

Ruchy strategiczne

Ireneusz Kottowski, koordynator ds. informatycznych
Olympus, Centrum Ekonomii Eksperymentalnej, Warszawa
Paweł Strawiński, doktorant
Wydział Nauk Ekonomicznych, Uniwersytet Warszawski

Wprowadzenie

Każda aktywność życiowa, również działalność ekonomiczna, wymaga współpracy wielu członków społeczeństwa. Każdy uczestnik tego rynku działa we własnym interesie, dążąc do postawionego sobie celu. Z tego powodu wiele sytuacji ekonomicznych, które wymagają współdziałania dwóch stron, prowadzi do konfliktu interesów. Sytuację tę można opisać jako grę, w której obie strony ekonomicznego konfliktu, dążąc do maksymalizacji swojej użyteczności, powodują, że jej końcowy rezultat jest ekonomicznie nieefektywny. Osiągane zazwyczaj rozwiązanie ma charakter stabilnej równowagi, ale nie jest ona efektywna w sensie Pareto. W naszym opracowaniu przedstawimy teoretyczne podstawy oraz zastosowania teorii gier w procesie negocjacji. Zrobimy to na podstawie modelu dwustronnego monopolu, w którym po jednej stronie występuje hurtownik-monopolista, a po drugiej jedyny odbiorca towaru na rynku. W pierwszej części pracy opiszemy jeden z podstawowych modeli teorii gier — dylemat więźnia. Następnie zastanowimy się, dlaczego jego rozwiązanie jest nieefektywne w sensie Pareto. Pokażemy, jak zmieniają się wyniki w zależności od dostępności zbioru informacyjnego. Następnie uzasadnimy za pomocą teorii ekonomicznych i psychologicznych, że w grach powtarzalnych osiągnięte rezultaty mogą być lepsze niż wynikające z równowagi Nasha, a przy spełnieniu pewnych założeń, wyniki gry mogą być Pareto-efektywne. W dalszej części pracy przedstawimy sytuacje w ekonomii i gospodarce, w których występuje problem dylematu więźnia. W ostatniej części naszej pracy skonfrontujemy przedstawioną teorię z wynikami przeprowadzonych eksperymentów ekonomicznych. Odpowiemy na pytanie, czy w sytuacjach konfliktu interesów, które opisuje się sekwencyjnym dylematem więźnia, jedynym rozwiązaniem gry jest wynik zaproponowany przez teorię, czyli rozwiązanie nieefektywne [Axelrod, 1984].

Część teoretyczna naszej pracy opiera się na pracach Davida Krepsa, Paula Milgroma, Johna Robertsa, Roberta Wilsona [1982], Davida Krepsa i Roberta Wilsona [1982] oraz na wynikach turnieju przeprowadzonego przez Roberta Axelroda [Axelrod, 1984]. Pomysł na eksperyment zaczerpnęliśmy z książki Philippa Straffina [2000]. Literaturę uzupełniają artykuły [Axelrod, May, 1968], [Macy, 1995], dotyczące analizy dylematu więźnia od strony psy-

chologicznej, oraz Albinaya Muthoo [2000] i Mike'a Shora [2001], które ten sam temat traktują od strony ekonomicznej. Część empiryczna pracy jest rezultatem eksperymentów przeprowadzonych na Wydziale Nauk Ekonomicznych Uniwersytetu Warszawskiego w kwietniu i w październiku 2002 roku.

1. Najprostsza gra — dylemat więźnia

Dylemat więźnia jest prostą grą, w której dwaj gracze mają do dyspozycji dwie możliwości: mogą współpracować lub zdradzić. Każdy z graczy musi dokonać wyboru swojego ruchu, przed poznaniem ruchu rywala. Gracze dokonują swoich wyborów jednocześnie, bez porozumiewania się między sobą. Niezależnie od ruchu rywala, zdrada zawsze przynosi wyższą wypłatę od współpracy. Dylematem w grze jest to, że jeśli obaj gracze zdradzą, znajdują się w gorszej sytuacji, niż gdyby ze sobą współpracowali. Przykładowa macierz wypłat klasycznego problemu dylematu więźnia przedstawiona jest w tabeli 1. Dla uproszczenia analizy zakładamy, że gra jest symetryczna, choć nie jest to konieczne dla poprawności dalszej analizy [Axelrod, 1984].

Tabela 1.

Dylemat więźnia

DYLEMAT WIĘŹNIA		Gracz 2.	
		Współpraca	Zdrada
Gracz 1.	Współpraca	(3,3)	(0,5)
	Zdrada	(5,0)	(1,1)

Pierwsza cyfra oznacza wypłatę dla Gracza 1., druga dla Gracza 2.

Gracz 1. wybiera swój ruch, wskazując na współpracę lub zdradę, gracz 2. w tym samym czasie dokonuje analogicznego wyboru. Gracze, pomimo że rywalizują ze sobą, nie są w obustronnym konflikcie. Obaj zyskują, jeśli wspólnie zdecydują się na współpracę: każdy z nich otrzymuje 3. Dla każdego gracza strategia „zdrada” jest dominująca. Rozważmy sytuację z punktu widzenia gracza 1. Jeśli gracz 2. zdecyduje się na współpracę, to lepszym posunięciem dla gracza 1. jest „zdrada”, ponieważ $5 > 3$. Natomiast jeśli gracz 2. zdradzi, wtedy opłaca się zdradzić również graczowi 1., ponieważ $1 > 0$. Możemy przeprowadzić analogiczne rozumowanie dla gracza 2. Z analizy zachowań graczy wynika, że obaj decydują się na zdradę. Wówczas rezultatem gry jest wypłata 1 dla każdego z graczy. Zostaje osiągnięty punkt równowagi Nasha, ale jest on nieefektywny, obaj gracze bowiem mogliby osiągnąć lepszy wynik, gdyby zdecydowali się na współpracę.

Podstawową własnością psychologiczną tej gry jest fakt, że gracz nie może maksymalizować swojej wypłaty, jeśli nie będzie miał możliwości zaufania partnerowi [Macy, 1995]. Istotą dylematu więźnia jest to, że dla obu graczy

zdrada jest strategią dominującą, ale jej zastosowanie nie prowadzi do optymalnego rozwiązania tej gry.

2. Wyniki gry powtarzalnej

Gra powtarzalna różni się tylko tym od pojedynczo rozgrywanego dylematu więźnia, że jest ona powtarzana pewną skończoną liczbę razy¹. Gracze wykonują ruchy jednocześnie, znając zarówno swoje poprzednie ruchy, jak i ruchy przeciwnika. Całkowita wypłata z gry jest sumą wypłat z poszczególnych jej etapów. Gra ma jedną równowagę Nasha. W równowadze obaj gracze zdradzają w każdym etapie gry. Dla uzasadnienia tego rozwiązania należy przeanalizować n razy powtórzoną grę. W ostatniej rundzie gracze wiedzą, że gra nie będzie kontynuowana. Dla obu graczy ruch „zdrada” daje wyższą wypłatę niż „współpraca”, więc obaj wybiorą równowagę Nasha i zdradzą. W rundzie $n - 1$ racjonalny gracz wie, że w kolejnej rundzie przeciwnik zagra „zdrada”. Wobec tego w tej rundzie również nie będzie miał skłonności do współpracy, ponieważ jest pewien, że przeciwnik nie będzie współpracował w ostatniej rundzie. W ten sposób runda $n - 1$ może być w dalszej analizie traktowana jako ostatnia. W tej rundzie obaj gracze zdradzą. Przeprowadzając dalej analizę metodą indukcji wstecznej, można pokazać, że obaj gracze za każdym razem wybiorą ruch „zdrada”.

Równowaga, jaka jest osiągnana poprzez używanie na każdym etapie gry strategii dominującej z gry pojedynczej, jest jednak nieefektywna. Każdy z graczy w każdej rundzie dostaje 1, a dzięki współpracy gracze mogliby w każdej rundzie uzyskiwać wypłatę 3. Czy wobec tego współpraca między graczami jest możliwa? Wyniki eksperymentów pokazały, że tak [Axelrod, 1984]. W związku z tym zaczęto szukać logicznego wytłumaczenia dla takich wyników. Budując teorię, zaczęto odwoływać się do psychologii zachowań ludzkich. Stwierdzono, że ludzie początkowo są ugodowi, ponieważ preferują wypłatę 3 nad wypłatę 1. Nieugodowy zagra „zdrada”, oczekując wypłaty 5. Tym samym podejmuje ryzyko, że trafiając na gracza o tej samej charakterystyce, dostanie 1. Ta decyzja jest zdeterminowana przez skłonność do ryzyka oraz doświadczenie gracza. Dzięki skłonności do ugody w eksperymentach dochodzi do współpracy w pierwszym etapie gry. Inną próbą wytłumaczenia takiego stanu rzeczy było spostrzeżenie, że w rzeczywistości ludzie nie zawsze realizują początkowo przyjętą strategię. Kolejna koncepcja przyjmowała, że egoizm i interes własny racjonalnego gracza może być motywacją do współpracy, jeśli gracz podejrzewa, że przeciwnik nie da się łatwo wykorzystać [Macy, 1995]. Z kolei Kreps, Milgrom, Roberts i Wilson [1982] wykazali, że w każdej sekwencyjnej równowadze, która nie jest Pareto zdominowana przez inną równowagę sekwencyjną, nie ma zdrady prawie do końca gry.

¹ Gra powtarzana nieskończenie wiele razy ma nieskończenie wiele równowag Nasha. Jej analiza jest trudna. Jednak można pokazać, że strategia „wet za wet” jest w tym przypadku również efektywna w sensie Pareto.

Ponadto pokazali, że w grach o dwustronnej asymetrycznej informacji, niezależnie od strategii obranych przez graczy, współpraca jest opłacalna. Obliczyli oni górny limit liczby gier, w których następuje zdrada. Zależny jest on od liczby powtórzeń gry, wypłat i oczekiwań co do czasu współpracy przeciwnika. Ale czy istnieje strategia, która jednoznacznie prowadzi do takiego rezultatu gry?

John Von Neumann nazwał teorię gier matematyczną analizą modelowania współzawodnictwa i współpracy żyjących organizmów. Teoria gier pomaga naukowcom określić, w jaki sposób zachowują się jednostki i które z dostępnych dla nich strategii są najlepsze. Turniej przeprowadzony przez Roberta Axelroda [Axelrod, 1984] pokazał, że najlepiej radzącą sobie strategią w niemal każdych okolicznościach dla dylematu więźnia jest „wet za wet”. Jest to strategia sprowadzająca się do dwóch prostych zasad. Mówi o tym, żeby w pierwszej grze współpracować, a w każdej następnej wybierać taki ruch, jaki przeciwnik zrobił w poprzedniej grze.

Po opracowaniu tej strategii podjęte zostały pewne próby jej ulepszenia, np. „wet za dwa wety”, „podejrzliwy wet za wet” czy choćby „zawsze zdradzaj”. Jednak pomimo pewnych sukcesów tych strategii w określonych warunkach, żadna nie okazała się tak wszechstronna jak „wet za wet” [Axelrod, 1984]. Najlepszym dowodem na skuteczność strategii „wet za wet” jest to, że odnaleźć ją można w naturze.

Można łatwo wykazać, że jeśli dylemat więźnia będą rozgrywać gracze stosujący strategię „wet za wet”, to uzyskana przez nich równowaga będzie efektywna w sensie Pareto. Co prawda jest możliwe, że gracz osiągnie wyższą wypłatę niż dzięki stosowaniu strategii „wet za wet”, jeśli np. jeden z graczy będzie stosował zawsze taktykę „współpracuj”, a drugi „zdradzaj”. Wtedy grający „zdrada” osiągnie lepszy rezultat, niż gdyby współpracował, ale całkowity wynik gry nie będzie efektywny. Wypłata dla graczy wyniesie tylko 5 za każdą rundę, a przy współpracy gracze łącznie dostają 6, co jest społecznie efektywnym wynikiem.

Stosowanie się do biblijnej zasady „oko za oko” jest, jak się okazuje, zwycięską strategią zarówno dla jednostki, jak i dla członka grupy. Z drugiej strony, twarda strategia „nigdy nie daj draniowi więcej niż ty wyciągasz”, mimo że jest zwycięska w krótkim okresie, jest przegrywająca w długim. Z analizy milionów wyborów podejmowanych w eksperymentach wyłowiono cztery cechy strategii „wet za wet”. Pierwsze dwie odnoszą się do wszystkich gier, a kolejne wyłącznie do gier powtarzalnych:

1. Nigdy nie zdradzaj pierwszy.
2. Bierz odwet tylko po tym jak twój partner zdradził.
3. Bądź przygotowany przebaczyć po przeprowadzeniu tylko jednego odwetu.
4. Zastosuj tę strategię tylko, jeśli prawdopodobieństwo spotkania tego samego partnera ponownie przekracza $2/3$.

Powyższe warunki tworzą model ewolucji kooperacji jako strategii. Po opracowaniu tego modelu próbowano go ulepszyć. Znaleziono inną strategię (PAVLOV), która zastosowana do problemu powtarzalnego dylematu więźnia dała lepsze rezultaty [Axelrod, May, 1968]. Idea tej strategii była równie prosta: w pierwszym ruchu współpracuj, później powtarzaj swój ruch, jeśli przeciwnik współpracował. Jeśli nie współpracował, zmień ruch. Wynika z tego, że „zdrada” z naszej strony następuje jedynie w sytuacji, gdy my zagraliśmy „współpraca”, a partner „zdrada”. Strategia ta ma przewagę nad strategią „wet za wet”, ponieważ jest bardziej odporna na efekt echa i losowe odchylenia od zgodnej współpracy. Pokonuje również wszystkie bezwarunkowe strategie, ale ma pewne słabości. Jest bardziej narażona na eksploatację niż „wet za wet” przez strategię typu „zawsze zdradzaj”. Drugim jej mankamentem jest to, że do jej ewolucyjnej stabilności² potrzeba dużo więcej osobników, którzy ją stosują [Axelrod, May, 1968].

Strategia „wet za wet” daje dobre rezultaty, ponieważ jest „miła”, „karcąca” i „wybacząca”. „Miła”, ponieważ nigdy nie zdradza pierwsza, „karcąca”, ponieważ bierze odwet natychmiast po stwierdzeniu zdrady, „wybacząca”, ponieważ jest gotowa powrócić do współpracy, jeśli przeciwnik to zrobi. Niewybaczące strategie mogą zakończyć się izolacją i zaniechaniem współpracy.

3. Strategia „wet za wet” a wyniki gry

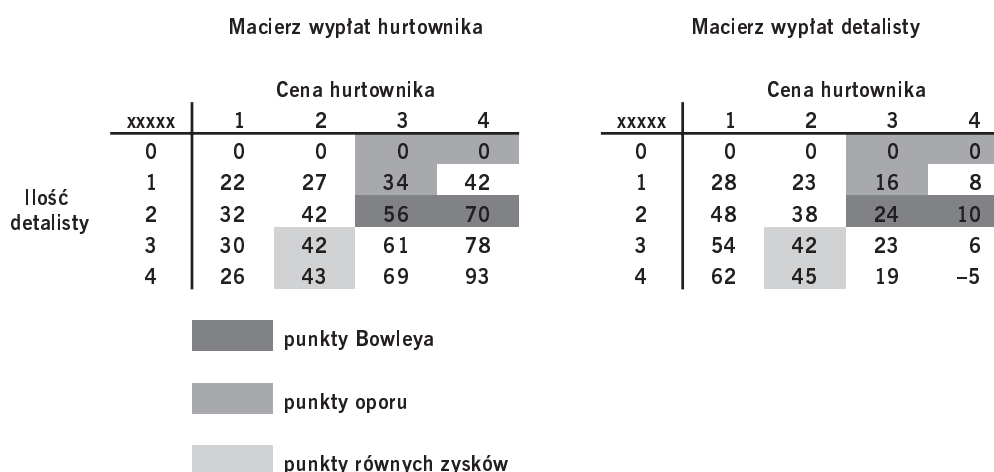
Każdy wybór ekonomiczny można traktować jako wynik procesu negocjacji pomiędzy stronami. W przypadku handlu hurtowego kupujący, jeśli zgadza się na cenę proponowaną przez sprzedawcę, dokonuje transakcji, jeśli się nie zgadza, to albo negocjuje inne, korzystniejsze dla siebie warunki zakupu towaru, albo jest zmuszony poszukać innego dostawcy danego produktu.

W naszym doświadczeniu zakładamy, że dla każdego produktu jest jeden producent-dostawca i jeden detalista-odbiorca towaru, czyli panuje sytuacja obustronnego monopolu. Monopolistą jest sprzedający, ponieważ nikt inny nie dostarcza danego produktu na rynek. Jest nim również kupujący, ponieważ jeśli nie dokona on zakupu, to producent-sprzedawca nie będzie miał możliwości sprzedaży produktu komu innemu i wskutek tego poniesie stratę. Jest to dość często spotykana sytuacja rynkowa. Dużo fabryk pracujących na potrzeby jednej, konkretnej sieci handlowej, specjalnie dostosowuje produkty do jej potrzeb i wymagań. Takie dostosowania produktu wykluczają jego akceptację przez inne sieci handlowe.

Przeprowadzony eksperyment został zaczerpnięty z książki Philipa D. Straffina *Teoria gier*. Polegał na tym, że studenci zostali podzieleni na trzy grupy po siedem par hurtownik-detalista, łącznie dwadzieścia jeden par.

² Rozwiązanie gry jest ewolucyjnie stabilne, jeśli po pewnej liczbie rund t_0 rozwiązanie z każdej następnej rundy t nie różni się o więcej niż δ (niewielka różnica wyników) od rozwiązania z okresu t_0 , a gdy t zdąży do nieskończoności, to rozwiązanie gry dąży do rozwiązania z okresu t_0 .

Hurtownicy przebywali w jednej sali, detaliści w drugiej. Pary porozumiewały się między sobą za pomocą programu komputerowego, w taki sposób, że komunikacja między grupami nie była możliwa. Natomiast wewnątrz grupy uczestnicy eksperymentu mogli się porozumiewać. Każdy hurtownik przez cały czas trwania eksperymentu był połączony tylko z jednym, tym samym detalistą. W pierwszej części eksperymentu zarówno hurtownicy, jak i detaliści znali jedynie swoje macierze wypłat. W macierzach wypłat można wyróżnić trzy typy punktów. Punkty równych zysków, które są uzyskiwane jako efekt współpracy stron. P. Straffin uzasadnił, że punkt $p = 2, q = 3$ może być traktowany jako efektywny, gdy gracze znają jedynie swoje macierze wypłat. Punkty oporu odpowiadające sytuacji, gdy jedna ze stron odmawia współpracy, oraz tzw. punkty Bowleya, w których obie strony współpracują, ale współpraca ta nie prowadzi do Pareto-efektywnego rozwiązania konfliktu.



Rysunek 1.

Macierze wypłat

Gra polega na tym, że w pierwszym ruchu hurtownik-sprzedający ustala cenę na swoje dobro. Następnie informacja o cenie jest przekazywana przez program detaliście-kupującemu. On ustala, ile towaru kupić po zaproponowanej przez hurtownika cenie.

Gra ta, chociaż na pierwszy rzut oka znacząco różni się od dylematu więźnia, że względu na specyficzną konstrukcję macierzy wypłat, jak i na możliwe do zastosowania strategie, może być traktowana jako rozbudowany przykład sekwencyjnego dylematu więźnia. Gdy hurtownik ustali swoją cenę i przekaze ruch detaliście, może on nie kupić nic, co jest analogią do zastosowania strategii „zdrada-zdrada” w dylemacie więźnia. Może też wybrać punkt Bowleya odpowiadający strategii „zdrada-współpraca” lub punkt równych zysków, będący odpowiednikiem zgodnej współpracy. Detalista nie ma bezpo-

średniej możliwości wykorzystania hurtownika. Dlatego też w pewnych sekwencjach odrzucanie ceny 2, czyli zagranie punktu oporu, powinno być traktowane jako chęć wykorzystania hurtownika i zmuszenia go do obniżenia ceny.

W naszym eksperymencie każda para rozgrywała 4 partie testowe na zapoznanie się z programem komputerowym, a następnie 2 serie po 10 partii. Hurtownicy wyznaczali swoje ceny, a następnie detaliści decydowali, ile zakupić towaru po zaoferowanej im cenie. Po każdej rundzie hurtownicy i detaliści dostawali informacje o średniej cenie, po jakiej handlowano i średniej ilości towaru, jaką sprzedano bądź kupiono.

Najbardziej typowym wynikiem było ustalenie przez hurtownika ceny 3 albo 4, po której detalista albo kupował jedną jednostkę towaru, albo nie kupował wcale. Punkty te P. Straffin nazwał punktami oporu, ponieważ detalista, nie zamawiając towaru lub zamawiając jego niewielką ilość, przekazuje hurtownikowi informację „obniż cenę albo przestanę kupować”. Pozostali uczestnicy podzielili się równo pomiędzy punkty Bowleya i punkty równych zysków. Punkty Bowleya to punkty rozwiązania gry, gdyby była ona rozgrywana jednokrotnie. Przy wyznaczonej przez hurtownika cenie na poziomie 3 albo 4, zakup dwóch jednostek dobra maksymalizuje wypłatę detalisty.

Pary, które zaczęły grę od punktu równych zysków, trzymały się tego wyniku. Każde odchylenie którejś ze stron od ruchu współpracy napotykało skuteczną kontrreakcję drugiej strony tak, że w kolejnej rundzie para wracała do współpracy. Pozostałe pary „krążyły” między punktami Bowleya a punktami oporu. W trakcie całego eksperymentu nie było pary, która cały czas trzymałaby się punktu oporu.

Liczba par po 10 rundzie

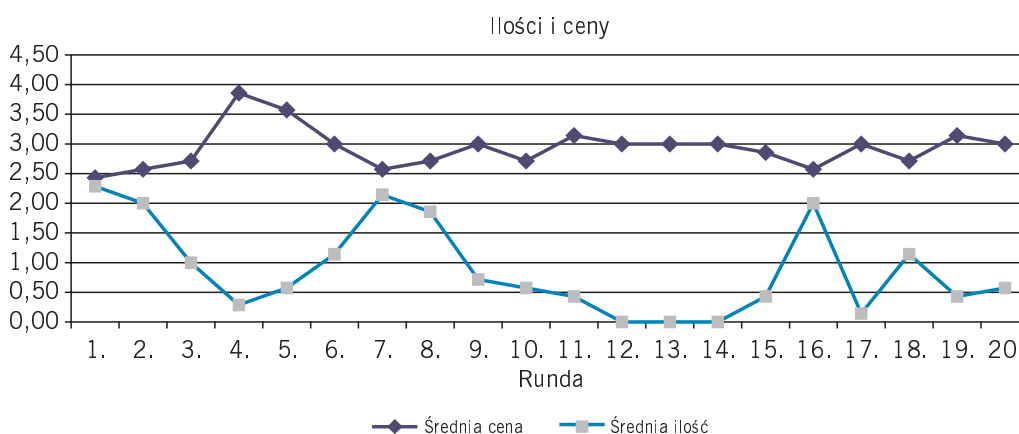
		Cena hurtownika			
		1	2	3	4
Ilość detalisty	xxxxxxx				
	0	0	0	42	46
	1	0	1	22	10
	2	0	11	25	11
	3	0	21	2	0
	4	3	15	1	0

punkty Bowleya
 punkty oporu
 punkty równych zysków

Rysunek 2.

Wyniki pierwszej rundy. Wszystkie grupy

Po dziesięciu rundach warunki gry się zmieniły i gracze poznali macierze wypłat partnera, z którym grali, dysponowali pełną informacją. Pozwoliło im to uniknąć punktów Bowleya, które są z punktu widzenia teorii ekonomicznej nieefektywne. Większość par albo nie handlowała w ogóle (przy cenie 3 lub 4 detalista nie zamawiał), albo znajdowała się w punktach równych zysków, przy cenie 2 detalista kupował 3 lub 4 jednostki dobra. To rozwiązanie przyjęła większość studentów z grupy 1. i 2.



Rysunek 3.

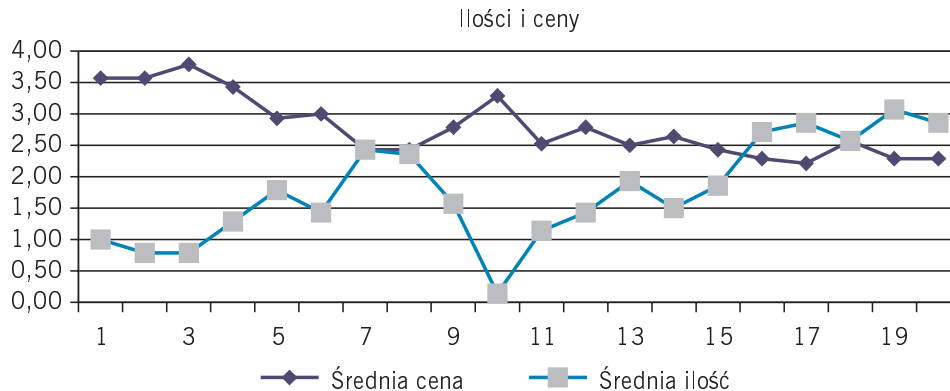
Średnie ilości i ceny — grupa 3.

Pary współpracujące w pierwszej części eksperymentu współpracowały dalej, pary pozostające w blokadzie co jakiś czas przechodziły do punktów Bowleya, po czym wracały do punktów oporu. Podczas eksperymentu hurtownicy, poprzez wzajemne uzgodnienia, próbowali utworzyć kartel, ale nie dochodził on do skutku, ponieważ zawsze jakaś osoba wyłamywała się. W kolejnych turach następowało kaskadowe wyłamywanie się kolejnych graczy. Ale jedna z grup hurtowników (grupa 3.) doprowadziła do skutecznej zmywy kartelowej.

Przez trzy rundy utrzymywali oni cenę na poziomie 3. Detaliści, działając też w zmywie, zbojkotowali zmywę kartelową hurtowników, zaprzestając zakupów. Ta blokada, pomimo że była niekorzystna i przynosiła straty obu stronom, trwała do końca eksperymentu. Jest to bardzo dobre potwierdzenie występowania w rzeczywistości dylematu więźnia. Grupa nie była na tyle silna, by wyrzucić skuteczną presję na wszystkich. Najpierw jeden z hurtowników wyłamał się, po czym wyłamało się trzech, a w kolejnej rundzie... wrócili oni do ceny 3 i utrzymywali ją, z małymi odchyleniami, do końca eksperymentu. Widząc taką sytuację, kilku detalistów złamało się i zaczęło kupować po cenie 3, natomiast reszta pozostała nieugięta i nie handlowała.

4. Analiza wyników

Pomijając wyniki grupy 3. w pierwszej części eksperymentu średnia cena ustalana przez hurtownika wynosiła 3. Po tej cenie detalista kupował jedną lub dwie jednostki dobra, znajdując się odpowiednio w punkcie oporu lub punkcie Bowleya.



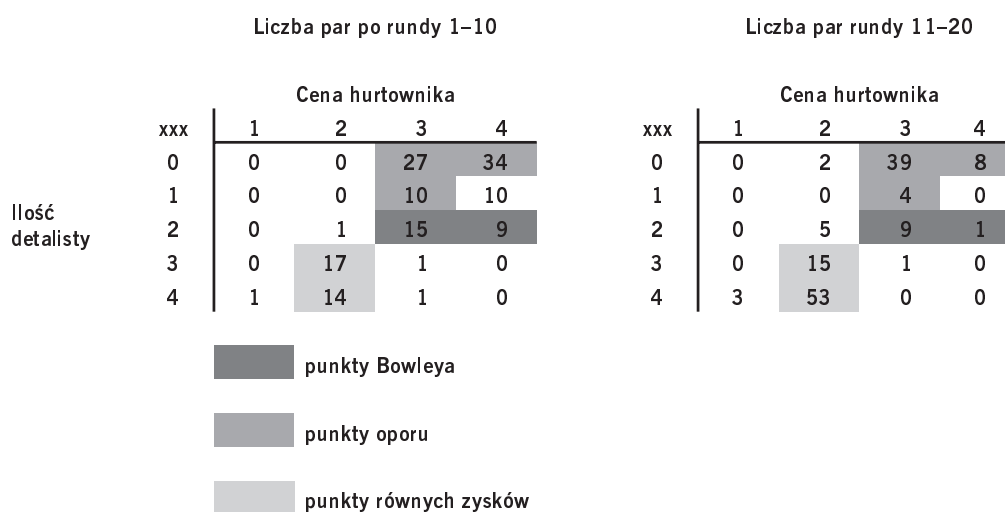
Rysunek 4.

Średnie ilości i średnie ceny grupy 1. i 2.

Po uzyskaniu pełnej informacji większość hurtowników obniżyła cenę do poziomu 2, a detaliści zwiększyli zakupy. Tutaj musimy dodać, że detaliści nie zawsze zachowywali się racjonalnie, to znaczy nie zawsze maksymalizowali swoje wypłaty, nawet gdy dysponowali pełną informacją. Wiedza o rynku pozwoliła handlującym parom częściej dokonywać transakcji. Jednocześnie grający unikali punktu Bowleya i częściej osiągnęli punkt równych wypłat (cena 2, ilość 4). Pełna informacja nie wpłynęła natomiast znacząco na liczbę detalistów, którzy nie znaleźli punktu optymalnego przy cenie ustalonej przez hurtownika. Pomijamy tutaj tych detalistów, którzy celowo grali na punkt oporu.

Wyniki naszego eksperymentu są sprzeczne z dotychczasową teorią. Głosi ona, że jeżeli gracze dysponują asymetryczną informacją i wiedzą, ile razy gra jest powtórzona, to nawet w ostatnich partiach będą współpracować, a przy pełnej informacji zrezygnują ze współpracy na rzecz strategii dominujących [Kreps i in., 1982]. Pod koniec pierwszej części eksperymentu, w której informacja udostępniona graczom była asymetryczna, każdy z nich znał jedynie swoją macierz wypłat, było wyraźnie widoczne, że gracze zrezygnowali ze współpracy. Efekt ten można wytłumaczyć tym, że gracze wiedzieli, że eksperyment będzie trwał 20 rund i będą się zmieniać warunki gry. Natomiast niewiadomą pozostawał moment zmiany. Większość graczy przyjęła racjonalne założenie, że zmiana warunków nastąpi w połowie eksperymentu. Również to, co wydarzyło się pod koniec eksperymentu, przeczy teorii. Gracze, pomimo że znali moment zakończenia, nie zaprzestali współpracy. Za-

działał tu efekt doświadczenia, które jest ważnym czynnikiem determinującym moment, od którego gracz przestaje współpracować [Selten, Stoecker, 1986]. Hurtownicy, nauczeni w pierwszej części gry, że podniesienie ceny powoduje zatrzymanie handlu i zarazem straty, w drugiej części gry, widząc, że podniesienie ceny w rundzie 18 spowodowało zmniejszenie zakupów, wycofali się ze swojej strategii.



Rysunek 5.

Liczba par, które osiągnęły daną kombinację ilości i ceny

5. Badanie strategii

Oprócz standardowej analizy można pokusić się o sformułowanie strategii opartej na skłonności drugiego uczestnika gry do określonych reakcji jako odpowiedź na pewne ruchy. Motyw sprawiedliwości i karania za niesprawiedliwy podział dobrze wyjaśnia zachowanie graczy. W eksperymencie można wyróżnić dwa rodzaje graczy detalistów: grających w strategię równych zysków albo grających w strategię oporu. Gracze rozpoczynający swą grę od punktu równych zysków przeważnie stosowali się do reguł strategii „wet za wet”. Każde odchylenie się jednej ze stron od równowagi, kończyło się reakcją drugiej strony. Takie zachowanie jest zgodne z hipotezą karania, która zakłada, że motywem drugiego gracza do odmówienia współpracy jest wskazanie niesprawiedliwego podziału. Karanie z reguły było skuteczne i skłaniało hurtownika do obniżenia ceny. Ten typ zachowania graczy nazywany jest hipotezą dostosowania poprzez uczenie [Abbink i in., 2001]. Zakłada ona, że drugi gracz, w naszym przypadku detalista, uczy pierwszego, za mniej dla niego korzystne oferty karze gracza pierwszego, odmawiając współpracy.

Drugi typ graczy, bardziej ugodowy, często, by całkiem nie tracić dochodów przy cenie 3 grał w strategię krótkookresową — Bowleya. W języku stra-

teorii oznacza to, że gracz, obawiając się niskich zysków, odchodził od stosowania strategii dominującej na rzecz współpracy. Takie zachowanie nazywane jest hipotezą dostosowania poprzez uczenie. Zakłada ona, że drugi gracz, w naszym przypadku detalista, uczy pierwszego, że szybciej akceptuje bardziej hojne oferty, niż mniej dla niego korzystne [Abbink i in., 2001]. Jeżeli hurtownik nie reaguje na sygnał detalisty, to z kolei detalista uczy się i po pewnym czasie nie oczekuje lepszej oferty. Jeżeli hurtownik zorientował się, że ma do czynienia z drugim typem detalisty, mógł zwiększyć swoje dochody ponad te, jakie otrzymałby w przypadku gry strategii równych zysków, podnosząc raz na kilka rund cenę z poziomu 2 do 3.

Zachowania można też podzielić na indywidualne i grupowe. W przypadku gdy grupa nie miała większego wpływu na decyzje konkretnego gracza, reakcje gracza były łagodniejsze i gracz był bardziej skłonny do zmiany strategii, jego zachowania były bardziej elastyczne. W przypadku, do którego doszło w 3. grupie, grały ze sobą grupy, gdyż strategię były ustalane wspólnie w ramach sali. Wszyscy trzymali się ustalonej strategii. Spowodowało to bardziej skrajne reakcje niż w przypadku gry indywidualnej i zaowocowało niższymi dochodami zarówno hurtowników, jak i detalistów, gdyż cena 3 napotykała opór.

Teoretycznie grupy, które brały udział w kolejnych turach eksperymentu, miały większą informację o grze, ponieważ informacje o zasadach gry były przekazywane jeszcze przed wejściem do pracowni komputerowej przez osoby wychodzące z eksperymentu, uzyskiwały gorsze wyniki. Nasuwa się analogia do sytuacji, gdy na rynku dochodzi to powstania silnych i spójnych grup interesu na przeciwległych biegunach. Także od strony socjologicznej działania grupowe, jeżeli dochodzi do konfliktów interesów, często są bardziej radykalne od działań indywidualnych, a z podburzonym tłumem trudno negocjować, proponując niewielkie ustępstwa.

6. Teoria w praktyce

Teoria gier ma, wbrew potocznej opinii, bardzo szerokie zastosowania. Począwszy od polityki, gdzie dzięki teorii gier i strategii „my teraz zagłosujemy tak jak chcecie wy, a potem wy się nam odwdzięczycie”, można budować stabilne koalicje. Poprzez nauki polityczne, gdzie teoria pozwala wyjaśnić mechanizm wyłaniania przywódców politycznych, oraz socjologię, gdzie opisuje interakcje społeczne. Po biologię, w której pozwala lepiej zrozumieć mechanizm ewolucji, kończąc na psychologii i badaniu ludzkich zachowań. Poza wcześniej wymienionymi, oczywiście teoria gier ma wiele zastosowań ekonomicznych. Jest ona używana m.in. przy analizie negocjacji płacowych między związkami zawodowymi a pracodawcami, czy negocjacji cenowych na wolnym rynku między kupującymi a sprzedającymi. Ma również zastosowanie w analizie konkurencji oligopolistycznej przy rozpatrywaniu możliwości wejścia nowej firmy lub grupy firm na rynek zdominowany przez jednego producenta.

W naszej pracy skupiamy się na ekonomicznych implikacjach wynikających z dylematu więźnia. Przedstawiamy sytuacje ekonomiczne i gospodarcze, w których powyższa teoria ma zastosowanie. Opisujemy kilka przykładów, które oczywiście nie obejmują wszystkich możliwych dziedzin ekonomii, w których możemy stanąć przed dylematem więźnia.

Rzeczywistym problemem ekonomicznym, do którego rozwiązania stosuje się teorię gier, są negocjacje cenowe. Podczas negocjacji, poza przesłankami wynikającymi z teorii gier i przyjętej strategii, bierze się pod uwagę szereg innych czynników takich jak: cierpliwość, efekty zewnętrzne oraz zakres dostępnej stronom informacji [Muthoo, 2000]. Te wszystkie cechy negocjacji jako sposobu na rozwiązanie konfliktu uwidoczniły się w wynikach eksperymentu. Lepsze wyniki osiągnęli cierpliwi gracze, którzy wykazywali spokój w negocjacjach. Odnosi się to zarówno do hurtowników, którzy potrafili utrzymywać cenę na poziomie 3, jak i do detalistów, którzy potrafili „przekonać” partnera, że kupią wyłącznie po cenie nie wyższej niż 2.

Systemy licytacji o konstrukcji podobnej do zastosowanej w eksperymencie działają w systemie sprzedaży skarbowych papierów wartościowych. Jest to swoista gra pomiędzy Ministerstwem Finansów reprezentowanym przez Narodowy Bank Polski a Dealerami Skarbowych Papierów Wartościowych. Popyt na bony skarbowe znacznie przewyższa podaż, ale jednocześnie każdy dealer chce kupić jak najtaniej, a zarazem chce być pewien, że dokona transakcji. W eksperymencie przed analogicznym dylematem stawali uczestnicy. Hurtownik, jeśli żądał za wysokiej ceny, zostawał z niesprzedanym towarem, natomiast przy niższej cenie tracił potencjalny zysk, jaki mogłaby mu dać cena wyższa. Detalista dążył do zakupu po najniższej cenie i za każdym razem musiał wybierać między akceptacją oferowanych warunków a wysłaniem komunikatu hurtownikowi.

Innym przykładem zastosowania teorii w praktyce są dwu- bądź wieloetapowe przetargi na zamówienia publiczne. Celem firmy w takim przetargu jest po pierwsze przejście do kolejnego etapu — negocjacji indywidualnych, a po drugie wygranie przetargu. Etap negocjacji to gra sekwencyjna z niepełną informacją. Firma biorąca udział w rokowaniach ma pewną informację na temat ofert konkurentów, ale nie jest to pełna informacja. Firma, oferując cenę wykonania pracy, z jednej strony musi ustalić ją na jak najniższym poziomie, by wygrać przetarg, z drugiej strony pożąda ceny jak najwyższej, by jak najwięcej zarobić na zawartym kontrakcie.

Kolejnym przykładem rynku, na którym zarówno dostawcy jak i odbiorcy mają silną pozycję, prawie monopolistyczną lub monopolistyczną, jest rynek hurtowy paliw płynnych w Polsce. Jest on niemal identyczny z naszym hipotetycznym rynkiem użytym w eksperymencie. Dostawcami na tym rynku są rafinerie, a odbiorcami sieci stacji paliw. Na pierwszy rzut oka wydaje się, że nie jest to tak dobry przykład jak poprzednie, ale krajowy monopolista, chroniony cłami, PKN Orlen, potrafi skutecznie wykorzystywać swoją dominującą pozycję na rynku. Z powodu tych praktyk cena paliwa stała się na tyle wysoka,

że zaczyna on odczuwać presję zagranicznych producentów paliw, ponieważ import z powodu wysokich cen w Polsce stał się opłacalny. Ta sytuacja odpowiada modelowi dylematu więźnia. PKN Orlen chciałby czerpać korzyści ze swojej pozycji rynkowej, jednak nie może tego robić poprzez ceny. Jeśli je podniesie, to straci odbiorców i nie sprzeda swojej produkcji. Natomiast możliwość, że PKN Orlen obniży ceny, powstrzymuje zagranicznych dystrybutorów paliw działających w Polsce od zwiększania importu, import paliwa bowiem jest procesem czasochłonnym, o wysokim koszcie jednostkowym. Zagranicznym importerom opłaca się sprowadzać jedynie duże ilości paliwa. Jednak nie robią tego, ponieważ wiedzą, że PKN Orlen może z łatwością obniżyć ceny, zmniejszając swój zysk monopolistyczny, i spowodować duże straty dla importerów. Wyniki eksperymentu również potwierdziły, że silna pozycja uczestników gry rynkowej prowadzi do ograniczonej konkurencji na rynku.

Zakończenie

W naszej pracy przeanalizowaliśmy model iterowanego dylematu więźnia. Wychodząc od analizy pojedynczej gry, w której osiągnięta równowaga jest Pareto-nieefektywna, przeszliśmy do analitycznego rozwiązania gry sekwencyjnej. Udowodniliśmy jej rozwiązanie i przedstawiliśmy argumenty świadczące, że takie rozwiązanie nie jest optymalne i, w związku z tym, rzadko występuje w rzeczywistości. W dalszej części pracy przedstawiliśmy koncepcje teoretyczne uzasadniające inne możliwe rozwiązania gry sekwencyjnej. Odwołując się do psychologii i teorii ludzkich zachowań, próbowaliśmy znaleźć odpowiednią teorię, dzięki której moglibyśmy uzasadnić otrzymane przez nas wyniki eksperymentu. Następnie skonfrontowaliśmy przedstawione rezultaty teoretyczne z wynikami naszego eksperymentu. Pokazały one, że jeżeli gracze dysponują niepełną informacją o rozgrywanym konflikcie, rozwiązanie, które jest osiągnięte, jest z reguły nieefektywne. Z kolei pełna wiedza pozwala racjonalnie postępującym graczom doprowadzić do sytuacji, w której często wynikiem konfliktu ekonomicznego jest rozwiązanie efektywne lub zbliżone do efektywnego. Jednak, by tak się stało, uczestnicy konfliktu muszą nie tylko zachowywać się racjonalnie. Muszą ponadto posiadać informacje nie tylko o swoich strategiach, ale również o strategiach przeciwnika. Zaobserwowaliśmy, że gracze zachowywali się zgodnie z opisanymi w literaturze psychologicznej hipotezami karaniania i dostosowania się poprzez uczenie. Jednocześnie wyniki eksperymentu pozwoliły nam stwierdzić, że dostęp do pełnej informacji pozwolił uczestnikom eksperymentu osiągnąć lepsze rezultaty i unikać rozwiązań nieefektywnych, niż w przypadku gdy dysponowali oni jedynie niepełną informacją. Potwierdza to hipotezę, która głosi, że ilość informacji, którą posiadają uczestnicy gry rynkowej, ma wpływ na jej wynik i jego efektywność.

Bibliografia

- Abbink K, Bolton G. E., Sadriech Abdulrakim, Fang-Fang Tang, 2001, *Adaptive Learning vs. Punishment in Ultimatum Bargaining*, „Games and Economic Behaviour” nr 37, s. 1–29.
- Abhinav Muthoo, 2000, *A Non-Technical Introduction To Bargaining Theory*, <http://privatewww.essex.ac.uk/~muthoo>.
- Axelrod J., May J. G., 1968, *Effect of Increased Reward on the Two-Person Non-zero Sum Game*, „Psychological Reports” nr 23, s. 109–126.
- Axelrod R., 1984, *The Evolution of Cooperation*, New York.
- Kreps D., Milgrom P., Roberts J., Wilson R., 1982, *Rational Cooperation in the Finitely Repeated Prisoner's Dilemma*, „Journal of Economic Theory” nr 27, s. 245–252.
- Kreps D., Wilson R., 1982, *Reputation and Imperfect Information*, „Journal of Economic Theory” nr 27, s. 253–268.
- Macy M., 1995, *PAVLOV and Evolution of Cooperation. An Experimental Test*, „Social Psychology Quarterly” nr 58, s. 74–87.
- Selten R., Stoecker R., 1986, *End Behaviour in Sequences of Finite Prisoner's Dilemma Supergames*, „Journal of Economic Behaviour and Organisation” nr 7, s. 47–70.
- Shor M., 2001, *Tit for Tat*, <http://mba.vanderbilt.edu/Mike.Shor/courses/gametheory>.
- Straffin P., 2000, *Teoria gier*, Warszawa.
- Żylicz Tomasz, 1988, *Wykłady z równań różniczkowych i różnicowych dla studentów ekonomii*, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.