Waldemar Stronka

ZASTOSOWANIE ITERACYJNEGO MODELU DYLEMATU WIĘŹNIA DO WYJAŚNIENIA MECHANIZMU NADUŻYĆ KSIĘGOWYCH W SPÓŁKACH GIEŁDOWYCH

Wprowadzenie

Głównym celem niniejszej pracy jest ukazanie możliwości rozwoju ekonometrii finansowej poprzez zastosowanie metody badawczej opartej na komputerowej symulacji agentowej (z ang. (multi) agent simulation). Zalety tego podejścia dla rozwoju tej dziedziny podkreślano w literaturze już wcześniej (np. [22]).

W niniejszej pracy nawiązano do najbardziej znanego modelu agentowego, jakim jest iteracyjny model dylematu więźnia. Klasyczną wersję tego modelu zmodyfikowano poprzez wprowadzenie dwóch korekt. Ten prosty model umożliwił przeprowadzenie analizy występującego niedawno zjawiska, jakim było gwałtowne upowszechnienie się nielegalnych praktyk tzw. „kreatywnej księgowości". O ile w roku 1981 tylko trzy spółki w Stanach Zjednoczonych zostały zobligowane do ponownego sporządzenia swych sprawozdań finansowych (z ang. restatement) z uwagi na niezgodności z prawem, o tyle pomiędzy rokiem 1997 a 2000 dotyczyło to aż siedmiuset podmiotów (np. [21]).

Przytaczane w niniejszej pracy symulacje umożliwiają lepsze zrozumienie mechanizmów prowadzących do powyższego wzrostu popularności nadużyć księgowych w spółkach. Wydaje się również, iż taka analiza może mieć istotne znaczenie dla inwestorów oraz instytucji regulujących – pośrednio i bezpośrednio – funkcjonowanie rynków giełdowych.

Iteracyjny model dylematu więźnia

Dylemat więźnia z pewnością jest najbardziej znanym problemem teorii gier. Problem ten został sformułowany w roku 1950 przez Merrill Flood i Melvina

Dreshera – naukowców zatrudnionych przez znany 'think tank' RAND Corporation. Ciekawostką jest fakt, iż historyjkę o dwóch przesłuchiwanych (skąd pochodzi nazwa problemu) wymyślił Albert Tucker – promotor uhonorowanej Nagrodą Nobla pracy doktorskiej Johna Nasha [21]. Istotą dylematu więźnia jest fakt, iż występująca w tej grze równowaga Nasha nie jest paretooptymalna. Obaj gracze, wybierając optymalne dla siebie zagranie, w efekcie uzyskują gorszy wynik dla obydwóch aniżeli przy obopólnym wyborze innej strategii.

Jednak okazuje się, że w tzw. iteracyjnym modelu dylematu więźnia strategia optymalna w pojedynczej grze jest znacznie gorsza od innych alternatywnych strategii. Iteracyjna gra dylemat więźnia została szczególnie rozsławiona przez konkursy organizowane przez Roberta Axelroda. Zaprosił on do wzięcia w nich udziału programistów z całego świata, prosząc ich o przygotowanie programów, które osiągnęłyby najlepszy wynik, rozgrywając ze sobą nawzajem iteracyjną grę dylemat więźnia. Konkursy R. Axelroda były rozgrywane w formie rozgrywek każdy z każdym. Zwycięstwo przypadało temu, który uzyskał najwyższą przeciętną liczbę punktów. Zwycięską strategią okazała się propozycja Anatola Rapoporta nazwana przez niego „Wet za wet" (z ang. Tit for Tat). Jest to strategia mieszana (czyste strategie to oczywiście tylko: „zawsze kooperuj" oraz „zawsze nie kooperuj") nakazująca w pierwszym ruchu kooperować, a w każdym następnym grać tak jak przeciwnik w poprzedniej iteracji. Często poprzez odwołanie się do iteracyjnego modelu gry dylemat więźnia wyjaśnia się obecność norm moralnych nakazujących troskę o dobro innych. Istotną kwestią w iteracyjnym dylemacie więźnia jest zachowanie nieznanej liczby iteracji rozgrywanych między tymi samymi konkurentami. W przeciwnym wypadku, wiedząc, iż dana iteracja jest ostatnia, należałoby, postępując racjonalnie, wybrać w niej brak kooperacji. Przedostatnia iteracja stałaby się wtedy ostatnią i do niej też należałoby zastosować to rozumowanie. W ten sposób na zasadzie „efektu domina" w każdej iteracji należałoby wybierać brak kooperacji. Sposobem na ominięcie tej niepożądanej własności jest przyjęcie, iż rozgrywanie kolejnej iteracji nastąpi z określonym prawdopodobieństwem (np. [18], [8]).

Nieco odmienne – w stosunku do stosowanego w powyższych konkursach – podejście do iteracyjnego modelu gry dylemat więźnia wywodzi się z ewolucyjnej teorii gier[1]. W tym przypadku gracze dobierani są losowo w pary, w których rozgrywają grę wg iteracyjnego modelu dylematu więźnia. Strategia gry, która wypada lepiej, korzysta na tym w formie sukcesu reprodukcyjnego, czyli ma więcej potomków w następnym pokoleniu. W ten sposób strategia najlepsza zwiększa z pokolenia na pokolenie swą liczebność, kosztem strategii gorzej przystosowanych. Strategia, która jest w stanie zdominować populację i sku-

[1] Również to podejście zostało zapoczątkowane przez Roberta Axelroda w artykule jego współautorstwa: [1]. Pomimo upływu wielu lat wciąż ukazują się nowe prace z zakresu ewolucyjnego iteracyjnego dylematu więźnia (np. [7], [10], [13]).

tecznie opierać się inwazji innych strategii w terminologii ewolucyjnej teorii gier, nazywa się strategią stabilną ewolucyjnie (SSE) (np. [20]). Można sformułować dowód, iż w ewolucyjnym dylemacie więźnia żadna deterministyczna strategia[2] nie może być SSE [5]. W przeprowadzanych symulacjach komputerowych szuka się możliwie najlepszej strategii.

Model konkurencji spółek giełdowych o kapitał poprzez stosowanie (lub nie) „kreatywnej księgowości"

Na rynku kapitałowym przełomu XX i XXI wieku występowała tzw. „bańka spekulacyjna", której pierwotną przyczynę stanowiło nazbyt optymistyczne postrzeganie perspektyw przyspieszenia wzrostu gospodarczego, wywołanego zastosowaniem Internetu w biznesie. „Bańka spekulacyjna" wywarła między innymi wpływ na zachowania menedżerów stojących na czele spółek giełdowych i podejmujących decyzje w imieniu tych podmiotów.

Po pierwsze, trzeba wziąć pod uwagę, iż znaczna część wynagrodzeń najwyższego kierownictwa była powiązana z kursem akcji (najczęściej poprzez fakt posiadania przez menedżerów opcji kupna akcji). W typowej sytuacji (tj. braku „bańki spekulacyjnej" na rynku kapitałowym), racjonalnie postępującym menedżerom, kierujących się swym długookresowym interesem, generalnie nie opłaca się nadmiernie zawyżać kursu akcji poprzez podawanie nieprawdziwie pozytywnych informacji. Nadmierne zawyżenie kursu akcji poprzez nieuczciwe informacje najprawdopodobniej i tak wkrótce zostanie skorygowane. Ponadto inwestorzy będą niżej wyceniali walory danej spółki także z tytułu większego ryzyka inwestycyjnego wynikającego z zagrożenia nierzetelnej polityki informacyjnej ze strony spółki. Co więcej, menedżerowie odpowiedzialni za podawanie nieprawdziwych informacji ryzykują utratę pracy. Jednakże w okresie „bańki spekulacyjnej" na giełdzie powyższe czynniki ulegają zmianie. Przede wszystkim kierownictwo spółki może stosunkowo łatwo zdać sobie sprawę, iż bieżące korzyści z tytułu intensywniejszego wzrostu kursu najprawdopodobniej przewyższą wszelkie przyszłe korzyści wynikające z rzetelnej polityki informacyjnej. Kursy akcji w okresie „baniek spekulacyjnych" mają bowiem tendencję nadreakcji na informacje pozytywne[3], w tym na lepsze od oczekiwanych wyniki

[2] Pod pojęciem strategii deterministycznej rozumie się taką strategię, której reguły postępowania nie zawierają elementów losowości. Przeciwieństwem strategii deterministycznej jest strategia probabilistyczna.

[3] W kontekście tego, iż „bańka spekulacyjna" przełomu XX i XXI wieku dotyczyła głównie spółek internetowych, nie dziwią wyniki badań dowodzące, iż takowe spółki reagowały silniej na

finansowe danej spółki[4]. Z tego względu powstają dla kierownictwa bodźce motywacyjne, ażeby takowych informacji w sprawozdaniach finansowych dostarczać, odwołując się przy tym nawet do postępowania nieetycznego i niezgodnego z prawem. Zjawisko tworzenia przez służby księgowe sprawozdań finansowych prezentujących nadmiernie pozytywny obraz podmiotu nazywa się „kreatywną księgowością".

Należy mieć świadomość, iż spółki giełdowe konkurują między sobą o kapitał. Chodzi tu nie tylko o rywalizację o pozyskanie kapitału odbywającą się w trakcie nowych emisji akcji. Konkurencja dotyczy także przyciągnięcia kapitału na zakup akcji już notowanych na rynku w celu zwiększenia ich kursu. W rzeczywistości istnieje wiele różnorodnych czynników wpływających na atrakcyjność akcji danej spółki dla inwestorów, jak np. rzeczywiste (niepoddane „kreatywnej księgowości") wyniki finansowe, relacje z dostawcami i odbiorcami, prognozowana sytuacja makroekonomiczna w krajach, w których spółka prowadzi swą działalność itp. Modele prezentowane w niniejszym artykule odnoszą się jednak do konsekwencji decyzji polegających wyłącznie na stosowaniu (bądź nie) „kreatywnej księgowości", a w szczególności rozważane są użyteczności dla menedżerów zarządzających spółkami związane z podejmowaniem powyższych decyzji. Przyrosty kursów akcji rywalizujących ze sobą o kapitał spółek mogą różnić się na skutek wszelkich różnic między nimi w zakresie czynników wpływających na rynkową wycenę. Jednym z takich czynników jest ewentualna przewaga jednej ze spółek wynikająca ze stosowania przez nią „kreatywnej księgowości".

Zakładano, że:

– rywalizujące spółki mogą zwiększyć swą atrakcyjność dla inwestorów poprzez „kreatywną księgowość" prezentującą sytuację finansową w nadmiernie pozytywnym świetle,

– odwołanie się do „kreatywnej księgowości" wiąże się dla menedżerów spółek giełdowych z narażeniem się na poniesienie ewentualnych sankcji prawnych w przypadku wykrycia nadużyć.

Dla jasności wywodu poczyniono ponadto założenie upraszczające, iż bezpośrednio rywalizującymi o kapitał są jedynie dwa podmioty. Nawiązano zatem do modelu gry dwuosobowej.

---

pozytywne informacje niż spółki tzw. „starej gospodarki". Dowodzi się także, że w sytuacji przeciwnej do „baniek spekulacyjnych", czyli gwałtownych spadków, rynki nadreagowują na informacje negatywne. Ogólnie zatem, rynek ma tendencję do nadreakcji na informacje zgodne z ogólnym silnym trendem (np. [2]).

[4] Warto zauważyć, iż „lepsze od oczekiwanych przez rynek wyniki finansowe" mogą również oznaczać niższą stratę od tej, której spodziewał się rynek.

Szacując wypłaty dwóch rywalizujących spółek w okresie niewystępowania „bańki spekulacyjnej", przyjęto następujące założenia co do wartości użyteczności:

– 3 – użyteczność dla menedżerów w formie atrakcyjności inwestycyjnej zarządzanej przez nich spółki w przypadku zastosowania „kreatywnej księgowości", gdy konkurent nie stosuje „kreatywnej księgowości";

– 1 – użyteczność dla menedżerów w formie atrakcyjności inwestycyjnej zarządzanej przez nich spółki w przypadku niestosowania „kreatywnej księgowości", gdy konkurent stosuje „kreatywną księgowość";

– 2 – użyteczność dla menedżerów w formie atrakcyjności inwestycyjnej zarządzanej przez nich spółki w przypadku jednakowej, podjętej przez obie rywalizujące o kapitał spółki, decyzji odnośnie do stosowania (bądź nie) kreatywnej księgowości;

– –1 – użyteczność dla menedżerów spółki z tytułu narażenia się na poniesienie sankcji prawnych w przypadku wykrycia nadużyć (stosowania „kreatywnej księgowości").

Pierwsze dwa założenia oznaczają, iż możliwe jest osiągnięcie przewagi nad rywalem w atrakcyjności inwestycyjnej w wysokości dwóch utyli, gdy samemu zastosuje się „kreatywną księgowość", zaś rywal przedstawi rzetelne sprawozdania finansowe. Trzecie założenie, odpowiada naturalnej konsekwencji podjęcia tej samej decyzji przez obie firmy. Jest nią osiągnięcie tej samej użyteczności w formie atrakcyjności inwestycyjnej. Czwarte założenie odzwierciedla konieczność uwzględniania innej niż atrakcyjność inwestycyjna konsekwencji podjęcia decyzji o stosowaniu „kreatywnej księgowości".

Poniżej zaprezentowano możliwą macierz wypłat dla dwóch rywalizujących o kapitał spółek giełdowych w okresie braku „bańki spekulacyjnej".

Tabela 1. Macierz wypłat dla dwóch spółek giełdowych rywalizujących o kapitał inwestorów w okresie braku „bańki spekulacyjnej"

Wypłata spółki giełdowej 1; wypłata spółki giełdowej 2		Spółka giełdowa 2	
		C2	D2
Spółka giełdowa 1	C1	2 ; 2	1 ; 2
	D1	2 ; 1	1 ; 1

Źródło: Opracowanie własne.

Legenda: C – nie stosować „kreatywnej księgowości"[5], D – stosować „kreatywną księgowość"[6].

[5] W klasycznym modelu dylematu więźnia tę strategię określa się jako kooperację i oznacza C (z ang. cooperation).

[6] W klasycznym modelu dylematu więźnia tę strategię określa się jako brak kooperacji i oznacza D (z ang. defection).

(C_1 ; C_2) – obydwie firmy uzyskują użyteczność w postaci atrakcyjności inwestycyjnej w wysokości 2 utyli, nie narażając się przy tym na ewentualne konsekwencje związane z wykryciem nadużyć.

(D_1 ; D_2) – obydwie firmy uzyskują użyteczność w postaci atrakcyjności inwestycyjnej w wysokości 2 utyli, narażając się przy tym na konsekwencje związane z wykryciem nadużyć, stąd 2 – 1 = 1.

(C_1 ; D_2) oraz (D_1 ; C_2) – gracz wybierający strategię D zyskuje 3 utyle, zaś gracz wybierający strategię D jedynie 1 utyl, jednakże gracz zagrywający D naraża się na sankcje, co „kosztuje go" –1, a gracz stosujący strategię C na takie sankcje się nie naraża.

Wydaje się, iż pomimo pewnego uproszczenia, uzasadnione jest traktowanie kolejnych decyzji o stosowaniu (lub nie) „kreatywnej księgowości" jako gry iteracyjnej. Za pojedynczą iterację uznaje się wtedy decyzje w zakresie „kreatywnej księgowości" dotyczące sporządzenia jednego (kwartalnego) sprawozdania finansowego. Można przyjąć, iż w rzeczywistości często występują sytuacje, w których dwie podobne spółki rywalizują ze sobą o „ten sam kapitał". Spółki tworzące takie pary są zazwyczaj podmiotami działającymi w tej samej branży. Inwestor tworzący swój portfel inwestycyjny i poszukujący reprezentanta określonej branży dokonuje wtedy wyboru pomiędzy zakupem akcji jednej bądź drugiej spółki. Oczywiście, należy mieć świadomość, iż często takimi bezpośrednimi konkurentami jest większa liczba spółek niż dwie. W takich sytuacjach należałoby odwołać się do iteracyjnego modelu *n*-osobowego dylematu więźnia. Jednakże, jak stwierdza między innymi D. Newdick, „rezultaty analizy dwuosobowego iteracyjnego dylematu więźnia mogą być w sposób mniej lub bardziej bezpośredni odnoszone do przypadku *n*-osobowego" [11].

Jest rzeczą oczywistą, iż w iteracyjnej grze, której macierz wypłat przedstawiono w tabeli 1, optymalną strategią dla obu spółek giełdowych jest „zawsze grać C".

Uwzględniając uwarunkowania charakteryzujące okres występowania „bańki spekulacyjnej", skonstruowano macierz wypłat przedstawioną w tabeli 2. Jedyna różnica w porównaniu do tabeli 1 polega na założeniu, iż kombinacja strategii D i C, prowadzi do uzyskania 4 (zamiast 3) utyli przez gracza wybierającego D i 0 (zamiast 1) utyli przez gracza zagrywającego C. Odpowiada to silniejszej reakcji inwestorów na pozytywne informacje w okresie „bańki spekulacyjnej".

Tabela 2 prezentuje macierz wypłat typową dla dylematu więźnia ($0 < 1 < 2 < 3$). Paretooptymalną kombinacją strategii jest (C_1 ; C_2), czyli „remis" w zakresie atrakcyjności inwestycyjnej bez narażania się na ewentualną karę za łamanie prawa. Problem polega jednak na występowaniu „pokusy" uzyskania przewagi w atrakcyjności inwestycyjnej względem konkurenta. Ulegnięcie tej

pokusie przez obu graczy prowadzi do nieparetooptymalnej równowagi Nasha (D_1 ; D_2). W zakresie atrakcyjności inwestycyjnej spółki osiągają wtedy „remis", lecz kierownictwo każdej z nich naraża się na ewentualne konsekwencje związane z wykryciem nadużyć.

Tabela 2. Macierz wypłat dla dwóch spółek giełdowych rywalizujących o kapitał inwestorów w okresie „bańki spekulacyjnej"

Wypłata spółki giełdowej 1; wypłata spółki giełdowej 2		Spółka giełdowa 2	
		C2	D2
Spółka giełdowa 1	C1	2 ; 2	0 ; 3
	D1	3 ; 0	1 ; 1

Źródło: Opracowanie własne.

W kontekście dylematu więźnia rozgrywanego jako gra iteracyjna ważne jest również, aby spełniony był warunek niższej średniej wygranych obu graczy przy kombinacjach (C_1 ; D_2) oraz (D_1 ; C_2) od wygranej każdego z graczy przy kombinacji (C_1 ; C_2). Warunek ten został sformułowany w pracy [16]. W macierzy wypłat z tabeli 2 warunek ten jest spełniony, gdyż: $(0+3)/2 < 2$. Celem spełnienia powyższego warunku jest doprowadzenie do sytuacji, w której gra w kolejnych iteracjach kombinacji (C_1 ; C_2) jest korzystniejsza od naprzemiennej gry (C_1 ; D_2) i (D_1 ; C_2).

Wypłata gracza stosującego strategię D, którego konkurent wybrał C w wysokości 3 jest sumą korzyści w formie atrakcyjności inwestycyjnej (+4) i ujemnej użyteczności z tytułu narażenia na wykrycie nadużyć (–1).

Bazując na typowym modelu iteracyjnego dylematu więźnia, wprowadza się jednak dwie dodatkowe modyfikacje, żeby model lepiej odpowiadał uwarunkowaniom rzeczywistej rywalizacji konkurencyjnej między spółkami giełdowymi. Dotyczą one stosowania strategii wymagających analizy decyzji przeciwnika i są następujące:

– analiza każdej pojedynczej decyzji przeciwnika generuje pewien koszt („koszt analizy");

– identyfikacja decyzji przeciwnika nie jest bezbłędna, czyli możliwe jest odczytanie zagrania przez przeciwnika D jako C i odwrotnie („błąd identyfikacji").

Powyższe założenia opierają się na powszechnie spotykanej w literaturze przedmiotu opinii, iż dokładna analiza sprawozdań finansowych spółek, prowadziłaby do wykrycia pewnych symptomów świadczących o zwiększonym prawdopodobieństwie stosowania przez dany podmiot procederu „kreatywnej księgowości" (np. [6], [4], [17], [15]). Podkreśla się jednakże, iż tego rodzaju analizy

wymagały dużej wiedzy z zakresu księgowości, w tym znajomości metod stosowanych w ramach „kreatywnej księgowości". Tym samym przeprowadzenie analiz wiązać musiałoby się z poniesieniem kosztów („kosztu analizy") na zatrudnienie ekspertów. Ponadto zaznacza się, że nawet najznamienitsi eksperci nie byli w stanie stwierdzić w sposób pewny, czy dane sprawozdanie finansowe poddane zostało „kreatywnej księgowości" czy też nie. Mogli oni jedynie szacować prawdopodobieństwo stosowania nadużyć księgowych. Przy wykonywaniu przez nich zadania, polegającego na dychotomicznej klasyfikacji każdego sprawozdania finansowego jako sfałszowanego (będącego rezultatem „kreatywnej księgowości") bądź też niesfałszowanego, nieuniknione byłoby zatem występowanie „błędu identyfikacji", rozumianego jako prawdopodobieństwo błędnej klasyfikacji.

Metodyka eksperymentów

Autor niniejszej pracy zdecydował się na przeprowadzenie eksperymentów symulacyjnych na modelu gry reprezentowanym macierzą wypłat z tabeli 2, z dwoma wspomnianymi powyżej dodatkowymi modyfikacjami. Ich celem było ustalenie, czy niestosowanie „kreatywnej księgowości" (innymi słowy: serie zagrań C) przez rywalizujące ze sobą o kapitał spółki giełdowe było racjonalne ekonomicznie z punktu widzenia ich kierownictwa. Jeśli okazałoby się, iż było nieracjonalne, oznaczałoby to, że należało się raczej spodziewać znacznego wzrostu popularności praktyk „kreatywnej księgowości". Jeśli natomiast było racjonalne, to zagrożenie gwałtownego upowszechnienia się „kreatywnej księgowości" było dużo niższe.

Eksperymenty nawiązywały do ewolucyjnej teorii gier i były przeprowadzane na autorskim programie komputerowym[7]. W symulacjach wykorzystywano trzy najbardziej naturalne strategie deterministyczne[8]:

- zawsze stosuj kreatywną księgowość – zawsze grać D;
- nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości – zawsze grać C;
- „wet za wet" – w pierwszym ruchu zagrać C, a potem tak samo jak przeciwnik w ruchu poprzednim.

[7] Program został napisany w środowisku MS Excel w języku VBA. Autor udostępni program wszystkim zainteresowanym po wysłaniu korespondencji na: waldemar_stronka@poczta.onet.pl.

[8] Uznano, iż do modelowania rzeczywistej rywalizacji spółek o kapitał nie byłoby uzasadnione stosowanie strategii probabilistycznych, jak np. strategii opartej na 50% prawdopodobieństwie zagrania zarówno C jak i D w każdej pojedynczej iteracji. Trudno zakładać, iż któraś ze spółek mogłaby w praktyce zdecydować się na takie podejście.

Na początku ustalano liczbę graczy stosujących daną strategię. Sumaryczna liczba wszystkich graczy była równa 100. Następnie wszyscy gracze byli losowo dobierani w pary. Każda para rozgrywała ze sobą grę: iteracyjny dylemat więźnia. Pierwsza iteracja tej gry następowała z prawdopodobieństwem 1, zaś każda kolejna z prawdopodobieństwem 0,95. Taki współczynnik, w naturalny sposób, powodował, iż ponad połowa iteracyjnych gier składała się z 14 lub większej liczby iteracji.

Liczebność danej strategii w drugim pokoleniu jest proporcjonalna do udziału punktów zdobytych przez tę strategię w pierwszym pokoleniu w całości punktów zdobytych przez wszystkie strategie łącznie. W celu obliczania punktów zdobytych przez strategię obliczano średni (przypadający na jedną iterację) wynik obu graczy po zakończeniu każdej iteracyjnej gry między nimi. Dzielono zatem liczbę punktów (przydzielanych zgodnie z tabelą 2) zdobytych we wszystkich rozegranych iteracjach przez liczbę rozegranych iteracji. Suma średnich wyników zdobytych przez wszystkich graczy stosujących daną strategię stanowiła, wspominane powyżej, punkty zdobyte przez tę strategię w pierwszym pokoleniu. Z kolei suma wszystkich średnich wyników zdobywanych przez wszystkich graczy stanowiła całość punktów zdobytych w pierwszym pokoleniu przez wszystkie strategie łącznie. Z procentowego udziału punktów zdobytych przez daną strategię w całości punktów zdobytych w danym pokoleniu – po zaokrągleniu do najbliższej liczby parzystej – wynikała liczba graczy stosujących daną strategię w drugim pokoleniu.

Liczebność danej strategii w drugim pokoleniu w porównaniu do jej liczebności w pokoleniu pierwszym jest zatem miarą jej sukcesu w pierwszym pokoleniu. Im bardziej dana strategia zwiększyła swą liczebność, tym była lepsza. Ważne wnioski wynikają z porównań przyrostu liczebności różnych strategii. Jeśli na przykład strategia „zawsze graj D" zwiększyła swą liczebność o 10%, a jednocześnie strategia „wet za wet" zwiększyła swą liczebność o 20% oznacza to, iż lepszą strategią była strategia „wet za wet".

Dokonanie symulacji tylko w odniesieniu do jednego pokolenia wynika z faktu, iż zazwyczaj w praktyce wciąż te same spółki rywalizują o „ten sam kapitał". Dzieje się tak choćby dlatego, iż spółki nie zmieniają branży, w której działają. Uwzględnianie wielu pokoleń byłoby przejawem założenia, iż co pewien czas ta sama spółka zmienia swojego konkurenta.

Różnice między symulacjami polegały na przyjęciu różnych wartości współczynników „koszt analizy" i „błąd identyfikacji" (ze swej istoty współczynniki dotyczyły jedynie strategii „wet za wet"). „Koszt analizy" uwzględniano w ten sposób, iż od średniego (przypadającego na pojedynczą iterację) wyniku gracza stosującego strategię „wet za wet" odejmowano wartość owego kosztu. „Błąd identyfikacji" wyznaczano, odejmując od jedności prawdopodobieństwo poprawnej identyfikacji decyzji przeciwnika (C lub D) w poprzedniej iteracji.

Decyzja gracza stosującego strategię „wet za wet" była podejmowana na podstawie zidentyfikowanego – potencjalnie błędnie – zagrania drugiego gracza w poprzedniej iteracji.

Oczywiste jest także, iż z uwagi na występowanie elementów losowych, wytyczne metodologiczne wymagają, aby przy tych samych parametrach przeprowadzać wiele symulacji. Chodzi o to, żeby móc stwierdzić, jaki jest najbardziej prawdopodobny wynik symulacji przy określonych parametrach.

Wyniki eksperymentów symulacyjnych

Na początek warto przytoczyć wyniki symulacji przeprowadzanych na typowym modelu iteracyjnego dylematu więźnia, czyli z zerowymi wartościami „kosztu analizy" i „błędu identyfikacji". Rezultaty takiego eksperymentu symulacyjnego przedstawiono w tabeli 3.

Uzyskane wyniki można zinterpretować w taki sposób, iż strategią, którą należy wybrać – zakładając prawdopodobieństwa rozgrywania iteracyjnej gry ze strategią „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości" na poziomie 0,1, ze strategią „zawsze stosuj kreatywną księgowość": 0,1 oraz „wet za wet": 0,8 – jest strategia „wet za wet". Wynik ten zapewnia występowanie stosunkowo małej liczby przypadków „kreatywnej księgowości". Wszelkie gry, w których nie uczestniczy gracz stosujący strategię „zawsze stosuj kreatywną księgowość", prowadzą do serii iteracji, w których obydwaj gracze nie stosują nadużyć księgowych. Z powyższej tabeli wynika też, że nieracjonalne jest stosowanie strategii „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości" i „zawsze stosuj kreatywną księgowość", gdyż korzystniej wybierać „wet za wet".

Strategia „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości" osiąga średni (przypadający na jedną iterację) wynik na poziomie 2, grając zarówno sama ze sobą, jak i ze strategią „wet za wet". Wypada natomiast słabo w rozgrywkach ze strategią „zawsze stosuj kreatywną księgowość", gdyż osiąga średni (przypadający na jedną iterację) wynik na poziomie 0.

Strategia „zawsze stosuj kreatywną księgowość" osiąga wysoki średni wynik 3, gdy dochodzi do jej rozgrywki z „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości". W przypadku rozgrywek sama ze sobą jej rezultat to 1, a przy rywalizacji z „wet za wet" – nieznacznie powyżej 1[9].

[9] Powyżej 1, gdyż w pierwszej iteracji rozgrywanej między „zawsze stosuj kreatywną księgowość" a „wet za wet", ta pierwsza strategia uzyskuje 3 punkty.

Strategia „wet za wet" w rozgrywkach z „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości" oraz z samą sobą w każdej iteracji uzyskuje 2 punkty. Rozgrywając zaś grę z „zawsze stosuj kreatywną księgowość", z wyjątkiem pierwszej iteracji, w kolejnych dzieli z tą strategią po jednym punkcie.

Tabela 3. Wyniki eksperymentów symulacyjnych przy początkowej liczebności strategii: „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości" = 10; „zawsze stosuj kreatywną księgowość" = 10; „wet za wet" = 80; oraz „koszcie analizy" = 0 i „błędzie identyfikacji" = 0

Numer symulacji	Liczebność strategii w drugim pokoleniu		
	„nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości"	„zawsze stosuj kreatywną księgowość"	„wet za wet"
1.	10	8	84
2.	8	12	82
3.	10	8	84
4.	10	10	82
5.	10	8	84
6.	10	10	84
7.	10	10	84
8.	12	8	84
9.	10	10	82
10.	10	8	84
Średnia liczebność strategii w drugim pokoleniu[10]	**10**	**9,2**	**83,4**
Przyrost liczebności strategii[11]	**0,00%**	**–8,00%**	**+4,25%**[12]

Źródło: Opracowanie własne.

Z powyższych względów strategia „wet za wet" jest optymalną strategią, którą powinien wybrać gracz przystępujący do rozgrywania iteracyjnego dylematu więźnia i zakładający, iż jego przeciwnik również dokonał racjonalnego wyboru strategii.

[10] Średnia arytmetyczna liczebności w drugim pokoleniu w 10 symulacjach.

[11] Przyrost liczebności strategii = [(Średnia liczebność strategii w drugim pokoleniu – Liczebność strategii w pierwszym pokoleniu) / Liczebność strategii w pierwszym pokoleniu] × 100%

[12] Podkreślono przyrost odnotowany przez strategię najskuteczniejszą.

Oczywiście, gdy gracz ma możliwość prognozowania strategii stosowanej przez jego przeciwnika powinien tego dokonać. Tak na przykład gracz przewidujący z wysokim prawdopodobieństwem, iż jego przeciwnikiem w iteracyjnej grze będzie strategia „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości", powinien zdecydować się na granie strategii „zawsze stosuj kreatywną księgowość". Niemniej wybór gracza stosującego strategię „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości" był nieracjonalny.

Warto zauważyć, iż zakładając racjonalność wszystkich graczy, należy oczekiwać wyboru przez wszystkich strategii „wet za wet". Wybory takie prowadzą natomiast do zupełnego braku nadużyć księgowych, tak samo jak byłoby w przypadku wyboru przez każdego z graczy strategii „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości".

Przyjmuje się, iż macierz wypłat prezentowana w tabeli 2 uwzględnia jedynie użyteczności natury ekonomicznej. W kontekście rozważanego modelu konkurencji spółek o kapitał można jednak założyć, iż część kierownictw spółek będzie postępowała w nieracjonalny ekonomicznie sposób. Oznacza to, iż – z przyczyn natury etycznej – nie będą one skłonne do stosowania praktyk „kreatywnej księgowości", nawet ponosząc z tego tytułu ekonomiczne straty. Innymi słowy, w kontekście analizowanego modelu słuszne wydaje się założenie o występowaniu podmiotów stosujących strategię „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości". Im wyższe prawdopodobieństwo rozgrywania gry iteracyjnej ze strategią „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości", tym bardziej atrakcyjny staje się wybór strategii „zawsze stosuj kreatywną księgowość". Można zatem zauważyć, że – pozornie paradoksalnie – obecność bezwarunkowo uczciwych kierownictw spółek była czynnikiem sprzyjającym rozpowszechnianiu się „kreatywnej księgowości".

Tabela 3 prezentuje sytuację, gdzie 80% graczy wybiera strategię racjonalną przy założeniu racjonalności innych graczy, a 20% graczy dokonuje innego wyboru. Odsetek graczy stosujących strategię „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości" jest na tyle niski, iż grający „zawsze stosuj kreatywną księgowość" nie uzyskują lepszego wyniku od grających „wet za wet".

W tabeli 4 przedstawiono wyniki symulacji różniących się od prezentowanych w tabeli 3 wartością „błędu identyfikacji".

Okazuje się zatem, iż „błąd identyfikacji" powoduje znaczne zmniejszenie atrakcyjności strategii „wet za wet". Przy występowaniu „błędu identyfikacji" na poziomie 0,25, stojąc w obliczu rozegrania iteracyjnego dylematu więźnia przy następujących prawdopodobieństwach natrafienia na poszczególne strategie „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości": 0,1; „zawsze stosuj kreatywną księgowość": 0,1; „wet za wet": 0,8, racjonalnym rozwiązaniem jest wybór strategii „zawsze stosuj kreatywną księgowość".

Tabela 4. Wyniki eksperymentów symulacyjnych przy początkowej liczebności strategii: „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości" = 10 ; „zawsze stosuj kreatywną księgowość" = 10; „wet za wet" = 80; oraz „koszcie analizy" = 0 i „błędzie identyfikacji" = 0,25

Numer symulacji	Liczebność strategii w drugim pokoleniu		
	„nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości"	„zawsze stosuj kreatywną księgowość"	„wet za wet"
1.	12	12	80
2.	10	14	78
3.	10	10	82
4.	10	10	82
5.	10	16	78
6.	12	12	80
7.	12	10	80
8.	10	12	80
9.	10	14	78
10.	8	12	82
Średnia liczebność strategii w drugim pokoleniu	**10,4**	**12,2**	**80,0**
Przyrost liczebności strategii	**+4,00%**	**+22,00%**	**0%**

Źródło: Opracowanie własne.

Przy zachowaniu „błędu identyfikacji" na tym samym poziomie zmniejszenie prawdopodobieństwa natrafienia na strategię „wet za wet" kosztem innych strategii spowoduje jeszcze mniejszą atrakcyjność strategii „wet za wet". Zwiększenie prawdopodobieństwa natrafienia na strategię „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości" zwiększy atrakcyjność strategii „zawsze stosuj kreatywną księgowość". Wzrost prawdopodobieństwa natrafienia na strategię „zawsze stosuj kreatywną księgowość" również obniży atrakcyjność „wet za wet", gdyż zmniejszy się prawdopodobieństwo natrafienia „wet za wet" na samą siebie lub na „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości". Natrafienie na te strategie daje natomiast szansę na serię zagrań bez kreatywnej księgowości wiążących się z podziałem punktów po 2. Jedynie „daje szansę", gdyż „błąd identyfikacji" będzie utrudniał wystąpienie takich serii. Gracz stosujący „wet za wet" będzie interpretował część zagrań C swego konkurenta jako zagrania D i w kolejnej iteracji będzie na nie odpowiadał własnymi zagraniami D.

Tabela 5. Wyniki eksperymentów symulacyjnych przy początkowej liczebności strategii: „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości" = 10 ; „zawsze stosuj kreatywną księgowość" = 10; „wet za wet" = 80; oraz „koszcie analizy" = 0,05 i „błędzie identyfikacji" = 0,2

Numer symulacji	Liczebność strategii w drugim pokoleniu		
	„nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości"	„zawsze stosuj kreatywną księgowość"	„wet za wet"
1.	10	12	80
2.	10	12	80
3.	8	14	80
4.	10	14	80
5.	8	14	80
6.	10	14	80
7.	10	12	80
8.	10	12	80
9.	12	10	80
10.	12	10	82
Średnia liczebność strategii w drugim pokoleniu	**10,0**	**12,4**	**80,2**
Przyrost liczebności strategii	**0%**	**24,00%**	**0,25%**

Źródło: Opracowanie własne.

Z punktu widzenia popularności nadużyć księgowych warto zauważyć nie tylko fakt, iż parametry dla eksperymentu, którego wyniki przedstawiono w tabeli 4 najbardziej sprzyjają strategii polegającej na ciągłym stosowaniu „kreatywnej księgowości". Należy ponadto mieć świadomość, iż przypadki stosowania nadużyć księgowych pojawią się również w grach rozgrywanych przez dwóch przedstawicieli strategii „wet za wet" oraz w rozgrywkach pomiędzy „wet za wet" a „nigdy nie stosuj kreatywnej księgowości". Wynikać to oczywiście będzie z „błędu identyfikacji".

Tabela 5 przedstawia wyniki symulacji, gdy przy liczebności strategii analogicznej jak w eksperymentach z tabeli 3 i 4 występuje zarówno „koszt analizy", jak i „błąd identyfikacji".

Wyniki przedstawione w tabeli 5 świadczą o tym, iż „koszt analizy", dodatkowo obniża atrakcyjność strategii „wet za wet". Przy „koszcie analizy" wynoszącym 0,05 nawet poprawne w 80% identyfikowanie nadużyć księgowych i ich

braku nie skłania do dokonania racjonalnego wyboru strategii „wet za wet". Najlepszą strategią jest w tej sytuacji „zawsze stosuj kreatywną księgowość".

Ogólnym wnioskiem płynącym z wyników przeprowadzonych symulacji jest stwierdzenie małego prawdopodobieństwa, iż mogłoby nie dojść do wzrostu popularności procederu „kreatywnej księgowości" wśród spółek giełdowych.

Podsumowanie

Przedstawiona analiza pozwala zrozumieć mechanizm leżący u podłoża wzrostu popularności praktyk „kreatywnej księgowości" w okresie „bańki spekulacyjnej", która wystąpiła na rynku kapitałowym na przełomie XX i XXI wieku. Można wymienić kilka kluczowych czynników decydujących o upowszechnieniu się „kreatywnej księgowości". Po pierwsze, zostało ono spowodowane typową dla okresów „baniek spekulacyjnych" nadmierną reakcją (tzw. nadreakcją) na pozytywne informacje. Wywołała ona pokusę dla menedżerów spółek, by takich informacji dostarczać, nawet łamiąc prawo. Po drugie, znaczny wpływ na wynagrodzenia menedżerów miało kształtowanie się kursów akcji zarządzanych przez nich spółek. Po trzecie, istniała pewna grupa menedżerów spółek, która nie była skłonna stosować „kreatywną księgowość" nawet mimo nieracjonalności ekonomicznej takiego postępowania. Istnienie tej grupy spółek zwiększało atrakcyjność stosowania „kreatywnej księgowości" do osiągnięcia przewagi konkurencyjnej w rywalizacji o kapitał. Po czwarte, występowanie „kosztu analizy" i „błędu identyfikacji" powodowało wyższą względną atrakcyjność strategii polegającej na ciągłym stosowaniu „kreatywnej księgowości" w stosunku do innych strategii. Owa względna atrakcyjność była wyższa niż w sytuacjach modelowanych za pomocą typowego iteracyjnego dylematu więźnia, w których „koszt analizy" i „błąd identyfikacji" nie występują.

Dwa ostatnie punkty odwołują się bezpośrednio do analizy wyników symulacji komputerowych. Celem symulacji nie było wyznaczenie konkretnych wartości liczbowych określonych charakterystyk modelu. Ich przeprowadzenie dla różnych wartości liczbowych miało natomiast umożliwić lepsze zrozumienie mechanizmu wywołującego na przełomie XX i XXI wieku wzrost częstości stosowania „kreatywnej księgowości".

Zaprezentowana analiza ma też znaczenie dla teorii iteracyjnego dylematu więźnia. O ile spotykano w literaturze modyfikacje iteracyjnego dylematu więźnia polegające na uwzględnianiu „błędu identyfikacji"[13], to nie są znane przy-

[13] „Błąd identyfikacji" w literaturze anglojęzycznej określany jest jako szum informacyjny (z ang. noise) (np. [14], [12]).

padki odwoływania się do „kosztu analizy". „Koszt analizy" jest oryginalnym wkładem niniejszej pracy do teorii iteracyjnego dylematu więźnia.

Nasuwa się również pytanie, jaką rolę przytoczona analiza mogłaby mieć we wspomaganiu decyzji regulatorów i uczestników rynków kapitałowych. Dla instytucji wpływających na rynek ważny powinien być wniosek o konieczności reagowania na zmieniające się uwarunkowania, w których menedżerowie spółek podejmują swe decyzje. O ile w trakcie obowiązywania macierzy wypłat przedstawionej w tabeli 1 praktycznie nie występowały nadużycia księgowe (3 przypadki w roku 1981), to zmiana na macierz wypłat zaprezentowaną w tabeli 2 spowodowała gwałtowny wzrost częstości ich stosowania (700 przypadków w latach 1997–2000). Zmiana macierzy wypłat powinna zatem skłonić instytucje regulujące funkcjonowanie rynków kapitałowych do zmiany środków zapobiegających stosowaniu „kreatywnej księgowości". Zaakceptowanie przedstawionego w niniejszej pracy modelu skłaniałoby do interpretacji początkowo zaobserwowanego wzrostu popularności „kreatywnej księgowości" jako zapowiedzi dalszego upowszechniania się tego procederu w najbliższym czasie. Wydaje się, iż zmiany prawa – na wzór Sarbanes-Oxley Act – mogły być przeprowadzone znacznie wcześniej niż dopiero po aferach związanych z bankructwem firm Enron i Worldcom. Wzrost popularności „kreatywnej księgowości" nie był czymś nieuzasadnionym i nieprzewidywalnym, lecz racjonalną reakcją uczestników gry rynkowej.

Z punktu widzenia inwestorów, świadomość atrakcyjności dla menedżerów stosowania „kreatywnej księgowości" mogła mieć wpływ na decyzje inwestycyjne. Mogli oni na przykład zastosować strategię inwestycyjną opierającą się na wykrywaniu symptomów „kreatywnej księgowości" w celu dokonania krótkiej sprzedaży akcji spółek podejrzewanych o ten proceder. Jak zauważa J. Surowiecki, Jim Chanos – prezes funduszu inwestycyjnego zajmującego się wyłącznie krótką sprzedażą – „był pośród pierwszych, którzy widzieli, że Enron był domkiem z kart" [22]. Można zatem sformułować tezę, iż wiedza inwestorów na temat rosnącej popularności „kreatywnej księgowości" dawała im możliwość zastosowania zyskownej strategii inwestycyjnej.

Niniejsza praca skłania także do wniosków natury ogólniejszej. Stanowi ona przykład, iż zastosowanie agentowych symulacji komputerowych może prowadzić do lepszego zrozumienia zjawisk występujących na rynku kapitałowym i w jego otoczeniu. Uzasadnione wydaje się przypuszczenie, że wykorzystywanie powyższego podejścia może wzbogacić dorobek ekonometrii finansowej. Jako obiecujący obszar badawczy dla tego podejścia można uznać mechanizmy tworzenia się „baniek spekulacyjnych" na rynkach kapitałowych. Powszechne jest przekonanie, iż za powstawanie „baniek spekulacyjnych" odpowiadają zjawiska badane w ramach psychologii społecznej, takie jak zachowania stadne (z ang. herding) czy kaskady informacyjne. Przykładem, iż agentowe symulacje

komputerowe mogą być przydatne do analizy rynku, na którym uczestniczą inwestorzy z silnie uwarunkowanymi psychologicznie mechanizmami podejmowania decyzji, jest choćby praca K. Jamala i S. Sundera [9].

Literatura

[1] Axelrod R., Hamilton W. D., *The evolution of cooperation*, „Science" 1981, nr 212

[2] Ayert B., Upper Ch., Werner T., *Stock Market Valuation of Old and New Economy Firms*, Paper prepared for the Working Group on *The Financing of the New Economy* of the Committee on the Global Financial System, www.bis.org/publ/cgfs19bbk2.pdf

[3] *Badania operacyjne*, E. Ignasiak (red.), Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 1997

[4] Beneish M., *Detecting GAAP violation: Implications for assessing earnings management among firms with extreme financial performance*, „Journal of Accounting and Public Policy" 16 (3)

[5] Boyd R., Lorberbaum J.M.D., *No pure strategy is evolutionary stable in the iterated prisoner's dilemma game*, „Nature" 1987, nr 327

[6] Catanach A.H., Rhoades-Catanach S., *Enron: A Financial Reporting Failure?*, „Villanova Law Review" 2003, nr 4, vol. 48

[7] Doebeli M., Hanert Ch., *Models of cooperation based on the Prisoner's Dilemma and the Snowdrift game*, „Ecology Letters" 2005, nr 8

[8] Hill W., *Prisoner's dilemma, a stochastic solution*, „Mathematics Magazine" 1975, nr 48

[9] Jamal K., Sunder S., *Bayesian Equilibrium in Double Auctions Populated by Biased Heuristic Traders*, „Journal of Economic Behavior and Organization" 1996, nr 31

[10] McNamara J. M., Barta Z., Houston A.I., *Variation in behaviour promotes cooperation in the Prisoner's Dilemma game*, „Nature" 2004, nr 428

[11] Newdick D., *Anarchy and Game Theory*, www.spunk.org/texts/misc/sp000161.txt

[12] Niell D. B., *Optimality under noise: higher memory strategies for the alternating prisoner's dilemma*, „Journal of Theoretical Biology" 2001, nr 211

[13] Nowak M. A., Sasaki A., Taylor C., Fudenberg D., *Emergence of cooperation and evolutionary stability in finite populations*, „Nature" 2004, nr 428

[14] Nowak M. A., Siegmund K., *Tit for tat in heterogenous populations*, „Nature" 1992, nr 355

[15] Philips J. D., Pincus M., Rego S. O., *Earnings Management: New Evidence based on Deferred Tax Expense*, 14.X.2002, www.ssrn.com

[16] Rapaport A., Chammah A., *Prisoner's Dilemma*, University of Michigan Press, 1970

[17] Richardson S.A., Iam Tuna A., Min Wu, *Predicting Earnings Management: The Case of Earnings Restatements*, X.2002, www.ssrn.com

[18] Shubik M., *Game theory, behavior, and the paradox of prisoner's dilemma: three solutions*, „Journal of Conflict Resolution" 1970, nr 14

[19] Shu-Heng Chen, Tzu-Wen Kuo, *Towards an Agent-Based Foundation of Financial Econometrics: An Approach Based on Genetic Programming Artificial Markets*, http://www.aiecon.org/staff/shc/vita/gp993.pdf

[20] Smith J. M., Price G. R., *The logic of animal conflict*, „Nature" 1973

[21] Straffin P., *Teoria gier*, Wydawnictwo Scholar, Warszawa 2004
[22] Surowiecki J., *The Wisdom of Crowds*, Anchor Books, New York 2005
[23] Wahl I. M., Nowak M. A., *The continuous prisoner's dilemma: II. Linear reactive strategies with noise*, „Journal of Theoretical Biology" 1999, nr 200

Waldemar Stronka

APPLICATION OF THE ITERATED PRISONER'S DILEMMA MODEL TO THE EXPLANATION OF THE ACCOUNTING MISUSE MECHANISM IN LISTED COMPANIES

Summary

The paper is linked with the best-known agent simulation model – the iterated prisoner's dilemma model. The classic version of the model was modified by introducing two corrections: an 'analysis cost' and a 'noise in identification'. This simple model enabled to conduct an analysis of a recent phenomenon of rapid increase in a number of 'creative accounting' practices.

It seems that the analysis could have been of crucial importance for investors and institutions regulating – directly and indirectly – capital market activities. As a result of the analysis, changes in the law – such as the Sarbanes-Oxley Act – could have been made a lot earlier than after companies of Enron and WorldCom went bankrupt. From the investors' point of view, their awareness of 'creative accounting' attractiveness for executives could have influenced their investment decisions. They were able, for example, to apply an investment strategy based on identifying symptoms of 'creative accounting' in order to short-sell shares of companies suspected by them of these practices.