Inny sposób uzyskania równowagi o charakterze kooperacyjnym dostarcza rozumowanie polegające na budowie oraz analizie opcji i scenariuszy w ramach tzw. metagry [Howard 1971, 1989]. Uczestnicy metagry antycypują posunięcia przeciwników, kierując się metastrategiami – strategiami wyboru strategii. Kombinacje strategii tworzące równowagi Nasha noszą nazwę metarównowag[7].

Rozpocznijmy od metagry pierwszego stopnia. Z_2 podejmuje w niej decyzję na podstawie poprawnych przewidywań zamiarów Z_1. Idąc tym tropem, Z_2 może:

- wybrać *M* bez względu na spodziewaną decyzję rywala – metastrategia *MM*,
- wybrać tę samą strategię, jakiej oczekuje po Z_1 – metastrategia *MP*,
- wybrać strategię przeciwną do oczekiwanej po Z_1 – metastrategia *PM*,
- zdecydować się na *P* bez względu na przewidywany wybór przeciwnika – metastrategia *PP*.

[4] W takim wypadku rozegranie każdej kolejnej rundy można jedynie oszacować z określonym prawdopodobieństwem.

[5] W turniejach Axelroda strategia *WZW* uzyskała najlepszy średni wynik z gry przeciwko wszystkim pozostałym strategiom.

[6] Zachodzi ona jedynie przez struktury wyborów dokonanych w poprzednich ruchach.

[7] Interesującą analizę metagrową zjawiska odstraszania z zachowaniem schematu interakcji „gry w cykora" (*chicken*) przeprowadzili F.C. Zagare i D.M. Kilgour [2000: 58–63].

Macierz wypłat jest złożona z 8 wyników (2 strategie Z_1 × 4 metastrategie Z_2).

Tabela 4. Macierz wypłat metagry pierwszego stopnia

$Z_1 \setminus Z_2$	MM	MP	PM	PP
M	4, 4	4, 4	1, 6	1, 6
P	6, 1	2, 2	6, 1	2, 2*

Źródło: Opracowanie własne.
(x, y) = wypłata Z_1, wypłata Z_2.
* Metarównowaga.

W metagrze pierwszego stopnia[8] występuje jedna metarównowaga w strategiach czystych (*P*, *PP*). Ma ona, podobnie jak w grze wyjściowej (tab. 2), charakter niekooperacyjny. Zobaczmy, czy sytuacja ulegnie zmianie po przejściu na drugi poziom rozumowania, tzn. gdy decyzja Z_1 będzie uzależniona od tego, w jaki sposób Z_2 przewiduje decyzję Z_1. W takim układzie Z_1 ma do wyboru 16 metastrategii. I tak, metastrategia *MPPM* oznacza, że Z_1 wybierze *M*, jeśli uważa, że Z_2 wskaże *MM* lub *PP*, natomiast *P*, jeśli sądzi, że Z_2 zdecyduje się na *MP* bądź na *PM*.

Tym razem macierz wypłat jest złożona z 64 wyników (16 metastrategii Z_1 × 4 metastrategie Z_2).

Tabela 5. Macierz wypłat metagry drugiego stopnia

$Z_1 \setminus Z_2$	MM	MP	PM	PP
MMMM	4, 4	4, 4	1, 6	1, 6
MMMP	4, 4	4, 4	1, 6	2, 2
MMPM	4, 4	4, 4	6, 1	1, 6
MMPP	4, 4	4, 4*	6, 1	2, 2
MPMM	4, 4	2, 2	1, 6	1, 6
MPMP	4, 4	2, 2	1, 6	2, 2
MPPM	4, 4	2, 2	6, 1	1, 6
MPPP	4, 4	2, 2	6, 1	2, 2
PMMM	6, 1	4, 4	1, 6	1, 6
PMMP	6, 1	4, 4	1, 6	2, 2
PMPM	6, 1	4, 4	6, 1	1, 6
PMPP	6, 1	4, 4*	6, 1	2, 2
PPMM	6, 1	2, 2	1, 6	1, 6
PPMP	6, 1	2, 2	1, 6	2, 2
PPPM	6, 1	2, 2	6, 1	1, 6
PPPP	6, 1	2, 2	6, 1	2, 2*

Źródło: Opracowanie własne.
(x, y) = wypłata Z_1, wypłata Z_2.
* Metarównowagi.

[8] Model ten może być również interpretowany w kategoriach właściwych dla gier sekwencyjnych. W takim wypadku Z_1 podejmowałby decyzję jako pierwszy.

Drugi poziom wzajemnego uzależnienia strategii prowadzi do trzech metarównowag w strategiach czystych: jednej niekooperacyjnej (*PPPP*, *PP*) oraz dwóch kooperacyjnych (*MMPP*, *MP*) i (*PMPP*, *MP*)[9]. Proces myślowy skutkujący uzyskaniem zachowań kooperacyjnych na podstawie obustronnie prawidłowych predykcji zamiarów przeciwnika posiada jednak istotny mankament. Jest nim, jak zauważył Philip D. Straffin [2004: 100], konieczność ciągłego czytania w myślach przeciwnika, co w ramach skomplikowanych układów sił i relacji tworzących środowisko międzynarodowe może się okazać przeszkodą nie do pokonania.

ZAKOŃCZENIE

Modele teoriogrowe są wykorzystywane obecnie w wielu dyscyplinach. W politologii stosuje się je między innymi w analizach problematyki związanej z bezpieczeństwem narodowym. Szczegółowym badaniom są poddawane zarówno zagrożenia o charakterze militarnym, np. inicjacja i eskalacja konfliktów i wojen, jak i zagrożenia niemilitarne, np. cyberterroryzm, społecznie nieracjonalna eksploatacja zasobów naturalnych czy analizowane w niniejszym artykule wojny handlowe. Wartość dostatecznie dobrze dopasowanych modeli do sytuacji stwarzających wysokie ryzyko zaistnienia niepożądanych konsekwencji jest nie do przecenienia. W wielu wypadkach pozwalają one nie tylko na identyfikację poznawczo interesujących „dylematów (pułapek) społecznych" (np. schematu interakcji właściwego dla DW), ale również na implementację wniosków wyciąganych na ich podstawie w praktyce[10]. Natomiast z metodologicznego punktu widzenia ważną cechą modelowania teoriogrowego jest brak konieczności użycia skomplikowanego aparatu matematycznego.

BIBLIOGRAFIA

Ahlvik, L. 2009. *Free Trade as a Repeated Game*, Independent Research Project in Applied Mathematics, Helsinki University of Technology, Espoo, http://salserver.org.aalto.fi/va nhat_sivut/Opinnot/Mat-2.4108/pdf-files/eahl09.pdf (dostęp: 14.05.2017).

Axelrod, R. 1984. *The Evolution of Cooperation*, Basic Books, New York, http://www.eleuter a.org/wp-content/uploads/2015/07/The-Evolution-of-Cooperation.pdf (dostęp: 1.05.2017).

Haman, J. 2014. *Gry wokół nas. Socjolog i teoria gier*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa.

Hardin, G. 1968. *The tragedy of the commons*, „Science", vol. 162, nr 3859, s. 1243–1248, http://pages.mtu.edu/~asmayer/rural_sustain/governance/Hardin%201968.pdf, (dostęp: 29.05.2017), **DOI: https://doi.org/10.1126/science.162.3859.1243.**

[9] Równowagi kooperacyjne są paretooptymalne, jednak tylko druga została wyznaczona na podstawie strategii dominującej Z_1.

[10] Nie bez znaczenia dla społecznych form egzystencji ludzkiej jest konstatacja, że w dostatecznie długim czasie czynnikiem skłaniającym jednostki lub zbiorowości do współpracy może się okazać (przy deficycie altruizmu) egoistyczne dążenie do maksymalizacji własnych korzyści bądź do minimalizacji strat.

Howard, N. 1971. *Paradoxes of Rationality: Games, Metagames, and Political Behavior*, The MIT Press, Cambridge MA.
Howard, N. 1989. *The manager as politician and general: The metagame approach to analysing cooperation and conflict*, [w:] *Rational Analysis for a Problematic World: Problem Structuring Methods for Complexity, Uncertainty and Conflict*, J. Rosenhead (red.), John Wiley & Sons, Chichester UK, s. 239–262.
Luce, R.D., Raiffa, H. 1964. *Gry i decyzje*, J. Kucharczyk (tłum.), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
Madani, K. 2010. *Game theory and water resources*, „Journal of Hydrology”, vol. 381, nr 3–4, s. 225–238, **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.11.045.**
McCarty, N., Meirowitz, A. 2007. *Political Game Theory: An Introduction*, Cambridge University Press, Cambridge, http://www.princeton.edu/~nmccarty/Political_Game_Theory%20.pdf (dostęp: 28.04.2017).
Mirowski, P. 1991. *When games grow deadly serious: The military influence on the evolution of game theory*, [w:] *Economics and National Security: A History of Their Interactions*, C.D. Goodwin (red.), Duke University Press, Durham–London, vol. 23, s. 227–256.
O'Neill, B. 1994. *A survey of game theory models on peace and war*, [w:] *Handbook of Game Theory with Economic Applications*, R.J. Aumann, S. Hart (red.), North-Holland–Amsterdam, vol. 2, s. 995–1053.
Poundstone, W. 1993. *Prisoner's Dilemma: John von Neumann, Game Theory, and the Puzzle of the Bomb*, Oxford University Press, Oxford.
Powell, R. 2002. *Bargaining theory and international conflict*, „Annual Review of Political Science”, vol. 5, s. 1–30, https://my.vanderbilt.edu/bensonchina/files/2013/07/powell-bargaining.pdf (dostęp: 14.05.2017), **DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.polisci.5.092601.141138.**
Riechmann, T. 2014. *Spieltheorie*, Verlag Franz Vahlen, München.
Roy, S., Ellis, Ch., Shiva, S., Dasgupta, D., Shandilya, V., Wu, Q. (2010), *A survey of game theory as applied to network security*, [w:] *Proceedings of the 43rd Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*, Kauai HI, s. 1–10, http://ieeexplore.ieee.org/document/5428673/ (dostęp: 5.05.2017).
Sandler, T., Arce, D.G. 2003. *Terrorism and game theory*, „Simulation & Gaming”, vol. 34, nr 3, s. 319–337.
Schelling, T.C. 2013. *Strategia konfliktu*, J. Stawiński (tłum.), Wolters Kluwer, Warszawa.
Smith, A. 1995. *Alliance formation and war*, „International Studies Quarterly”, vol. 39, nr 4, s. 405–425, http://www.nyu.edu/gsas/dept/politics/faculty/smith/smith95.pdf (dostęp: 14.05.2017), **DOI: https://doi.org/10.2307/2600800.**
Straffin, P.D. 2004. *Teoria gier*, J. Haman (tłum.), Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa.
Von Neumann, J., Morgenstern, O. 1944. *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton University Press, Princeton.
Zagare, F.C. 1986. *Recent advances in game theory and political science*, [w:] *Annual Review of Political Science*, S. Long (red.), Ablex Publishing Corporation, Norwood NJ, s. 60–90, https://www.acsu.buffalo.edu/~fczagare/Chapters/Recent.PDF (dostęp: 5.05.2017).
Zagare, F.C., Kilgour, D.M. 2000. *Perfect Deterrence*, Cambridge University Press, Cambridge.
Załuski, W. 2016. *Racjonalność i teoria gier*, [w:] *Metaekonomia. Zagadnienia z filozofii ekonomii*, M. Gorazda, Ł. Hardt, T. Kwarciński (red.), Copernicus Center Press, Kraków, s. 277–302.

GAME THEORY MODELS OF NATIONAL SECURITY – BASIC ISSUES AND EXAMPLES

Abstract: The article is a brief introduction to the use of game theory models in studies of national security. It is divided into four parts. The first part discusses basic theoretical issues, i.e. the division of game theory into analytical and behavioural, the concept of the rationality of players, the assumption that the rationality of players is common knowledge, the Nash equilibrium, Pareto efficiency and the classification of games. The second part briefly describes the evolution of game theory analyses in national security. Attention is drawn to the relationship between the development of game theory and military requirements. The third part provides an example of how game theory models can be used in national security studies. Trade relations, which adopt the schema of interactions of the prisoner's dilemma, are discussed in detail.

During the analysis, the general model of the prisoner's dilemma, the initial game defining the problem under consideration, and its solutions in the form of an iterated game and metagame are presented. The entire discussion concludes with a summary.

The analyses indicate the following advantages of the application of game theory models to the study of national security: 1) game theory models significantly simplify the analysed interactions, thus, allowing to penetrate the processes, bringing out features and relations which have hitherto escaped researchers; 2) the application of game theory models does not require researchers to be familiar with complex mathematical formalisms; 3) game theory models enable the identification of social dilemmas, i.e. situations where the short-term interests of an individual are at odds with the long-term interests of society.

Keywords: game theory, national security, trade relations, prisoner's dilemma

BIOGRAM

Mateusz Wajzer, dr, adiunkt w Instytucie Nauk Politycznych i Dziennikarstwa Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach. Jego zainteresowania badawcze ogniskują się na zastosowaniach teorii gier w badaniach politologicznych. W swoich publikacjach podejmuje również problematykę ewolucji społecznej. Kontakt e-mail: mmwajzer@interia.pl.