

DOBRE POWODY, BY POMÓC NIEZNAJOMEMU. RELEWANTNA INFORMACJA W SYTUACJACH WZAJEMNOŚCI POŚREDNIEJ

Katarzyna Abramczuk*

Uniwersytet Warszawski

Instytut Studiów Politycznych PAN

Streszczenie: Wzajemność pośrednia odnosi się do wymiany w dużych grupach, gdzie przysługa jest odwzajemniana przez inną osobę niż beneficjent. Analizy tego zjawiska z użyciem gier ewolucyjnych można podzielić na dwa typy. Część autorów wskazuje, że proste strategie bazujące jedynie na przeszłych uczynkach partnera są wystarczające, by wzajemność taka zaistniała. Inni zwracają uwagę, że lepsze własności dynamiczne mają złożone strategie biorące pod uwagę motywacje. Wymagają one znajomości przebiegu dużej części interakcji partnera oraz jego uprzednich partnerów i opierają się na złożonych schematach myślowych. Prezentują alternatywne podejście dla ulepszania własności prostych strategii, które bazuje na racjonalności ekologicznej. Zakłada ono, że informacja może być użyteczna w procesie decyzyjnym nawet wówczas, gdy nie jest logicznie z nim powiązana. Wystarczy, że w środowisku istnieje probabilistyczny związek między nią a kryterium decyzyjnym. Proponują dwie proste strategie odwołujące się do referencji oraz własnego doświadczenia. Żadna z nich nie sięga dalej niż jedną interakcję wstecz. Za pomocą symulacji komputerowych pokazują, że mogą one podtrzymywać wzajemność pośrednią. W szczególności okazują się użyteczne w warunkach trudnych, tj. gdy koszt pomocy jest duży oraz gdy dostęp do informacji jest ograniczony.

Słowa kluczowe: ewolucyjna teoria gier, gra dawania, wzajemność pośrednia, ograniczona racjonalność, racjonalność ekologiczna, zaufanie.

* Katarzyna Abramczuk, Instytut Socjologii Uniwersytetu Warszawskiego, ul. Karowa 18, 00-927 Warszawa oraz Instytut Studiów Politycznych Polskiej Akademii Nauk, ul. Polna 18/20, 00-625 Warszawa; e-mail: k.abramczuk@gmail.com

Bardzo dziękuję za pomoc i inspiracje Panu Profesorowi Grzegorzowi Lissowskiemu, kolegom z Zakładu Statystyki, Demografii i Socjologii Matematycznej IS UW, kolegom z grupy badawczej Adaptive Behavior and Cognition MPI oraz dwóm anonimowym recenzentom.

**GOOD REASONS TO HELP A STRANGER.
RELEVANT INFORMATION IN INDIRECT RECIPROCITY**

Abstract: *Indirect reciprocity explains exchange within large groups where a favour is returned by someone other than the beneficiary. Evolutionary games used to analyze this phenomenon are of two types: some authors show that simple strategies based on information about the past deeds of a partner are sufficient for indirect reciprocity to emerge; others indicate that complex strategies based on motivations have better dynamic properties. These complex strategies require knowledge of a considerable number of past interactions of partners and their former partners and use complicated reasoning. I present another approach to improve the performance of simple strategies using the ecological rationality concept. According to this approach, information can be useful in solving a problem even if it is not logically related to it. A probabilistic connection between information and an environmental criterion is sufficient. I present two simple strategies based on such connections. They use reference and experience. Neither needs information extending beyond the most recent interactions of chosen individuals. Using computer simulation I show that they can support indirect reciprocity. The strategies are particularly useful when conditions are unfavourable e.g. when the cost of helping is high and/or when information is difficult to obtain.*

Keywords: *evolutionary game theory, giving game, helping game, indirect reciprocity, bounded rationality, ecological rationality, trust.*

Wprowadzenie

Racjonalne podejmowanie decyzji w kontekście społecznym jest zadaniem nad wyraz skomplikowanym. W szczególności odnosi się to do przypadków, w których konsekwencje podjętego działania zależą nie tylko od własnego wyboru, ale także od wyborów innych uczestników sytuacji. Decyzjom takim towarzyszy ogromny zasób potencjalnie istotnych informacji, z których trzeba wyodrębnić te, które mogą okazać się pomocne. Przedmiotem tego artykułu są kryteria pozwalające na trafne zidentyfikowanie relewantnych informacji.

Analizowany przykład to sytuacje wzajemności pośredniej. Zanim zdefiniuję, jak rozumiem to pojęcie, posłużę się ilustracją. W socjologii pojawia się temat klimatu bądź też kultury zaufania. W kulturze zaufania łatwo uzyskać pomoc na drodze, gdy zepsuje nam się samochód, nikt nie żywi obawy przed nocnymi spacerami, pozostawiony w sklepie portfel znajduje się tam następnego dnia w nienaruszonym stanie, nie ma problemu, kiedy poszukiwany przez nas towar można zakupić jedynie przez

Internet, a ludzie chętnie angażują się w prace różnych stowarzyszeń. Jak pisze Piotr Sztompka, klimat zaufania prowadzi do „[...] otwartych, innowacyjnych, spontanicznych działań, podnosi poziom mobilizacji, aktywności, wolności społeczeństwa, intensyfikuje interakcje, wzmacnia więzi społeczne, prowadzi do scalenia wspólnot i w ten sposób rozwija potencjał samoprzekształcający się społeczeństwa, jego podmiotowość. Rozpowszechniona kultura zaufania oddziałuje zwrotnie na swoje własne strukturalne uwarunkowania, zwiększając stabilność normatywną, przejrzystość organizacji społecznej, trwałość porządku społecznego, odpowiedzialność władzy, egzekwowanie praw i obowiązków” (Sztompka, 2002:324). Można chyba bezpiecznie twierdzić, że znakomita większość ludzi chciałaby żyć w tak scharakteryzowanym świecie¹. Jednakże poziom gotowości do pomocy i przekonanie o spolegliwości innych różnią się znacznie dla różnych społeczeństw. Przykładowo wedle danych międzynarodowego programu ISSP² ze stwierdzeniem, że w większości przypadków można być pewnym, że inni ludzie są wobec nas życzliwi, zgadza się 62% Amerykanów, a tylko 29% Rosjan.

Koncepcja wzajemności pośredniej³ poświęcona jest właśnie mechanizmom powstawania i podtrzymywania swego rodzaju klimatu zaufania. Odnosi się ona do wymian dóbr materialnych i niematerialnych zachodzących w większych społecznościach, bądź wręcz społeczeństwach, które mają miejsce mimo tego, że ich członkowie często nie pozostają ze sobą w żadnych bliskich relacjach a ich interakcje nie mają gwarancji powtórzenia się w przyszłości. Często są to wymiany mające charakter jednostronnej pomocy tudzież przysług wyświadczanych w nadziei na doświadczenie w przyszłości podobnej życzliwości ze strony osób innych niż aktualni beneficjenci. Przedmiot teorii wzajemności pośredniej jest zatem zbliżony do przedmiotu teorii wymiany uogólnionej, z położeniem szczególnego nacisku na zrównoważenie przepływów⁴. Jeden z prekursorów wzajemności pośredniej Richard Alexander (1985, 1987) sformułował tezę, że tego typu wymiana jest konsekwencją wzajemności bezpośredniej okazywanej w obecności zainteresowanych odbiorców. Wedle Alexandera zainteresowani odbiorcy nieustannie oceniają członków swojej społeczności jako partnerów swoich przyszłych interakcji, w których chcieliby zyskać więcej niż wyniosą ich koszty. Innymi słowy, wymiana między osobami nieznanymi bądź słabo znającymi się jest możliwa, jeśli funkcjonują one w ramach większej grupy, w której istnieje prze-

¹ Jest oczywistym, że zaufanie obok pozytywnych może też przynosić negatywne skutki takie jak łatwość powstawania organizacji terrorystycznych i siatek przestępczych. Problem typu zaufania, który odgrywa tu rolę, i subtelnych różnic między zaufaniem właściwym a innymi zjawiskami określanymi tym mianem był wielokrotnie dyskutowany w literaturze (zob. np. Hardin, 2006; Putnam, 1995; Yamagishi, 1998).

² International Social Survey Program, moduł „Kontakty Między Ludźmi”, 2001.

³ Terminem tym określać będę to, co w literaturze angielskojęzycznej określa się mianem „generalized reciprocity” lub „indirect reciprocity”.

⁴ Kompendium wiedzy na temat teorii wymiany oferuje Marian Kempny (Kempny, 1988; a także Kempny, Szmatka, 1992).

plyw informacji na temat tego, kto, kiedy, wobec kogo i jak się zachował. Osoba wyświadczająca przysługę nie musi oczekiwać niczego w zamian bezpośrednio od beneficjenta swoich działań, jednakże jej działania w jakiś sposób stają się dla innych (obserwatorów i obdarowanego) przyczynkiem do dalszego udzielania pomocy.

Analizie sytuacji wzajemności pośredniej służą gry ewolucyjne⁵. Ich podstawowym założeniem jest, że członkowie grupy (nazywani graczami) wchodząc ze sobą w interakcje (np. sytuacje, w których jedna z osób może udzielić wsparcia drugiej) stosują pewne strategie podejmowania decyzji (np. pomagaj tylko tym, którzy kiedyś komuś pomogli), a następnie tworzą nową generację, ucząc się bądź też dziedzicząc⁶ te strategie, które do danego momentu przynosiły większe korzyści⁷. Optymalizacja nie opiera się tu na skomplikowanej kalkulacji przyszłych zysków, tylko na doświadczeniu. Nie oznacza to bynajmniej, że gracze nie myślą. Ich sposób rozumowania jest niejako wpisany w ich strategię. O tym, czy dane rozumowanie, a więc użycie określonej strategii, zostanie uznane za zasadne, decyduje rezultat, czyli korzyści ostatecznie uzyskane przez decydenta. Im większe korzyści, tym bardziej powszechna dana strategia w populacji.

Każda strategia ma pewne wymagania informacyjne. Przykładowo strategia, która nakazuje pomagać tym, którzy sami kiedyś komuś pomogli, wymaga, aby gracz znał przebieg przynajmniej części przeszłych interakcji swojego obecnego partnera. Jeśli ograniczymy naszą uwagę do pewnego typu informacji, ograniczymy tym samym klasę rozważanych strategii. Możemy chociażby wyobrazić sobie klasę strategii, które biorą pod uwagę tylko przeszłe uczynki obecnego partnera. Problem, któremu chcę się bliżej przyjrzeć, dotyczy zakresu informacji, które w grach ewolucyjnych modelujących sytuacje wzajemności pośredniej są uznawane za relewantne i tym samym ograniczają przestrzeń rozważanych strategii. Informacje brane zwykle pod uwagę odnoszą się do przeszłych działań partnera oraz ewentualnie ich uzasadnień w tym samym duchu tj. dotyczących działań jego uprzednich partnerów. Poruszamy się ciągle w przestrzeni dość wąsko rozumianej racjonalności. Tymczasem sytuacje wzajemności pośredniej obfitują w inne typy dostępnej informacji, często o charakterze czysto społecznym, które, choć na ogół pomijane w modelach, nierzadko ujawniają swą wagę w badaniach eksperymentalnych. Należą do nich chociażby informacje o tym, co przydarzyło się samemu decydentowi, albo jak przebiegały inne interakcje w gru-

⁵ Analiza gier ewolucyjnych może przyjąć formę badania własności modeli matematycznych lub badania wyników symulacji komputerowych. Symulacje są użyteczne, gdy gra jest zbyt złożona, aby można ją było rozpa-trzyć formalnie, a także jako wstęp do analizy problemów nowo postawionych.

⁶ Ta druga interpretacja jest częstsza w literaturze z dziedziny biologii, z której wywodzą się gry ewolucyjne.

⁷ Na ogół przyjmuje się, że procent członków grupy, którzy przejmują daną strategię jest proporcjonalny do udziału wygenerowanych przez nią korzyści w całkowitej puli zysków (tzw. Proporcjonalna Reguła Adaptacji), choć istnieje też wiele innych schematów dziedziczenia. Poleganie na tym założeniu jest nie tylko powszechne, ale posiada także czytelną interpretację i uzasadnienie formalne (zobacz Bendor i Świąstak 1998a, 1998b).

pie, które pozostają bez bezpośredniego związku z intencjami obecnego potencjalnego beneficjenta. W obliczu faktu, że ludzie zdają się polegać na takich wskazówkach, powstaje pytanie, czy zachowują się oni nieracjonalnie, czy też może modele pomijają jakiś ważny aspekt sytuacji.

Starając się na nie odpowiedzieć, powołuję się na paradygmat racjonalności ekologicznej, który pozwala inkorporować tego typu informacje i zrozumieć proces, w ramach którego stają się one użyteczne dla decydentów, choć na pozór nie mają żadnego związku z ich sprawą. Racjonalność ekologiczna nie bazuje na kryteriach formalnych takich jak, spójność czy przechodniość. Schemat decyzyjny jest uznawany za racjonalny ekologicznie, jeśli pozwala na podejmowanie trafnych decyzji w środowisku, w którym jest używany. W innych warunkach schemat taki może prowadzić do absurdalnych wniosków. Jego skuteczność opiera się bowiem na istniejących w środowisku związkach probabilistycznych pomiędzy pewnymi prostymi wskazówkami a kryterium decyzyjnym.

Korzystając z istnienia takich związków, konstruję dwie bardzo proste reguły podejmowania decyzji dla gry ewolucyjnej modelującej sytuację wzajemności pośredniej. Pierwsza korzysta z referencji, czyli informacji o tym, jak obecny partner decydenta jest traktowany przez innych członków grupy. Druga korzysta z informacji o tym, czego doświadczył decydent ze strony innych członków grupy. Wykorzystuję symulację komputerową do porównania ich własności z własnościami prostej strategii polegającej jedynie na informacji o przeszłych uczynkach obecnego partnera. Cel tego ćwiczenia jest trojaki. Po pierwsze, pokazuje, że możliwe jest ulepszenie prostych strategii decyzyjnych nie poprzez znaczną komplikację rozumowania, ale poprzez nieznaczne rozszerzenie zakresu użytkowanej informacji. Po drugie, obie reguły powstały w oparciu o dane empiryczne i intuicje socjologiczne. Tym samym demonstracja ich skuteczności jest zarazem demonstracją tego, że rzeczywiste zachowania mają swoje uzasadnienie teoretyczne. Po trzecie, wreszcie możliwe jest zbadanie specyficznych warunków, w których strategie te mogą podtrzymać wzajemność pośrednią i przynoszą korzyści populacji jako całości. Okazuje się, że są użyteczne przede wszystkim w sytuacjach trudnych, kiedy koszty pomocy są duże lub dostęp do informacji jest utrudniony.

Zaczynam od przeglądu literatury na dwa podstawowe tematy. Pierwszy to klasyczny model wzajemności pośredniej i rozpatrywane w jego ramach typy strategii. Drugi to racjonalność ekologiczna i jej związek z tym, jaka informacja jest relewantna w procesie decyzyjnym. W głównej części pracy prezentuję schemat oraz wyniki przeprowadzonej przez siebie symulacji komputerowej i analizuję zachowanie i własności zaproponowanych przez siebie strategii.

1. Przegląd literatury

1.1. Wzajemność pośrednia

Właściwa historia obecnej debaty nad wzajemnością pośrednią zaczyna się od dwóch artykułów autorstwa Martina Nowaka i Karla Sigmunda: symulacji (1998a) oraz analizy formalnej (1998b). Autorzy ci rozpatrywali populację, w której gracze w każdej rundzie losowo dobierani w pary rozgrywali grę dawania. W grze tej tylko jeden gracz (decydent) podejmuje decyzję. Może on przekazać graczowi biernemu dobro, które ma dla otrzymującego wartość b (pomóc mu), ponosząc jednocześnie pewien koszt c . Przyjmuje się, że c jest mniejsze niż b . W konsekwencji dawanie zwiększa dobrobyt pary jako całości o różnicę $b-c$ ⁸. W kolejnej rundzie losowanie jest powtarzane i gra rozgrywana jest ponownie między nowymi partnerami. Każdy gracz ma jednakowe prawdopodobieństwo znalezienia się w roli biernej i czynnej, ale występuje w nich w interakcjach z innymi partnerami.

Nowak i Sigmund postawili sobie za cel pokazanie, że wzajemność pośrednia jest w ogóle możliwa. Wcześniejsze prace wskazywały, że wymiana jest możliwa, gdy ci sami gracze spotykają się wielokrotnie (Axelrod, 1984; Trivers, 1971). Jednak pierwsze testy sytuacji, w których przysługa miała być zwrócona przez inną osobę niż obdarowany, wypadły negatywnie (Boyd i Richerson, 1989). Nowak i Sigmund zaproponowali klasę strategii punktujących⁹ opierających się na bardzo prostej zasadzie nakazującej pomaganie tym, którzy pomagają innym, oraz odmawianie pomocy tym, którzy jej odmawiają innym. W swojej ogólnej postaci strategia punktująca polega na doliczaniu punktu do reputacji gracza, za każdym razem, kiedy ten kogoś obdaruje, oraz odejmowaniu punktu za każdym razem, kiedy tego nie zrobi, aż do momentu osiągnięcia górnego lub dolnego limitu reputacji (w symulacji limity te wynosiły -5 oraz +5, w analizie formalnej -1 oraz 0). Obdarowuje się jedynie tych partnerów, którzy uzyskali określoną liczbę punktów będącą progiem pomocy. Jeśli próg pomocy przekracza górny limit reputacji, gracz nikomu nie pomaga, a więc zachowuje się zgodnie ze strategią zawsze defektującą (ZD). Jeśli próg spada do poziomu dolnego limitu reputacji, gracz pomaga wszystkim, a więc gra strategię zawsze pomagającą (ZK). Pozostałe stany są stanami pośrednimi. Wyjściowa reputacja wszystkich graczy wynosi zero.

⁸ Przyjmuję takie tłumaczenie angielskiego terminu „giving game”. Ta sama gra nazywana jest czasem także „helping game”. Należy ją odróżnić od powszechnie znanej gry dyktatora, w której także występuje gracz czynny decydujący o alokacji wypłat oraz gracz bierny. W grze dyktatora suma zysków jest stała. W grze dawania, jeśli decydent zdecydował się na danie, suma zysków jest większa niż w przeciwnym wypadku.

⁹ Mianem tym określać będą strategie występujące w literaturze angielskiej jako „scoring strategies”.

Wyniki analiz strategii punktujących były obiecujące. W procesie ewolucji w symulacji populację zdominowała strategia o progu pomocy wynoszącym zero, a poziom udzielanej pomocy był wysoki. Także w analizie formalnej próg zero okazał się mieć znaczącą przewagę. W tym wypadku sytuacja jest znacznie uproszczona, bowiem, gdy limity reputacji to -1 oraz 0, istnieją tylko dwie możliwe reputacje: zła i dobra. Każda odmowa prowadzi do złej reputacji, a każde obdarowanie do dobrej. Co więcej, w przypadku doskonałej informacji jedynie ostatnio podjęte działanie ma znaczenie. Strategia punktująca o progu pomocy zero nakazuje obdarowanie tych, którzy obdarowali kogoś, gdy ostatnio mieli po temu okazję, i odmówienie tym, którzy ostatnim razem odmówili. Pozostałe możliwe strategie w tym układzie to ZD (próg pomocy powyżej 0) oraz ZK (próg pomocy poniżej 0). Nowak i Sigmund stwierdzili, że w takiej ekologii strategia punktująca o progu pomocy zero jest w stanie podtrzymać wymianę¹⁰.

Wkrótce optymizm, co do strategii punktujących, został ostudzony. Olof Leimer i Peter Hammerstein (2001) napisali symulację demonstrującą, że strategia dbająca przede wszystkim o to, jak jest postrzegana przez innych graczy, może zniweczyć sukces strategii punktujących. Stwierdzili także, iż sukces strategii punktujących zależy silnie od dryfu genetycznego¹¹ oraz niskiego kosztu dawania. Karthik Panchanathan i Robert Boyd (2003) udowodnili z kolei, że dwupoziomowa strategia punktująca traci swoją przewagę, gdy dopuścimy błędy implementacji, a konkretniej możliwość, że gracz zamierzający kogoś obdarować nie zrobi tego ze względów losowych¹². W takich warunkach populacja jest najpierw przejmowana przez bezwarunkowo pomagających (ZK), którym strategia punktująca pomaga częściej niż innym graczom stosującym strategię dyskryminującą. W świecie zdominowanym przez ZK najlepszą strategią okazuje się z kolei ZD i to ona jest ostatecznym zwycięzcą¹³.

Autorzy krytykujący strategie punktujące zaproponowali skoncentrowanie uwagi na bardziej złożonych strategiach oceniających¹⁴. Strategie te mają swój pierwowzór w klasycznej pracy Roberta Sudgena (1986). Opracowany przez Sudgena Skruszony Wet Za Wet¹⁵ (SWZW) jest dwuczęściowy. Składa się z systemu oceny i zasady działania. System oceny pozwala klasyfikować każdego gracza jako dobrego lub złego¹⁶.

¹⁰ Ściśle rzecz biorąc, Nowak i Sigmund stwierdzili też, że jest to strategia ewolucyjnie stabilna.

¹¹ Dryf genetyczny polega na fluktuacji częstości neutralnego allelu genu w populacji, wynikającej z całkowicie losowego charakteru przekazywania genów przez rodziców potomstwu.

¹² Na istnienie tego samego zjawiska wskazał też Hisashi Ohtsuki (2004) w kontekście strategii stochastycznych tzn. determinujących zachowanie losowo. Zarówno Leimer i Hammerstein jak i Ohtsuki rozważali też błędy percepcji, czyli mylne wzięcie kooperacji za zdradę albo odwrotnie.

¹³ Później zostało pokazane, że wynik ten zależy od szczegółowych założeń modelu (Brandt i Sigmund 2004, 2005).

¹⁴ Przyjmując takie tłumaczenie rodziny strategii nazywanej w literaturze angielskojęzycznej „standing strategies”.

¹⁵ Pierwotna nazwa tej strategii to „T1” albo po prostu „jedna ze strategii z rodziny Tit For Tat”. Używana tutaj nazwa jest tłumaczeniem bardziej chwytliwej nazwy pochodzącej z artykułu Boyda (1989): „Contrite Tit For Tat”.

¹⁶ W oryginale mowa o „being in a good standing” oraz „being in a bad standing”. Stąd też angielska nazwa strategii oceniających.

Podobnie jak w przypadku dwupoziomowej strategii punktującej wszyscy gracze, którzy ostatnio kooperowali, oceniani są jako dobrzy. Jednakże inaczej niż poprzednio, gracze, którzy ostatnio odmówili kooperacji, także mogą być ocenieni jako dobrzy, jeśli odmowa dotyczyła gracza, który był podówczas oceniony jako zły¹⁷. Jeśli odmowa dotyczyła dobrego gracza, prowadzi do złej reputacji. Zasada działania określa, jak należy się zachować w każdej z czterech możliwych sytuacji: mając dobrą/złą reputację wobec dobrego/złego partnera. W przypadku SWZW pomyślanego dla gry pomagania mówi ona: pomóż, jeśli twój partner jest oceniony jako dobry, albo jeśli sam jesteś oceniony jako zły. Rysunek 1 przedstawia schemat SWZW.

Rysunek 1.

	DD	DZ	ZD	ZZ
K	D	D	D	D
N	Z	D	Z	Z
W	K	N	K	K

Górna część tabeli przedstawia system oceny, który określa ocenę aktora w kolejnej rundzie. Kolumny odpowiadają możliwym kombinacjom bieżącej oceny odpowiednio dawcy oraz biorcy. Rzędy odpowiadają możliwym wyborom dawcy. Dolna część przedstawia zasadę działania, określającą jak powinien zachować się dawca o określonej bieżącej ocenie w stosunku do biorcy o określonej bieżącej ocenie. Oznaczenia: K – pomoc, N – brak pomocy, D – dobra ocena, Z – zła ocena, W – wybór.

Oczywiście SWZW nie jest jedyną możliwą strategią oceniającą. Główna różnica pomiędzy strategiami oceniającymi a strategiami punktującymi polega na tym, że te pierwsze biorą pod uwagę informację drugiego rzędu, a więc sprawdzają nie tylko, co zrobił potencjalny biorca, ale także starają się dociec, względem kogo to zrobił. Dlatego strategie te w istocie mają lepsze własności dynamiczne niż strategie punktujące. Jednak i w ich przypadku pojawiają się problemy. Po pierwsze, toczy się nieustająca debata o tym, jakie strategie oceniające są lepsze od innych, w czasie której obnażane są kolejne słabości pewnych ich typów (zob. np. Ohtsuki i Iwasa, 2004, 2005; Takahashi i Mashima, 2003, 2006). Po drugie, istnieje dość prężny nurt w literaturze bazujący na wynikach eksperymentów, który wskazuje, że strategie oceniające to ćwiczenie czysto teoretyczne, albowiem ludzie stosują prostsze schematy decyzyjne (Engelmann i Fischbacher, 2004; Milinski i inni, 2001; Wedekind i Milinski, 2000) albo

¹⁷ Implementacja Sudgena była równoważna grze pomagania, w której każdy z graczy występuje jednocześnie w roli czynnej i biernej. Prowadzi to do macierzy wypłat jak w dylemacie więźnia. Stąd terminy kooperacja i zdrada, które przyjęło się potem używać także w literaturze poświęconej grze dawania, gdzie kooperacją nazywa się udzielenie pomocy, a zdradą jej nieudzielenie.

też wykorzystują dodatkowe informacje w sposób inny od oczekiwanego (Bohnet i Huck, 2004; Bolton i inni 2004, 2005).

Fakt, że ludzie nie stosują strategii oceniających, staje się mało zaskakujący w momencie, w którym zdamy sobie sprawę z tego, jak ogromnej ilości informacji i złożonej procedury jej przetwarzania by to wymagało. Załóżmy, że gracz A posługujący się strategią SWZW zastanawia się, czy obdarować gracza B. W tym celu sprawdza, jakie było ostatnie posunięcie B jako dawcy i odkrywa, że B nie pomógł graczowi C. W tej sytuacji A musi wiedzieć, czy ów brak pomocy był uzasadniony. Sprawdza zatem, jak zachował się C jako dawca przed spotkaniem B. Dajmy na to, że odkrywa, iż C jako dawca nie obdarował D. Powstaje pytanie, czy słusznie. Odpowiadając na nie, trzeba sięgnąć do informacji o tym, co zrobił D przed spotkaniem C. Oczywiście można ten łańcuch przeciągać w nieskończoność, ale dla skrócenia historii załóżmy, że D przed spotkaniem z C był dawcą dla E i go obdarował. Oznacza to, że D miał dobrą reputację, gdy spotkał C. To z kolei oznacza, że C nie obdarowując D, zyskał złą reputację. Wynika z tego, że B miał prawo nie pomóc C. Czy A może zatem spokojnie pomóc B? Ależ bynajmniej! Gracz A musi się jeszcze upewnić, że gracz B miał dobrą reputację przed spotkaniem C.

Implementacja SWZW nie byłaby tak skomplikowana, gdyby wszyscy gracze w trybie ciągłym obserwowali wszystkie interakcje i na bieżąco aktualizowali reputacje innych uczestników¹⁸. To rozwiązanie wydaje się jednak możliwe jedynie w małych grupach, kiedy każdy spodziewa się wejść w interakcję z każdym innym. Jest problematyczne jako model sytuacji wzajemności pośredniej, który z założenia dotyczy grup dużych, w których nie ma takiego oczekiwania, a ewentualnej informacji o partnerze szuka się dopiero w momencie, gdy trzeba podjąć decyzję. W takim środowisku decyzyjnym gracz powinien polegać raczej na informacji łatwo dostępnej i podejmować decyzję bez uciekania się do bardzo złożonych rozumowań. Celem tego artykułu jest pokazanie, że jest to możliwe. Aby uzyskać wyniki lepsze niż w przypadku prostych strategii punktujących nie trzeba wprowadzać złożonych strategii oceniających. Wystarczy rozszerzyć zakres informacji o takie, które zgodnie z danymi eksperymentalnymi rzeczywiście są używane przez ludzi postawionych w sytuacji wzajemności pośredniej. Ich skuteczność będzie rezultatem mechanizmów racjonalności ekologicznej.

¹⁸ Takie rozwiązanie proponują Jonathan Bendor i Piotr Świstak (2001). Ich analiza jest jednak zamierzona jako rozszerzenie analiz wzajemności bezpośredniej. Ostateczny rezultat jest interesującą kombinacją wzajemności bezpośredniej i pośredniej, która rzuca dodatkowe światło na to, które strategie oceniające mają lepsze własności dynamiczne.

1.2. Racjonalność ekologiczna

W latach dziewięćdziesiątych Daniel Goldstein i Gerd Gigerenzer (w. Gigerenzer i Todd, 1999: 37-58) zadali studentom uniwersytetów w Chicago i Monachium to samo pytanie: „Które miasto jest większe: San Diego czy San Antonio?”. Jakież było ich zdziwienie, gdy okazało się, że prawidłowej odpowiedzi udzieliło tylko 62% Amerykanów i aż 100% Niemców. Wyjaśnieniem zagadki okazał się schemat decyzyjny nazwany heurystyką rozpoznania¹⁹. Heurystyka ta może być użyta, gdy zadanie polega na wyborze tego z dwóch obiektów, który ma większą wartość pewnego kryterium. Rozumowanie jest procesem jednostopniowym. Jeśli jeden z obiektów jest rozpoznany przez decydenta, a drugi nie, decydent wybiera ten rozpoznany. W pozostałych przypadkach decyzja jest losowa. Pozornie rozpoznanie obiektu nie ma żadnego związku z zadaniem. Jednak jeśli prawdopodobieństwo rozpoznania koreluje z kryterium oceny, istnieje duża szansa, że decyzja będzie prawidłowa. Jeśli z kolei zbyt wiele obiektów jest rozpoznawanych heurystyka staje się bezużyteczna. Ilustruje to przytoczony przykład. Studenci niemieccy polegali na heurystyce rozpoznania, niejako zakładając, że w Niemczech częściej pojawiają się informacje o dużych miastach amerykańskich niż o małych. Studenci amerykańscy nie mogli użyć takiej heurystyki, gdyż w większości znali oba miasta. W efekcie mniejsza ilość wiedzy połączona z wykorzystaniem korelacji występującej naturalnie w środowisku decydenta okazała się skuteczniejsza niż większa ilość wiedzy ściśle związanej z tematem zadania²⁰.

Heurystyka rozpoznania jest tylko jednym z wielu przykładów schematów decyzyjnych, które opierają się na dopasowaniu do środowiska i struktury dostępnej informacji (zob. np. Gigerenzer, 2000; Gigerenzer i Selten, 2002; Gigerenzer i Todd, 1999). Można ją nazwać przejawem racjonalności ekologicznej. Podwaliny tego sposobu myślenia o procesach poznawczych położył Egon Brunswik (1943) swoim modelem soczewki. W modelu tym relacja między obserwatorem a środowiskiem jest zapośredniczona przez wskazówki o charakterze probabilistycznym. Powiązanie owego zapośredniczenia z efektywnym podejmowaniem decyzji nastąpiło w ramach teorii ograniczonej racjonalności²¹. Herbert Simon, który wprowadził to pojęcie, używał metafory nożyc (Simon, 1956). Jednym z jego ostrzy miały być ograniczenia poznawcze ludzi, drugim struktura środowiska, w jakim ludzie podejmują decyzje. Ideą ograniczonej racjonalności było dopasowanie uproszczonych z konieczności schematów poznawczych do środowiska w taki sposób, aby mimo ograniczonej wiedzy i zdolności jej przetwarzania postępować w sposób zapewniający trafne wybory. Taki właśnie mechanizm do-

¹⁹ Oryginalna nazwa to „recognition heuristic”.

²⁰ Efekt ten nazwano „less-is-more effect”.

²¹ Chodzi oczywiście o „bounded rationality”.

pasowania będą opisywać jako racjonalność ekologiczną²². Jej sednem jest to, że nie może być określona w oderwaniu od środowiska, w którym operuje decydent.

Koncepcja racjonalności ekologicznej pozwala na zmianę perspektywy przy analizie gier wzajemności pośredniej. Aby wyjaśnić, odwołam się do pewnej dyskusji po referacie Axela Ockenfelsa dotyczącym eksperymentu, jaki przeprowadził on wspólnie z Garym Boltonem i Eleną Katok (Bolton i inni, 2004). Autorzy ci porównali ze sobą dwie sytuacje: powtarzaną wymianę między tymi samymi osobami (wzajemność bezpośrednia) oraz powtarzaną wymianę w grupie osób (wzajemność pośrednia). W tym ostatnim przypadku uczestnikom eksperymentu dostarczono informację o wszystkich przeszłych uczynkach partnera²³. Główne pytanie w dyskusji dotyczyło tego, jak to możliwe, że choć w obu tych przypadkach informacja jest taka sama, ludzie są bardziej skłonni do wymiany w pierwszym z nich. Chcę zwrócić uwagę na błędne założenie drzemiące w tym pytaniu. Otóż informacja, jaką dysponują decydenci w tych dwóch grach, nie jest taka sama. W obu grach zna całą historię partnera, ale w drugiej dysponuje także informacją o tym, jak jego poprzedni partnerzy zachowali się wobec niego i jak przebiegały ich interakcje, zanim ich spotkał²⁴. Przekonanie, że te dwie sytuacje są tożsame pod względem dostępnej informacji wynika z koncentracji na strategiach używających informacji, które na pierwszy rzut oka są związane z zadaniem. Jeśli przyjmiemy, że zadaniem jest rozpoznanie, czy dany gracz zasługuje na obdarowanie, należy ustalić, jakiego typu jest agentem, a więc jak postępował do tej pory i jakie miał motyw. Granicę wyznaczali tu Hisashi Ohtsuki i Yoh Iwasa (2004, 2005), analizując 4096 strategii stworzonych poprzez wypełnienie na wszystkie możliwe sposoby schematu przedstawionego na rysunku 1²⁵. Otrzymali w ten sposób rodzinę wszystkich możliwych strategii, które polegają na informacji o tym, co robił partner i wobec kogo, i przypisują graczom jeden z dwóch możliwych stanów. Oczywiście można sobie wyobrazić bardziej uniwersalny model, w którym liczba

²² Termin „racjonalność ekologiczna” w takim znaczeniu został ukuty przez Gerda Gigerenzera i zespół badawczy ABC (zob. Gigerenzer, 2000; Gigerenzer i Selten, 2002; Gigerenzer i Todd, 1999). Używam tego sformułowania zamiast sformułowania „racjonalność ograniczona”, ponieważ to drugie bywa interpretowane bardzo różnie, niejednokrotnie niezgodnie z intencjami Simona (zob. np. Kahneman, 2003; Sargent, 1993). Szezerzej o racjonalności ograniczonej i sposobach jej modelowania można przeczytać w pracy Ariela Rubinsteina (Rubinstein, 1998).

²³ Gra używana w tej pracy była grą zaufania a nie pomocy. Przypominała aukcję internetową. Gracze w parze występowały w roli kupców i sprzedawców. Najpierw kupiec musiał zdecydować czy zamawia towar od danego sprzedającego wpłacając pieniądze na jego konto. Jeśli zamówienie nastąpiło sprzedający decydował, czy wysłać towar, czy też zatrzymać go dla siebie razem z pieniędzmi. W eksperymencie rozważano też przypadek, gdy wymiana w grupie odbywa się bez żadnej informacji odnośnie przeszłości partnera.

²⁴ Można argumentować, że eksperyment ten jest przykładem sytuacji, w której większa ilość informacji jest szkodliwa. Nie jest wykluczone, że takie sytuacje mają miejsce. Należy jednak pamiętać, że analizowane gry różnią się nie tylko dostępną informacją ale i strukturą interakcji.

²⁵ Efektywnie to tylko 2080 strategii, gdyż niektóre z nich są identyczne z dokładnością do nazw. Autorzy analizują pary strategii o tym samym systemie oceny. Systemy oceny nazywają oni dynamikami reputacji (reputation dynamics) i traktują je jak uniwersalną własność populacji raczej niż strategii.

możliwych stanów jest dowolna²⁶. Wciąż jednak pozostaniemy w sferze tego samego zasobu informacji. Na ocenę dawcy będą miały wpływ tylko trzy czynniki: jaka jest jego obecna ocena, jaka jest obecna ocena jego partnera i jak postąpił. Warto jednak uświadomić sobie, że gra wzajemności pośredniej jest rozgrywana w grupie i obfituje w dodatkowe informacje o charakterze społecznym raczej niż indywidualnym. Informacje te mogą być skorelowane z tym, czy dany gracz zasługuje na wsparcie, pomimo że on sam ma ograniczony wpływ na ich treść. Przykłady to informacja o tym, jak inni gracze postępują wobec danego osobnika, jak obecny dawca jest traktowany przez innych graczy, albo do jakiej grupy należy gracz. Nie świadczą one bezpośrednio o biorcy, ale przy określonych założeniach na temat dominujących w populacji reguł mogą być użyteczne. Za ilustrację niech posłuży analiza Ricka Riolo i współautorów o prowokacyjnym tytule „Ewolucja kooperacji bez wzajemności” (2001). Pokazuje ona, że czasem informacja o absolutnie arbitralnie charakterystyce partnera wystarczy, by podtrzymać wymianę²⁷. Takie informacje pozornie bez związku z zadaniem często są proste i można je wykorzystać bez wdawania się w skomplikowane analizy dotychczasowych relacji w grupie, jakiej wymaga chociażby SWZW. Tym samym proces podejmowania decyzji staje się szybszy i wymaga mniejszego wysiłku. Mamy zatem potencjał dla obu ostrzy nożyc Simona: gracza wykorzystującego proste rozumowanie w połączeniu z odpowiednią strukturą informacji w środowisku. Przekonajmy się, jak tną.

2. Procedura symulacji

W celu zbadania własności strategii korzystających z informacji wykraczających poza tradycyjny horyzont powstała symulacja komputerowa oparta na założeniach i kalibracji zaczerpniętych w większości z klasycznej symulacji Nowaka i Sigmunda (1998a) opisywanej na początku sekcji poświęconej literaturze. W jej toku grupa 100 graczy rozgrywa między sobą grę dawania. W każdej rundzie 20 graczy jest losowo dobieranych w pary²⁸. Jeden z graczy obsadzany jest w roli dawcy, a drugi biorcy. Każdy dawca podejmuje decyzję czy obdarować biorcę. Jeśli się na to decyduje, ponosi koszt c , który jest stały i wynosi 3. Biorca zyskuje wówczas wypłatę b ²⁹. Po 300 rundach następuje ewolucja, tj. starzy gracze są zastępowani przez nowych 100 graczy, którzy dziedziczą strategię po poprzednim pokoleniu. Prawdopodobieństwo

²⁶ Formalizację takiego systemu zaproponowali już Masahiro Okuno-Fujiwara i Andrew Postlewaite (1995), choć nie doczekała ona jeszcze bezpośredniego przełożenia na gry wzajemności pośredniej.

²⁷ Potencjał i mechanizm działania takiego mechanizmu opisywał wcześniej David Messick (Messick, 1991). Informacja o arbitralnej cesze partnera wymaga wprowadzenia do modelu takich cech. W modelach prezentowanych w tym artykule nie występują tego rodzaju dodatkowe założenia.

²⁸ W przypadku Nowaka i Sigmunda było to jedynie 2 graczy. Tutaj zakłada się większą gęstość interakcji.

²⁹ Aby uniknąć ujemnych wypłat, w każdej interakcji dodaje 3.

odziedziczenia danej strategii jest proporcjonalne do jej częstości oraz udziału wygenerowanych przez nią zysków w poprzednim pokoleniu³⁰. W pojedynczej symulacji jest 1000 generacji. Każda z prezentowanych symulacji była powtórzona 10 razy dla każdego zestawu parametrów.

Wyjściowym stanem jest zawsze populacja, w której wszyscy agenci posługują się tą samą strategią. Przedmiotem analizy jest wytrzymałość tej strategii na mutacje, które mogą się pojawić w momencie tworzenia nowej generacji. Nowopowstały gracz z prawdopodobieństwem 1% zamiast odziedziczyć przyjmuje całkowicie losowo jeden z trzech schematów decyzyjnych: strategię pierwotnie dominującą, zawsze pomagającą bądź nigdy niepomagającą. Taki zestaw dostępnych strategii nie jest oczywiście wyczerpujący. Wystarcza jednak do celów ilustracyjnych i stanowi kontynuację pewnej tradycji, ponieważ dominuje w literaturze poświęconej wzajemności pośredniej. Ponadto strategie ZK i ZD są bardzo proste i reprezentują dwie skrajności.

Obok mutacji pojawiają się dwa dodatkowe czynniki losowe utrudniające zadanie strategiom pomagającym. Pierwszy z nich to wspomniane już wcześniej błędy implementacji. Podobnie jak Panchanathan i Boyd (2003) zakładam, że gracz z intencją udzielenia wsparcia może tego nie zrobić ze względów losowych, takich jak na przykład czasowa niezdolność do pomocy. Przyjmuję, że prawdopodobieństwo takiego zdarzenia jest niewielkie ale znaczące i wynosi 0,05. Dodatkowo w niektórych symulacjach gracze nie mają dostępu do wszystkich informacji. Mają możliwość zdobycia wiedzy na temat przebiegu jedynie części przeszłych interakcji (wyłączywszy własne doświadczenie, które jest zawsze dostępne w 100%). W przypadku każdego gracza jest to inna część. Pod pewnymi względami brak informacji jest zbliżony do subiektywnych³¹ błędów percepcji (zob. np. Takahashi i Mashima, 2006). Jednak tutaj informacja nie jest błędna, tylko po prostu jej nie ma. Jeśli graczowi nie uda się zdobyć potrzebnej informacji, musi podjąć decyzję bez jej użycia. Przyjęta dostępność informacji odpowiada sytuacjom trudnym pod tym względem i waha się między 60 a 80%.

We wszystkich symulacjach przyjęte jest to samo ogólne założenie odnośnie sytuacji decyzyjnej, które odnosi się bezpośrednio do pierwszego z ostrzy nożyc Simona, a więc ograniczeń poznawczych decydenta. Jest to jednocześnie założenie ograniczające klasę rozpatrywanych strategii. Zakładam mianowicie, że informacja, na której polegają gracze, musi być wyszukana tuż przed podjęciem decyzji, w rozsądnym czasie i jej charakter nie może być zbyt zawily. W związku z powyższym wszystkie prezentowane strategie odwołują się jedynie do ostatnich interakcji osób będących przed-

³⁰ Aby zminimalizować efekt dryfu genetycznego, zastosowałam schemat losowania zaproponowany w 1987 roku przez Jamesa E. Bakera (stochastic universal sampling). John Grefenstette (2000) stwierdził, że schemat ten redukuje efekt losowej fluktuacji genów.

³¹ Z obiektywnymi błędami percepcji, które są prostsze w analizie, mamy do czynienia wówczas, gdy są one takie same dla wszystkich graczy.

miotem ich zainteresowania, a konkretniej ich ostatniej interakcji w roli dawcy i/lub ostatniej interakcji w roli biorcy.

Liczba takich strategii jest wbrew pozorom bardzo duża, bowiem decydent mógłby się odwołać do ostatnich interakcji dowolnie wybranego gracza bądź zbioru graczy. Tutaj prezentowane są wyniki dla dwóch podstawowych schematów decyzyjnych wspomnianych na początku. Pierwszy korzysta z referencji. Jego zachowanie jest przeanalizowane w sytuacji, gdy zysk z pomocy jest wysoki czyli podobnie jak w symulacji Nowaka i Sigmunda dziesięciokrotnie wyższy niż koszt, a informacja jest dostępna w 100%. Ponadto zbadana została jego wrażliwość na dwie niedogodności tj. niższy poziom zysku oraz niedostępność informacji na poziomie 70%. Drugi schemat korzysta z własnego doświadczenia decydenta i jest specyficzny dla sytuacji braku dostępu informacji. Jego zachowanie zostało przeanalizowane dla różnych poziomów tego braku dostępu, a także dla porównania z wcześniejszym schematem dla różnych poziomów zysku. Punktem odniesienia dla obu schematów są wyniki uzyskiwane przez prostą strategię punktującą.

3. Wyniki

3.1. Imitacja poprzedników

Pisząc o filarach zaufania, Piotr Sztompka (2007) wspomina o zjawisku referencji. Mianem tym określa subtelne, ukryte bądź pośrednie wskaźniki czyjejs wiarygodności i zestawia je z rekomendacjami będących świadectwami wskazującymi wprost na czyjeś przeszłe działania. Wśród typów referencji, jakie wymienia Sztompka, pojawiają się referencje oparte na samym akcie zawierzenia przez innych ludzi. Ich ilustracją jest poszukiwanie dobrego lokalu gastronomicznego. Będziemy bardziej skłonni zatrzymać się tam, gdzie już jest wielu klientów, niż tam, gdzie nikogo nie ma. Podobnie jest z wyborem innych usługodawców albo na przykład głosowaniem w wyborach (między innymi stąd pomysł ciszy wyborczej). Mechanizm referencji zasada się na założeniu, że inni wiedzą, jak postępować i w związku z powyższym można ich spokojnie naśladować.

Wyobraźmy sobie teraz strategię punktującą, która robi użytek z tak rozumianej referencji. Uwzględnia fakt, że czasem nieobdarowanie partnera może być usprawiedliwione i szuka dodatkowego potwierdzenia czyjejs niegodziwości, zanim zrezygnuje z pomocy. Owym dodatkowym potwierdzeniem jest fakt, że poprzedni dawca także nie zdecydował się na pomoc danemu biorcy. Innymi słowy w razie wątpliwości, tj. kiedy partner nie dał sam świadectwa swojej cnoty poprzez obdarowanie kogoś inne-

go, gracz posługujący się tą strategią naśladuje swoich poprzedników, jeśli takich znajdzie. Rysunek 2 przedstawia schemat podejmowania decyzji, nazwany IP (imitacja poprzedników) oraz schemat zwykłej dwupoziomowej strategii punktującej o progu pomocy 0 w skrócie oznaczonej jako SP. Obie strategie są strategiami dyskryminującymi i obie nakazują pomaganie nowym graczom. Widzimy, że referencja nie jest jedyną informacją używaną przez IP. W procesie podejmowania decyzji pełni ona rolę równorzędną z informacją o ostatnich uczynkach partnera.

Rysunek 2. Schemat strategii a) punktującej – SP b) imitującej poprzedników – IP

a)		ostatnio jako biorca			b)		ostatnio jako biorca		
		K	N	ND			K	N	ND
ostatnio jako dawca	K	K	K	K	ostatnio jako dawca	K	K	K	K
	N	N	N	N		N	K	N	N
	ND	K	K	K		ND	K	N	K

Wiersze odpowiadają ostatniemu działaniu partnera jako dawcy, a kolumny ostatniemu działaniu, jakiego doświadczył partner jako biorca. Strategia punktująca bierze pod uwagę tylko ostatnie działanie partnera i je powtarza. Strategia imitująca powtarza pomoc, natomiast, jeśli partner ostatnio nie pomógł jako dawca, sprawdza czy otrzymał jako biorca. Jeśli tak, pomaga mu mimo wszystko. Oznaczenia: K – pomoc, N – brak pomocy, ND – nie dotyczy, tj. taka interakcja nie miała jeszcze miejsca.

Weźmy teraz dwie populacje. Pierwsza niech składa się wyłącznie z graczy grających SP, a druga wyłącznie z graczy grających IP. Załóżmy, że w obu tych populacjach pojawiają się dwa typy mutantów: ZK oraz ZD. Zastanówmy się, która z populacji poradzi sobie lepiej z wzajemnością. Odpowiedź na to pytanie będzie jednocześnie odpowiedzią na pytanie o to, czy wykorzystanie informacji spoza tradycyjnego schematu może mieć sens. To, jak dobrze radzi sobie dana populacja, zależy od trzech dopełniających się czynników. Po pierwsze, częstość strategii pomagających musi przez większość czasu utrzymywać się na wysokim poziomie³². Po drugie, częstość udzielania pomocy powinna być duża. Po trzecie, zaś pomoc winna być nakierowana na właściwe osoby, tj. na graczy skłonnych do pomocy. To ostatnie jest jednocześnie wskaźnikiem relacji pomiędzy używanymi przez decydenta wskazówkami co do typu partnera, a rzeczywistym typem partnera. Innymi słowy opisuje istnienie relacji, która leży u podłoża racjonalności ekologicznej.

Przyjrzymy się najpierw składowi każdej z populacji w czasie. Możemy to zrobić na dwa sposoby: analizując przeciętne częstości każdej ze strategii albo przebieg każ-

³² Ze względu na postać procesu, formalnie problem ten można rozpatrywać w kategoriach stabilności stochastycznej (Young, 1996).

dej z pojedynczych symulacji. Prezentowane przeciętne wartości dotyczyć będą drugiej połowy każdej z symulacji, tj. generacji od 500 do 1000. W ten sposób częściowo zniwelowany zostanie wpływ wysokich częstości początkowo dominujących strategii dyskryminujących na obraz wyniku ewolucji. Przeciętne częstości różnych strategii w dwóch omawianych typach populacji znajdują się w tabeli 1. Wyznaczono je dla dwóch poziomów zysku. Zysk 30 dziesięciokrotnie przewyższa koszt, co jest sytuacją rozpatrywaną przez Sigmunda i Nowaka (1998a). Zysk 10 jest tylko nieco ponad trzykrotnie wyższy niż koszt i odpowiada takim wypadkom rzeczywistym, kiedy nakłady na pomoc są dość wysokie w stosunku do wygenerowanego zysku.

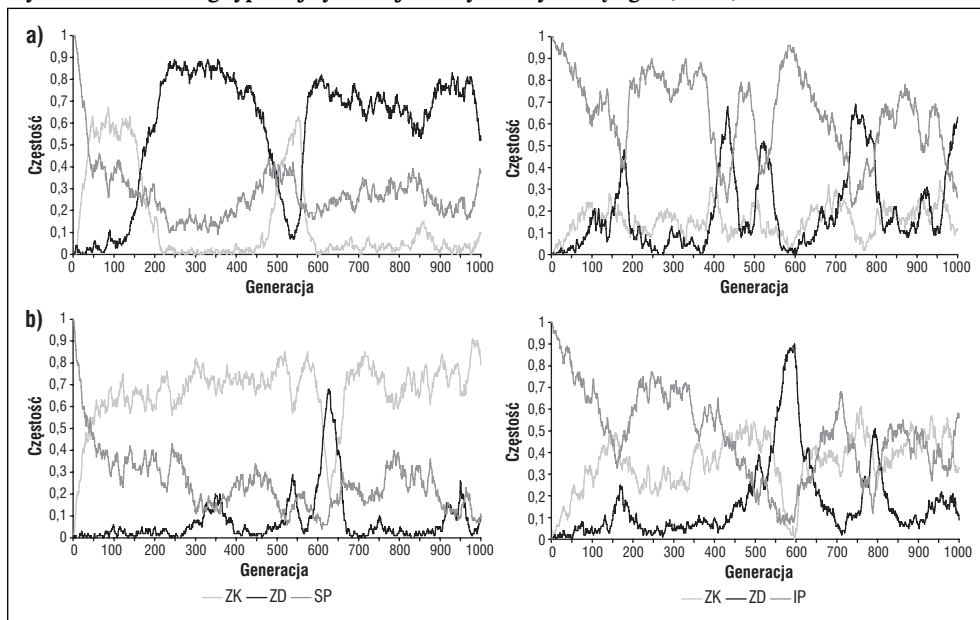
W tabeli widoczne są dwie rzeczy. Po pierwsze, w populacji SP częstość strategii ZD jest dużo mniejsza, gdy zysk jest wysoki, podczas gdy wysokość zysku nie ma znaczenia dla częstości strategii ZD w populacji IP. Potwierdzenie znajduje odkrycie Lemara i Hammersteina (2001), że sukces SP zależy od niskiego w stosunku do zysku kosztu dawania. Częstość ZD dla małego zysku przekracza 50%, a dopiero dla wysokiego zysku spada poniżej 10%. W populacji IP częstość ZD oscyluje w obu przypadkach koło 20%. Po drugie, w obu przypadkach, kiedy zysk rośnie, maleje częstość strategii dyskryminującej kosztem ZK. Jednak częstość strategii dyskryminującej jest zawsze wyraźnie większa w populacji IP niż w populacji SP.

Tabela 1. Przeciętne częstości strategii i ich przeciętne częstości otrzymywania w drugiej połowie symulacji dla różnych warunków początkowych i różnych poziomów zysku

zysk	przeciętne częstości strategii				przeciętne częstości otrzymywania			
	populacja SP		populacja IP		populacja SP		populacja IP	
	10	30	10	30	10	30	10	30
strategia dyskryminująca	27,32%	21,87%	62,41%	43,43%	35,52%	86,43%	75,75%	81,35%
ZK	18,40%	71,03%	15,68%	36,26%	71,54%	87,84%	76,29%	78,69%
ZD	54,28%	7,10%	21,91%	20,31%	8,10%	62,13%	28,66%	43,27%

Strategia dyskryminująca to SP dla populacji SP lub IP dla populacji IP.

Wartości średnie słabo oddają przebieg pojedynczych gier, gdyż te często cechują się cyklicznością. W populacji pomagającej przybywa ZK, co z kolei prowadzi do ekspansji ZD. Gdy ZD dominuje, rośnie liczba graczy posługujących się strategią dyskryminującą. W rezultacie spada liczba graczy ZD i ponownie powstaje populacja pomagająca. Cykle te wyglądają odmiennie w zależności od warunków. Rysunek 3 przedstawia przebieg czterech typowych gier dla różnych populacji i poziomów zysku. W lewym panelu widzimy, że w przypadku SP, kiedy zysk jest niski, populacja spędza większość czasu w reżimie ZD. Kiedy zysk jest wysoki, populacja częściej znajduje się w stanie dominacji strategii ZK. W prawym panelu zobrazowane jest typowe zachowanie populacji z IP. Tutaj dla niskiego zysku IP utrzymuje swoją dominację. Gdy zysk jest wysoki szanse wszystkich strategii są wyrównane.

Rysunek 3. Przebieg typowej symulacji dla zysku wynoszącego a) 10 b) 30

Lewy panel odnosi się do populacji ze strategią SP, a prawy do populacji ze strategią IP.

Na podstawie przytoczonych danych można sformułować następującą obserwację:

Obserwacja 1: Korzystanie z referencji jest korzystne dla niskich poziomów zysku.

Wniosek ten potwierdza analiza powszedniości średniej częstości pomocy w ostatnich 500 generacjach w każdej z populacji. Dla gier z zyskiem 10 w populacji z SP wynosi ona 27,2%, a w populacji z IP aż 65,5%. Dla gier z zyskiem 30 średnia częstość pomocy w ostatnich 500 generacjach dla populacji z SP to 85,7%, a dla populacji z IP wynosi ona 72,6%.

Przyjrzymy się jeszcze ostatniemu wyznacznikowi sukcesu, tj. umiejętności odróżnienia graczy, którym warto pomagać, od tych, którym pomagać nie warto. Na pierwszy rzut oka SP ma wszelkie dane po temu, by dobrze dyskryminować. Nakazuje pomoc tylko tym, którzy sami ostatnio pomogli. Jednak z chwilą, gdy możliwe są błędy implementacji, a w populacji obecni są gracze ZD, SP³³ zaczyna rzadziej pomagać innym graczom grającym SP, gdyż ci popełniają błędy, umyślnie nie dają ZD oraz umyślnie nie dają SP, którzy wcześniej popełnili błędy lub umyślnie nie dali. IP z kolei dysponuje pewnym buforem w relacjach z innymi graczami grającymi IP, gdyż nie odcina ich od razu od pomocy, jeśli mieli szczęście już być obdarowanymi. Z drugiej strony IP naraża się na ryzyko zbytniego rozdawnictwa w stosunku do ZD. Wszystkie te fakty ilustruje tabela 2, któ-

³³ Dla płynności przekazu skrótów nazw strategii używam zamiennie zarówno jako określeń strategii jak i graczy posługujących się tą strategią.

Tabela 2. Przeciętne częstości strategii i ich przeciętne częstości otrzymywania w drugiej połowie symulacji dla różnych warunków początkowych i różnych poziomów zysku

		generacja										
		biorca	1-100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600	601-700	701-800	801-900	901-1000
dawca SP	zysk 10	ZK	0,904	0,904	0,904	0,904	0,904	0,904	0,903	0,903	0,903	0,906
		ZD	0,032	0,032	0,031	0,031	0,032	0,031	0,031	0,031	0,031	0,031
		SP	0,684	0,686	0,632	0,607	0,442	0,345	0,354	0,459	0,419	0,497
	zysk 30	błąd	0,236	0,167	0,182	0,181	0,194	0,211	0,225	0,212	0,225	0,202
		ZK	0,903	0,904	0,904	0,905	0,904	0,904	0,904	0,904	0,905	0,903
		ZD	0,035	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,033	0,033
dawca IP	zysk 10	SP	0,700	0,818	0,808	0,818	0,813	0,808	0,800	0,804	0,813	0,803
		błąd	0,217	0,120	0,118	0,113	0,118	0,114	0,118	0,116	0,116	0,115
		ZK	0,937	0,933	0,933	0,934	0,930	0,932	0,932	0,933	0,933	0,931
	zysk 30	ZD	0,495	0,321	0,335	0,264	0,248	0,265	0,330	0,361	0,447	0,382
		IP	0,931	0,888	0,893	0,891	0,853	0,874	0,885	0,887	0,908	0,890
		błąd	0,090	0,140	0,139	0,131	0,160	0,144	0,144	0,145	0,130	0,149
zysk 10	ZK	0,942	0,941	0,937	0,937	0,935	0,936	0,935	0,936	0,936	0,937	
	ZD	0,600	0,684	0,626	0,651	0,535	0,557	0,551	0,510	0,586	0,552	
	IP	0,939	0,937	0,930	0,930	0,925	0,926	0,919	0,918	0,924	0,925	
zysk 30	błąd	0,070	0,091	0,120	0,123	0,129	0,128	0,145	0,137	0,132	0,128	

Strategia dyskryminująca to SP dla populacji SP lub IP dla populacji IP.

ra zawiera średnie częstości, z jakimi przedstawiciele SP oraz IP pomagają napotkanym przedstawicielom każdej z rozważanych strategii na przestrzeni ewolucji.

Kiedy zysk jest mały, SP słabo radzi sobie z determinacją, który gracz zasługuje na pomoc. Szczególnym problemem jest obdarowywanie swoich klonów³⁴. Prawdopodobieństwo takiego działania waha się między 30% a 50%. Dla wysokiego zysku to samo prawdopodobieństwo oscyluje koło 80%. IP również częściej obdarowuje swoje klony, kiedy zysk jest wysoki, ale w jej przypadku różnica dla dwóch poziomów zysku nie jest duża. W obu częstość pomocy napotkanemu graczowi grającemu IP wynosi mniej więcej 90%, a więc jest zawsze wyższa niż analogiczna częstość w przypadku SP. Z drugiej strony im większy zysk, tym IP bardziej folguje strategii ZD, której SP nie pomaga prawie nigdy. Prawdopodobieństwo pomocy ZD w przypadku IP waha się między 20 a 40% dla niskiego zysku i dobiega 60% dla zysku wysokiego. Swoistym podsumowaniem jest współczynnik błędu. Jego wartość informuje, jak często SP i IP popełniają jedną z dwóch możliwych pomyłek: obdarowują strategię ZD lub nie obdarowują strategii pomagającej (ZK lub swego klona). W przypadku SP wielkość zysku znowu ma duże znaczenie. Przy niskim zysku błąd zdarza się mniej więcej w co piątej interakcji, przy wysokim niemal dwa razy rzadziej. Dla IP prawdopodobieństwo błędu dla obu poziomów zysku oscyluje koło 14%, choć jest nieco niższe, gdy zysk jest wysoki³⁵.

³⁴ Przez klon rozumiem innego gracza o tej samej strategii.

³⁵ Takie rozumienie błędu zakłada, że koszty popełnienia obu typów pomyłek (niesłuszne danie i niesłusznie niedanie) są takie same. W rzeczywistości ich koszty są różne i zależą w niebanalny sposób zarówno od składu populacji, jak i wysokości zysku. Oddaje to prezentowana wcześniej analiza ewolucji częstości strategii.

Obserwacja 2: Częstość błędów klasyfikacji odbiorcy przy wykorzystaniu referencji nie jest wrażliwa na zmiany poziomu zysku.

Inny aspekt problemu dyskryminacji prezentuje druga część tabeli 1, która przedstawia przeciętne prawdopodobieństwa otrzymania pomocy (od kogokolwiek) przez przedstawicieli różnych strategii w drugiej połowie symulacji. Najbardziej uderzająca różnica między populacją SP a populacją IP jest taka, że dla niskiego zysku SP jest obdarowywane dużo rzadziej niż ZK, podczas gdy IP otrzymuje pomoc niemal równie często jak ZK, a więc ponosi mniejsze koszty związane ze swoim dyskryminacyjnym charakterem. Ta cecha IP charakteryzuje się dużą stałością i jest widoczna nawet dla tak niskich poziomów zysku jak 5. Wówczas ani IP, ani SP nie są w stanie podtrzymać wymiany. Jednak w przypadku IP jej spadek następuje dużo wolniej i później.

Obserwacja 3: Korzystanie z referencji redukuje koszty związane z dyskryminacyjnym charakterem.

Na podstawie przedstawionych danych można wysnuć wniosek, że w opisanym środowisku istnieje relacja między referencją a typem biorcy. Dlatego odwołanie do niej podnosi trafność decyzji. Lepsza dyskryminacja daje wyższe wypłaty strategiom pomagającym niż ZD, co prowadzi do ich wyższych częstości w populacji oraz zwiększenia powszechności wzajemności pośredniej.

3.2 Niedostępność informacji

Analizowane strategie mają minimalne wymagania informacyjne w tym sensie, że odwołują się jedynie do ostatnich spotkań swoich partnerów w charakterze biorców i dawców. Interesująca będzie odpowiedź na pytanie o to, co się dzieje, kiedy nawet ta minimalna informacja jest trudno dostępna. W tej sekcji przedstawione są rezultaty symulacji, w których prawdopodobieństwo, że gracz jest w stanie ustalić historię wybranej interakcji swego partnera, wynosi jedynie 70%.

Na pierwszy rzut oka pewną przewagę powinno mieć IP, ponieważ polega na dwóch różnych typach danych. Jeśli na przykład brakuje danych o ostatnim działaniu partnera jako dawcy, może zawsze odwołać się do tego, czy partner otrzymał pomoc jako biorca. SP nie ma takiej dodatkowej pomocy i musi podejmować decyzję w ciemno. Musi zatem, z resztą podobnie jak IP, mieć określone zachowanie dla sytuacji, kiedy informacja nie może być zdobyta. Rysunek 4 przedstawia zmodyfikowane wersje rozpatrywanych strategii, które uwzględniają taką sytuację. W przypadku SP mamy dwie możliwości: SP1, które jest ufne i pomaga, jeśli nie ma dostępu do informacji, oraz SP0, które jest nieufne i, jeśli nie może się dowiedzieć, co partner ostatnio zrobił jako dawca, nie pomaga mu. W przypadku IP schematów postępowania w sytuacji braku informacji jest

aż 32. Należy podjąć decyzję odnośnie postępowania w pięciu możliwych przypadkach braku danych (szare pola na rysunku 4). Chodzi o wypadki, gdy któraś z informacji jest niedostępna, a druga nie jest pozytywna. W pozostałych okolicznościach dostępna informacja jest wystarczająca do podjęcia decyzji zgodnie z IP (przy utrzymaniu założenia, że IP pomaga nowym graczom). W tej analizie rozpatruję tylko jedną z ośmiu możliwych rozwinięć IP nazywaną IPx. Jak każde IP, IPx daje zawsze, gdy dysponuje jakąkolwiek pozytywną informacją o partnerze. Gdy wszystkie informacje, jakie ustaliła, są negatywne, nie pomaga. Jeśli natomiast nie jest w stanie ustalić niczego, zachowuje się ufnie i pomaga. Pod tym względem bliżej jej do SP1 niż SP0.

Rysunek 4. Schemat strategii a) punktującej ufnej – SP1 b) punktującej nieufnej – SP0 oraz c) imitującej poprzedników – IPx

a)		ostatnio jako biorca		b)		ostatnio jako biorca		c)		ostatnio jako biorca		
		K	N	ND	B			K	N	ND	B	
ostatnio jako dawca	K	K	K	K	K	ostatnio jako dawca	K	K	K	K	K	
	N	N	N	N	N		N	N	N	N	N	N
	ND	K	K	K	K		ND	N	N	N	N	N
	B	K	K	K	K		B	N	N	N	N	N
		K	N	ND	B			K	N	ND	B	
		K	K	K	K			K	K	K	K	
		N	K	N	N			N	K	N	N	
		K	K	N	K	K			K	N	K	K
		K	K	K	K			K	N	K	K	

Wiersze odpowiadają ostatniemu działaniu partnera jako dawcy, a kolumny ostatniemu działaniu, jakiego doświadczył partner jako biorca. Szare pola w panelu c) odnoszą się do tych sytuacji, gdzie działanie IP mogłoby być zdefiniowane dowolnie. Oznaczenia: K – pomoc, N – brak pomocy, ND – nie dotyczy, tj. taka interakcja nie miała jeszcze miejsca, B – brak danych.

Tym razem rozpatrujemy trzy populacje, które początkowo są zdominowane przez SP0, SP1 oraz IPx. W każdej z nich pojawiają się ZK oraz ZD w charakterze mutantów. Tabela 3 przedstawia przeciętne częstości każdej strategii dla dwóch poziomów zysku. Widzimy, że kiedy zysk jest mały, a informacja trudno dostępna, omawiane strategii nie radzą sobie z pokonaniem ZD. Stosunkowo najlepiej wypada SP0, w populacji którego przeciętna częstość strategii niepomagającej to 74%. Dla SP porażka przy niskim zysku nie jest zaskoczeniem, gdyż strategia ta nie radziła sobie w tych warunkach także wtedy, gdy nie było problemu z dostępem do informacji. Dla IP wynik ten oznacza, że brak informacji podnosi próg, przy jakim strategia ta może pokonać ZD. Gdy zysk jest wysoki ZD ma najniższą częstość (około 15%) w przypadku nieufnego SP0 oraz dość ufnej IPx. IPx ma jednak tę przewagę nad SP0, że jego średnia częstość wynosi prawie 43% i jest ponaddwukrotnie wyższa niż analogiczna częstość SP0. To ostatnie ustępuje pola ZK.

Tabela 3.

	przeciętne częstości strategii						przeciętne częstości otrzymywania					
	populacja SP0		populacja SP1		populacja IPx		populacja SP0		populacja SP1		populacja IPx	
zysk	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30
strategia dyskryminująca	22,40%	20,52%	2,18%	21,55%	7,08%	42,91%	9,28%	69,16%	1,85%	83,36%	17,79%	83,66%
ZK	3,74%	64,02%	0,72%	41,29%	1,34%	41,04%	45,38%	75,82%	2,64%	87,16%	33,77%	83,28%
ZD	73,87%	15,46%	97,10%	37,16%	91,58%	16,05%	2,54%	53,76%	1,35%	9,29%	1,61%	35,21%

Przeciętne częstości strategii i ich przeciętne częstości otrzymywania w drugiej połowie symulacji dla różnych warunków początkowych i różnych poziomów zysku, kiedy prawdopodobieństwo zdobycia każdej informacji wynosi 0,7. Strategia dyskryminująca to SP0 dla populacji SP0, SP1 dla populacji SP1 oraz IPx dla populacji IPx.

Globalna częstość, z jaką obdarowywanie zdarza się w każdym z trzech typów populacji dla niskiego zysku, jest bliska zeru. Gdy zysk jest wystarczająco wysoki, prym wiedzy IPx, w populacji którego daniem kończą się trzy na cztery interakcje z drugiej połowy symulacji. Niewiele ustępuje jej SP0, gdzie częstość pomocy wynosi 71%. Paradoksalnie w przypadku ufnego SP1 jest to jedynie 57%.

Obserwacja 4: Gdy informacja jest trudno dostępna, utrzymanie wymiany wymaga wysokiego zysku.

Obserwacja 5: Gdy informacja jest trudno dostępna, utrzymaniu wymiany sprzyjają strategia polegająca na referencji i strategia nieufna.

Do tej pory wszystko wskazuje na to, że w sytuacji braku informacji SP0 i IPx radzą sobie porównywalnie dobrze. Teraz przyjrzymy się temu, jak używane przez nie informacje wiążą się z faktycznym typem biorców, tj. sprawdzimy, która z rozpatrywanych strategii lepiej dyskryminuje dobrych i złych graczy. Tabela 4 przedstawia przeciętne prawdopodobieństwo udzielenia pomocy przez przedstawicieli strategii dyskryminujących dla zysku wynoszącego 30. Z porównania wynika, że przedstawiciele SP1 oraz IPx udzielają pomocy w dziewięciu na dziesięć interakcji, w których spotykają strategię skłoną do pomocy, co jest dobrym wynikiem. Dostyc często udzielają też pomocy ZD. Z kolei SP0 nie pomaga ZD prawie nigdy, ale płaci za to niskim poziomem wymiany ze swymi klonami (około 35% dawania) i ZK (około 65% dawania). Ona także najczęściej popełnia błędy klasyfikacyjne, myląc się aż w 37% interakcji.

Podobny obraz wyciera z analizy tego, jak często każda ze strategii może liczyć na pomoc w swojej populacji. Dane na ten temat zawiera druga część tabeli 3. Przy wysokim zysku SP1 oraz IPx otrzymują pomoc w mniej więcej 80% wypadków. Gdy brakuje części informacji SP1, wyrównuje straty do ZK i otrzymuje niewiele rzadziej niż przedstawiciele tej ostatniej strategii. SP0 osiąga najsłabsze wyniki w częstotliwości otrzymywania. Jego średnia częstość otrzymywania na przestrzeni ostatnich 500 generacji, gdy zysk jest wysoki, wynosi 69% i jest mniejsza niż ta sama częstość dla ZK w jego populacji. Zatem z dyskryminacją najlepiej radzą sobie SP1 oraz IPx.

Tabela 4. Przeciętna częstość, z jaką SP0, SP1 oraz IPx obdarowują przedstawicielei każdej z trzech strategii dla zysku wynoszącego 30

		generacja										
		biorca	1-100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600	601-700	701-800	801-900	901-1000
populacja z	SP0	ZK	0,646	0,644	0,644	0,645	0,645	0,644	0,646	0,646	0,644	0,645
		ZD	0,032	0,032	0,031	0,031	0,032	0,031	0,032	0,031	0,031	0,031
		SP0	0,245	0,377	0,330	0,350	0,330	0,341	0,351	0,364	0,355	0,367
	SP1	błąd	0,531	0,379	0,349	0,369	0,354	0,357	0,371	0,374	0,368	0,379
		ZK	0,918	0,918	0,918	0,918	0,917	0,918	0,918	0,918	0,918	0,917
		ZD	0,307	0,311	0,303	0,304	0,307	0,300	0,305	0,306	0,304	0,303
	IPx	SP1	0,866	0,878	0,873	0,875	0,872	0,859	0,866	0,871	0,874	0,870
		błąd	0,125	0,104	0,107	0,107	0,110	0,124	0,119	0,118	0,117	0,118
		ZK	0,918	0,915	0,910	0,909	0,907	0,909	0,909	0,908	0,907	0,904
		ZD	0,456	0,529	0,407	0,502	0,467	0,412	0,361	0,504	0,489	0,452
		IPx	0,897	0,899	0,888	0,891	0,881	0,887	0,882	0,884	0,888	0,879
		błąd	0,104	0,110	0,125	0,126	0,140	0,129	0,131	0,134	0,131	0,144

Kolumny reprezentują kolejne setki generacji. Patrz opis tabeli 2.

Obserwacja 6: Gdy informacja jest trudno dostępna, częstość błędów klasyfikacji odbiorcy jest najniższa dla strategii polegającej na referencji i strategii ufniej.

Podsumowując, to strategia polegająca na referencji równocześnie utrzymuje pozytywny skład populacji, wysoką globalną częstość pomocy i dobrze dyskryminuje partnerów. SP1 ma szczęście często dostawać, ale odbija się to na globalnym współczynniku dawania i składzie populacji. IP0 uzyskuje globalne wyniki zbliżone do IPx, ale samo doświadcza pomocy rzadziej i ma niższą przeciętną częstość w populacji. Wszystkie rozpatrywane strategie są wrażliwe na brak informacji. W przypadku IPx wymagany jest wyższy zysk, aby wzajemność pośrednia była w ogóle możliwa. Wszakże kiedy zysk jest wysoki, zmiany w częstości dawania i ostatecznej powszechności strategii niepomagającej ZD w populacji IPx są niewielkie w porównaniu z sytuacją kompletnej informacji. Innymi słowy, IPx radzi sobie z brakiem informacji lepiej niż strategię, które nie odwołują się do dodatkowych danych. Dlatego kiedy przepływ wiadomości jest niedoskonały, poleganie na dodatkowych wskazówkach staje się użyteczne także dla wysokich zysków. Możliwe też, że któraś z pozostałych 31 wersji IP bez informacji pozwoliłaby na uzyskanie jeszcze lepszych wyników.

3.3. Podaj dalej

W 1784 roku Benjamin Franklin tymi słowami zwracał się do Benjamina Webba: „Nie twierdzą, że daruję Ci tę sumę; Ja ją tylko pożyczam. Kiedy [...] spotkasz innego dobrego człowieka w podobnym położeniu, musisz mi to wynagrodzić poprzez pożyczanie tej sumy z kolei jemu i zalecenie, by w ten sam sposób pozbył się długu, kiedy będzie w stanie i napotka po temu sposobność. Mam nadzieję, że pieniądze będą długu

przechodzić z rąk do rąk, zanim ich pochód zostanie przerwany. To mój sposób na to, by zdziałać wiele dobrego przy pomocy małej sumy” (Franklin i Franklin, 1833: 143. tłumaczenie własne). Proponowana tu idea stała się znana jako „pay it forward” i jest jednym z potencjalnych sposobów na funkcjonowanie wzajemności pośredniej. W istocie była ona nawet rozważana w tym kontekście. We wspomnianej już pracy Robert Boyd i Peter Richerson (1989) badali możliwość ewolucji wzajemności pośredniej na prostej sieci jednokierunkowych relacji. W jednym z ich eksperymentów gracze grali *Odgórny Wet Za Wet*³⁶, który polegał na dawaniu pod warunkiem, że się otrzymało. Wnioski z analizy Boyda i Richersona nie były zbyt optymistyczne. Jak już pisałam, autorzy uznali cały pomysł wzajemności pośredniej za chybiony. W szczególności stwierdzili, że *Odgórny Wet Za Wet* nie ma szans w toku ewolucji. Tymczasem wiele doświadczeń empirycznych pokazuje, że ludzie w istocie są bardziej skłonni do kooperacji, kiedy sami jej doświadczyli (Engelmann, Fishbacher, 2004; Bolton, Katok, Ockenfels 2004; Bolton, Katok, Ockenfels 2005). Teoretycy skapitulowali i uznali tego rodzaju wzajemność za niezrozumiałą (Nowak i Sigmund, 2005), choć pojawiły się prace próbujące ją wyjaśnić mechanizmami selekcji grupowej (Pfeiffer i inni, 2005).

Teraz przyjrzę się tej zagadce, wykorzystując taki sam mechanizm jak poprzednio. Zamiast tworzyć strategię opartą wyłącznie o własne doświadczenia, postaram się sprawdzić, czy wykorzystanie informacji o tym, co się nam przydarzyło, obok innego typu danych, może poprawić trafność decyzji. Takie postępowanie jest także bardziej zgodne z tym, co obserwuje się empirycznie. Rysunek 5 przedstawia mechanizm rozpatrywanej strategii ochrzczonej mianem PD (Podaj Dalej). PD jest kolejną modyfikacją SP pomyślaną jako pomoc w podejmowaniu decyzji, gdy istnieje duża szansa, że informacja nie będzie dostępna. Jednak inaczej niż IP nie wyszukuje dodatkowych danych ponad te, których użyłoby SP. Korzysta natomiast z wiedzy, której posiadanie jest oczywiste – własnego doświadczenia. Ma ono bowiem tę przewagę nad informacją każdego innego typu, że zawsze jest znane. Gracz PD robi z niego użytek tylko wtedy, gdy informacja o ostatnim uczynku partnera jest nie do zdobycia. Wówczas pomaga, chyba że ostatnio sam doświadczył braku pomocy.

Tym razem inicjuję populację, w której są tylko gracze PD i dopuszczam mutacje w postaci ZK i ZD. Tabela 5 przedstawia średnie częstości poszczególnych strategii w ostatnich 500 generacjach, kiedy prawdopodobieństwo, że informacja będzie niedostępna, wynosi 30%, a zysk wynosi 10, 20, 30 oraz 40. Najwyraźniejszy trend jest taki, że wraz ze wzrastającym zyskiem maleje częstość ZD kosztem ZK. Częstość PD pozostaje na stałym poziomie. Przywołując wyniki prezentowane wcześniej możemy zauważyć, że powszechność strategii niepomagającej w populacji PD jest stosunkowo niska i zbliżona do częstości uzyskiwanych przez nieufną SP0 oraz poszukujące większej ilości informacji IPx.

³⁶ Oryginalna nazwa to „Upstream-Tit-For-Tat”.

Rysunek 5. Schemat strategii Podaj Dalej (PD)

		<u>partner ostatnio jako dawca</u>			
		K	N	ND	B
aktor ostatnio jako biorca	K	K	N	K	K
	N	K	N	K	N
	ND	K	N	K	K

Kolumny odpowiadają ostatniemu działaniu partnera jako dawcy, a wiersze ostatniemu działaniu, jakiego doświadczył gracz aktualnie podejmujący decyzję. PD zachowuje się jak SP, ale jeśli nie może ustalić jakiejś informacji daje, chyba że sam ostatnio nie dostał. Oznaczenia: K – pomoc, N – brak pomocy, ND – nie dotyczy, tj. taka interakcja nie miała jeszcze miejsca, B – brak danych.

Tabela 5. Przeciętne częstości strategii i ich przeciętne częstości otrzymywania w drugiej połowie symulacji dla różnych poziomów zysku, kiedy prawdopodobieństwo zdobycia każdej informacji wynosi 0,7

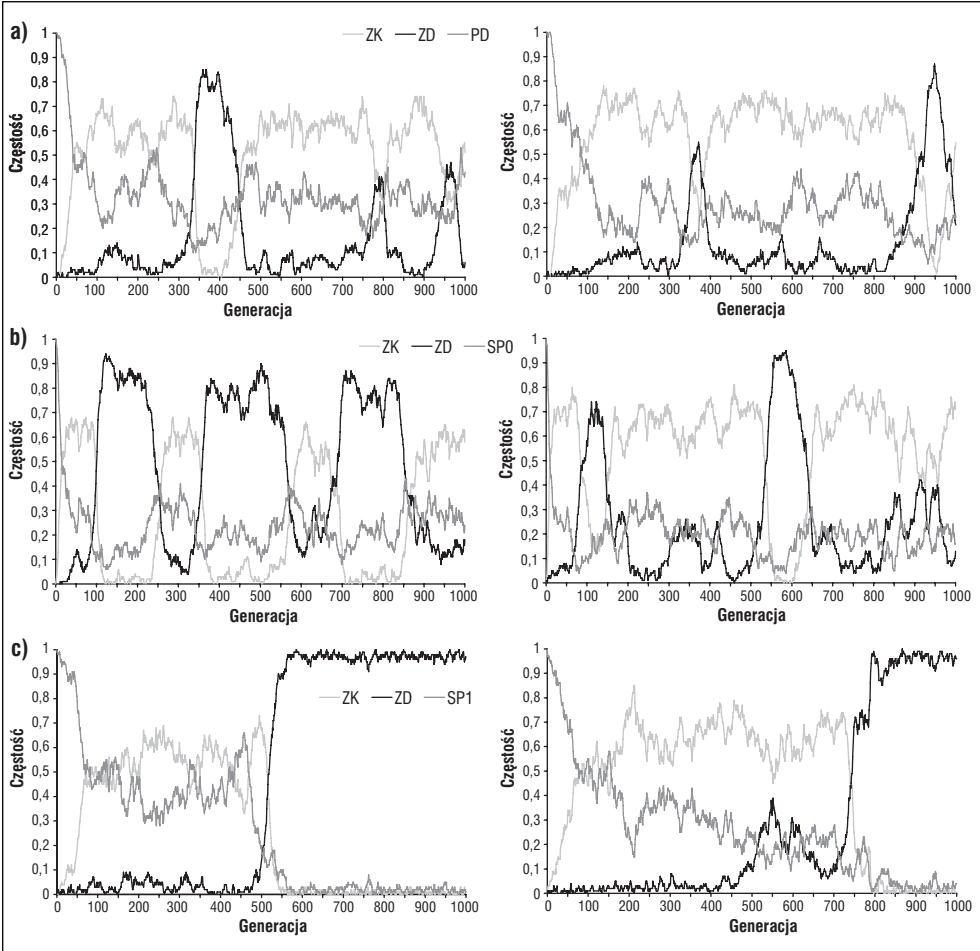
zysk	przeciętne częstości				przeciętne częstości otrzymywania			
	10	20	30	40	10	20	30	40
PD	22,52%	26,99%	24,78%	24,84%	10,64%	64,49%	78,73%	84,51%
ZK	3,15%	41,43%	59,42%	65,94%	42,75%	79,27%	82,83%	86,05%
ZD	74,34%	31,58%	15,80%	9,22%	2,93%	19,25%	41,34%	55,34%

Obserwacja 7: Im wyższy zysk, tym bardziej strategia polegająca na doświadczeniu sprzyja zwiększaniu udziału strategii pomagających.

Podobnie jak poprzednio wartości średnie nie oddają do końca dynamicznych własności PD, ponieważ wszystkie omawiane populacje charakteryzują się pewną cyklicznością. Na rysunku 6 zaprezentowany jest przebieg typowych gier z udziałem SP0, SP1 oraz PD dla dwóch środkowych poziomów zysku, tj. dla zysku 20 oraz 30. Ewidentna jest słabość ufnej SP1, która co prawda potrafi dłużej podtrzymać wymianę, gdy zysk jest wyższy, ale prędzej czy później poddaje się inwazji ZD. Przebieg gier SP0 oraz PD wygląda podobnie dla zysku wynoszącego 30, choć dość wyraźna jest niewielka przewaga częstości PD. W przypadku PD także nawroty defekcji są nieco rzadsze. Gdy zysk wynosi 20, przewaga PD jest wyraźniejsza. Podczas gdy w jego przypadku wyraźnie dominuje reżim pomagający, populacja SP0 spędza większość czasu bez pomagania i dość intensywnie oscyluje między dwiema skrajnościami.

Na podstawie powyższego można stwierdzić, że poleganie na własnym doświadczeniu sytuuje populację pomiędzy dwoma stanami, w których brak informacji jest traktowany zawsze w ten sam sposób: ufny bądź nieufny. Ufność okazuje się zgubna, gdy dostęp do danych jest ograniczony. Nieufne podejście daje lepsze rezultaty, ale wymaga dość niskich kosztów pomocy, by uzyskać dobre wyniki. Wymagania są

Rysunek 6. Przebieg typowej symulacji, gdy dostępność informacji to 70% dla populacji z a) PD b) SP0 c) SP1



Lewy panel odnosi się do zysku 20 a prawy do zysku 30.

mniejsze ze strony strategii, która w razie wątpliwości polega na własnym doświadczeniu. Wszystko to znajduje potwierdzenie w przeciętnych częstościach pomocy w każdym z omawianych przypadków. Przykładowo dla zysku wynoszącego 20 w populacji SP1 pomocą kończy się mniej więcej co piąta interakcja, w populacji SP0 43%, a w populacji PD aż 56% interakcji. Dla zysku wynoszącego 30 częstości te wynoszą odpowiednio 57%, 71% i 75%.

Obserwacja 8: Gdy informacja jest trudno dostępna, strategia polegająca na doświadczeniu sprzyja utrzymaniu wymiany skuteczniej niż strategia nieufna. Dzieje się tak szczególnie dla średnich poziomów zysku.

Wypada się zastanowić, czy i jaki związek istnieje między tym, czego ostatnio doświadczył decydent, a typem biorcy. Oczywiście jest to związek o charakterze probabilistycznym. Jeśli w danym momencie większa część populacji składa się z ZD istnieje większa szansa zarówno na to, że decydent nie został ostatnio obdarowany, jak i na to, że jego biorca jest typem niepomagającym. W odwrotnej sytuacji mamy dużą szansę na to, że decydent ostatnio dostał i na to, że jego biorca jest typem skłonny do dawania. Dzięki temu mechanizmowi własne doświadczenie, choć nie ma bezpośredniego związku z aktualnym partnerem, może zwiększyć zdolność strategii do dyskryminacji. Takie podniesienie zdolności dyskryminacji obserwujemy w tabeli 6, która prezentuje prawdopodobieństwa tego, że SP0, SP1 oraz PD obdarują każdy z możliwych typów partnera w sytuacji, gdy zysk wynosi 20. PD popełnia błędy klasyfikacyjne nieznacznie częściej niż przegrana SP1, tj. w około 19% interakcji. W tych samych warunkach nieufne SP0 mylnie identyfikuje partnera aż w 34% przypadków. PD co prawda nie dorównuje SP1 w częstości pomagania swoim klonom oraz ZK, ale za to unika niesłusznego obdarowywania ZD. Pomaga około 13% napotkanych ZD, podczas gdy SP1 pomaga im aż w 30% przypadków. Te same porównania powtórzone dla zysków w wysokości 10, 30 oraz 40 dają jakościowo takie same wyniki. Analiza częstości otrzymywania pomocy przez PD, które to dane zawiera druga część tabeli 5, również przemawia na jej korzyść. Skuteczność polegania na własnym doświadczeniu okazuje się zbliżona do skuteczności polegania na referencji.

Obserwacja 9: Gdy informacja jest trudno dostępna, a poziom zysku średni, częstość błędów klasyfikacji odbiorcy jest najniższa dla strategii polegającej na doświadczeniu i strategii ufnej.

Przedmiotem ostatniej analizy jest wrażliwość PD na poziom niedostępności informacji. W tabeli 7 znajdują się takie same informacje, jak w tabeli 6 dla prawdopodobie-

Tabela 6. Przeciętna częstość, z jaką SP0, SP1 oraz PD obdarowują przedstawicieli każdej z trzech strategii dla zysku wynoszącego 20, gdy dostępność informacji wynosi 70%

		generacja										
		biorca	1-100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600	601-700	701-800	801-900	901-1000
populacja z	SP0	ZK	0,646	0,646	0,645	0,645	0,645	0,646	0,646	0,645	0,644	0,645
		ZD	0,032	0,033	0,032	0,032	0,031	0,032	0,032	0,032	0,033	0,032
		SP0	0,254	0,282	0,260	0,311	0,257	0,254	0,264	0,284	0,270	0,251
		błąd	0,532	0,341	0,362	0,359	0,334	0,331	0,342	0,360	0,335	0,339
	SP1	ZK	0,917	0,918	0,918	0,917	0,918	0,918	0,918	0,917	0,919	0,919
		ZD	0,303	0,304	0,307	0,304	0,304	0,303	0,305	0,308	0,302	0,306
		SP1	0,863	0,873	0,858	0,852	0,870	0,851	0,840	0,862	0,833	0,851
		błąd	0,129	0,110	0,122	0,135	0,120	0,144	0,152	0,142	0,182	0,184
	PD	ZK	0,874	0,862	0,867	0,855	0,834	0,841	0,860	0,857	0,866	0,852
ZD		0,246	0,217	0,157	0,137	0,116	0,098	0,109	0,143	0,146	0,124	
PD		0,686	0,742	0,739	0,692	0,570	0,573	0,636	0,680	0,723	0,659	
	błąd	0,249	0,185	0,178	0,191	0,225	0,201	0,201	0,200	0,182	0,196	

Patrz opis tabeli 2.

bieństwa niedostępności informacji wynoszącego 20% oraz 40%. Tym razem strategia ufna, która nie radzi sobie przy niskim zysku 20, została pominięta. Wrażliwość bezwarunkowej SP0 na pogłębiający się deficyt informacji jest ewidentna. Gdy informacja jest dostępna w 80%, popełnia ona błędy w około 30% interakcji, a swoje klony obdarowuje mniej więcej, 40% przypadków. Gdy informacja jest dostępna tylko w 60%, błędy zdarzają się już w około 44% interakcji, a klonom SP0 pomaga jedynie mniej więcej w 20% przypadków. Z kolei PD, choć lepiej radzi sobie, gdy informacji jest dużo, jest dosyć odporna na jej niedomiar. Przy 80% skuteczności ustalania przeszłych uczynków partnera popełnia błędy w niecałych 17% przypadków, obdarowując swoje klony w ponad 70%. Przy skuteczności 60% błędy są niewiele częstsze. Pojawiają się w co piątej interakcji i wciąż są ponaddwukrotnie rzadsze niż błędy SP0 przy informacji 80%. Swoje klony obdarowuje PD mniej więcej w dwóch na trzy próby.

Tabela 7. Przeciętna częstość, z jaką SP0 oraz PD obdarowują przedstawicieli każdej z trzech strategii dla zysku wynoszącego 20, gdy niedostępność informacji wynosi 20% oraz 40%

		generacja												
		biorca	1-100	101-200	201-300	301-400	401-500	501-600	601-700	701-800	801-900	901-1000		
SP0	0,2	ZK	0,732	0,731	0,730	0,731	0,731	0,731	0,731	0,731	0,731	0,731		
		ZD	0,032	0,031	0,030	0,031	0,032	0,031	0,033	0,032	0,032	0,032		
		SP0	0,339	0,452	0,412	0,422	0,454	0,406	0,418	0,356	0,365	0,392		
			błąd	0,457	0,309	0,297	0,306	0,299	0,293	0,302	0,272	0,293	0,290	
			ZK	0,558	0,557	0,558	0,557	0,558	0,558	0,557	0,557	0,558	0,559	
			ZD	0,033	0,033	0,032	0,031	0,032	0,031	0,032	0,032	0,032	0,032	
PD	0,4	SP0	0,181	0,225	0,208	0,206	0,199	0,217	0,190	0,212	0,227	0,220		
				błąd	0,611	0,462	0,430	0,414	0,416	0,437	0,411	0,433	0,462	0,437
				ZK	0,885	0,882	0,884	0,877	0,871	0,878	0,881	0,874	0,876	0,873
			ZD	0,178	0,159	0,167	0,137	0,091	0,102	0,097	0,090	0,107	0,112	
			PD	0,692	0,771	0,782	0,744	0,672	0,703	0,736	0,650	0,720	0,713	
			błąd	0,240	0,156	0,154	0,163	0,171	0,170	0,158	0,178	0,165	0,171	
0,2	0,4	ZK	0,858	0,846	0,826	0,827	0,846	0,854	0,843	0,844	0,848	0,813		
		ZD	0,314	0,162	0,107	0,104	0,170	0,184	0,133	0,150	0,143	0,141		
		PD	0,678	0,705	0,595	0,544	0,691	0,743	0,671	0,695	0,702	0,586		
			błąd	0,268	0,204	0,223	0,237	0,213	0,191	0,210	0,215	0,203	0,248	

Patrz opis tabeli 2.

Obserwacja 10: Gdy poziom zysku jest średni, częstość błędów klasyfikacji odbiorcy dla strategii polegającej na doświadczeniu jest w przeciwieństwie do strategii nieufnej w niewielkim stopniu wrażliwa na poziom niedoboru informacji.

Stabilność PD względem pogłębiających się trudności w zdobywaniu informacji jest widoczna także w poziomie globalnej wymiany. Populacja SP0 uzyskuje wymianę na poziomie od 42%, gdy informacja jest dostępna w 6 na 10 prób, do 55%, gdy informacja jest dostępna w 8 na 10 prób. W przypadku PD daniem kończy się od 55 do 63% interakcji w drugiej połowie symulacji.

Widzimy zatem, że obserwowane empirycznie odwoływanie się do własnych doświadczeń może mieć silne podstawy w racjonalności ekologicznej. W szczególności

okazuje się użyteczne, gdy pomaganie jest stosunkowo kosztowne, a dostępność informacji niewielka. Ponieważ własne doświadczenia zawsze są znane i nie podlegają zakłóceniom w przekazywaniu danych, można na nich polegać nawet wówczas, gdy inna wiedza jest bardzo trudna do zdobycia.

4. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonej symulacji udowadniają, że sytuacje wzajemności pośredniej są niezwykle bogate w różnego typu informacje, które w mniejszym bądź większym stopniu mogą być użyteczne w procesie podejmowania decyzji. Często wykraczają one poza tradycyjne schematy rozpatrywane w literaturze. Ich użyteczność nie opiera się na widocznym na pierwszy rzut oka związku przyczynowo-skutkowym, ale na probabilistycznej i często nieoczywistej relacji zakorzenionej w środowisku.

Strategie, które uzależniają swoje postępowanie wobec partnera od tego, co przydarzyło mu się do tej pory, bądź od tego, co przydarzyło się im samym, mogą wydawać się pozbawione racjonalnych podstaw i niesprawiedliwe. Jednak w pewnych okolicznościach użytkowana przez nie informacja okazuje się mieć decydujące znaczenie. Przeprowadzone eksperymenty sugerują, że dzieje się tak przede wszystkim w sytuacjach trudnych. Po pierwsze, chodzi o wypadki, gdy pomoc wiąże się ze stosunkowo wysokimi kosztami. Po drugie, dotyczy to populacji, w których przepływ informacji jest bardzo utrudniony i wielu danych nie sposób ustalić.

Dzięki odwołaniu do koncepcji racjonalności ekologicznej nie tylko poszerzamy zakres analizy, ale jednocześnie zbliżamy się do lepszego opisu rzeczywistych procesów decyzyjnych, które nigdy nie mają miejsca w próżni. Pomijanie ich uwarunkowań zewnętrznych prowadzi do niezrozumienia i nadmiernej abstrakcji. Często kończy się także tworzeniem schematów zbyt złożonych, aby mogły opisywać rzeczywiste zachowania. Tymczasem przedstawione strategie są wyjątkowo proste. Nigdy nie sięgają dalej niż jedną interakcję wstecz. Ich zastosowanie jest możliwe w krótkim czasie i nie wiąże się ze złożonym rozumowaniem. Dane empiryczne sugerują, że ludzie polegają raczej na tego typu schematach i rzeczywiście robią użytek z własnego doświadczenia i referencji.

Nawet przy bardzo restrykcyjnych założeniach odnośnie zakresu danych, które mogą być potencjalnie w użyciu, jakie przyjąłem w tym artykule, pole manewru w wymyślaniu nowych strategii jest ogromne. W przyszłości wskazane byłaby systematyczna analiza różnych sposobów, na jakie wykorzystywana może być dodatkowa informacja w różnego rodzaju grach ewolucyjnych. Można na przykład zdefiniować klasę strategii odwołujących się tylko do ostatnich interakcji i zbadać własności wszystkich

jej elementów. Należałoby skonfrontować je nie tylko z ZK oraz ZD, ale także ze sobą nawzajem. Należałoby także rozpatrzyć szerszą gamę możliwych parametrów, tj. inne poziomy zysku, długości generacji czy poziomy dostępności informacji. W niektórych przypadkach możliwe będzie także zastąpienie symulacji analizą formalną, co pozwoli na lepszy wgląd w mechanizmy rządzące skutecznością schematów opartych na racjonalności ekologicznej.

Bibliografia

- Alexander, R.D. 1985. *A biological interpretation of moral systems*. „Zygon” 20: 3-20.
- Alexander, R.D. 1987. *The biology of moral systems*. New York: Aldine De Gruyter.
- Axelrod, R. 1984. *The evolution of cooperation*. New York: Basic Books.
- Baker J.E. 1987. *Reducing bias and inefficiency in the selection algorithm*. w: Grefenstette J. (red.). Proceedings of the 2nd International Conference on Genetic Algorithms. Hillsdale NJ: Erlbaum: 14-21.
- Bendor, J., Świstak, P. 1998 a. *Ewolucyjna stabilność kooperacji*. „Studia Socjologiczne” 3 (150): 127-170.
- Bendor, J., Świstak, P. 1998 b. *Evolutionary equilibria: Characterization theorems and their implications*. „Theory and Decision” 45: 99-159.
- Bendor, J., Świstak, P. 2001. *The evolution of norms*. „American Journal of Sociology” 106 (6): 1493-1545.
- Bohnet, I., Huck, S. 2004. *Repetition and reputation: implications for trust and trustworthiness when institutions change*. „American Economic Association Papers and Proceedings” 94 (2): 362-66.
- Bolton, G.E., Katok, E., Ockenfels, A. 2004. *How effective are electronic reputation mechanisms? An experimental investigation*. „Management Science” 50 (11): 1587-602.
- Bolton, G.E., Katok, E., Ockenfels, A. 2005. *Cooperation among strangers with limited information about reputation*. „Journal of Public Economics” 89: 1457-68.
- Boyd, R. 1989. *Mistakes allow evolutionary stability in the repeated Prisoner's Dilemma Game*. „Journal of Theoretical Biology” 136: 47-56.
- Boyd, R., Richerson, P.J. 1989. *The evolution of indirect reciprocity*. „Social Networks” 11: 213-36.
- Brandt, H., Sigmund, K. 2004. *The logic of reprobation: assessment and action rules for indirect reciprocity*. „Journal of Theoretical Biology” 231 (4): 475-86.
- Brandt, H., Sigmund, K. 2005. *Indirect reciprocity, image scoring, and moral hazard*. „Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.” 102 (7): 2666-70.
- Brunswik, E. 1943. *Organismic achievement and environmental probability*. „Psychological Review” 50: 255-72.
- Engelmann, D., Fischbacher, U. 2004. *Indirect reciprocity and strategic reputation building in an experimental helping game*. Microeconomics Research Workshop, European University Institute.
- Franklin, B., Franklin W.T. (red.). 1833. *Private correspondence of Benjamin Franklin. vol. 1*. Londyn: H. Colburn dla R. Bentley. Zasoby Google Books: <http://books.google.com/>.

- Gigerenzer, G. 2000. *Adaptive thinking. Rationality in the real world*. Oxford: Oxford University Press.
- Gigerenzer, G, Selten, R. (red.). 2002. *Bounded rationality. The adaptive toolbox*. Cambridge: MIT Press.
- Gigerenzer, G., Todd, P. (red.). 1999. *Simple heuristics that make us smart*. Oxford: Oxford University Press.
- Grefenstette J. 2000. *Proportional selection and sampling algorithms*. w: Back T., Fogel D.B., Michalewicz T. (red.). *Evolutionary Computation 1: Basic Algorithms and Operators*. Bristol, UK: Institute of Physics Publishing: 172-180.
- Hardin, R. 2006. *Trust*. Cambridge: Polity Press.
- Kahneman, D. 2003. *Maps of bounded rationality: psychology for behavioral economics*. „The American Economic Review” 93 (5): 1449-75.
- Kempny, M. 1988. *Wymiana i społeczeństwo. Obraz rzeczywistości społecznej w ujęciu współczesnych socjologicznych i antropologicznych teorii wymiany*. Wrocław: Ossolineum.
- Kempny, M., Szmatka, J. (red.). 1992. *Współczesne teorie wymiany społecznej*. Warszawa: Wyd. Naukowe PWN.
- Leimar, O., Hammerstein, P. 2001. *Evolution of cooperation through indirect reciprocity*. „Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences” 268: 745-53.
- Messick, D. 1991. *On the evolution of group based altruism*. w: Selten R. (red.). *Game equilibrium models I. Evolution and game dynamics*. Heidelberg: Springer Verlag.
- Milinski, M., Semmann, D., Bakker, T.C.M., Krambeck, H.J. 2001. *Cooperation through indirect reciprocity: Image scoring or standing strategy?* „Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences” 268: 2495-501.
- Nowak, M.A., Sigmund, K. 1998 a. *Evolution of indirect reciprocity by image scoring*. „Nature” 393: 573-77.
- Nowak, M. A., Sigmund, K. 1998 b. *The dynamics of indirect reciprocity*. „Journal of Theoretical Biology” 194 (4): 561-74.
- Nowak, M. A., Sigmund, K. 2005. *Evolution of indirect reciprocity*. „Nature” 437: 1291-98.
- Ohtsuki, H. 2004. *Reactive strategies in indirect reciprocity*. „Journal of Theoretical Biology” 227: 299-314.
- Ohtsuki, H., Iwasa, Y. 2004. *How should we define goodness?—reputation dynamics in indirect reciprocity*. „Journal of Theoretical Biology” 231 (1): 107-20.
- Ohtsuki, H., Iwasa, Y. 2005. *The leading eight: Social norms that can maintain cooperation by indirect reciprocity*. „Journal of Theoretical Biology” 239 (4): 435-44.
- Okuno-Fujiwara, M., Postlewaite, A. 1995. *Social norms and random matching games*. „Games and Economic Behavior” 9: 79-109.
- Panchanathan, K., Boyd, R. 2003. *A tale of two defectors: The importance of standing for evolution of indirect reciprocity*. „Journal of Theoretical Biology” 224 (1): 115-26.
- Pfeiffer, T., Rutte, C., Killingback, T., Taborsky, M., Bohnhoeffler, S. 2005. *Evolution of cooperation*

- by *generalized reciprocity*. „Proceedings of the Royal Society of London: Biological Sciences” 272: 1115-20.
- Putnam, R. 1995. *Demokracja w działaniu: tradycje obywatelskie we współczesnych Włoszech*. Kraków: Znak.
- Riolo, R.L., Cohen, M.D., Axelrod, R. 2001. *Evolution of cooperation without reciprocity*. „Nature” 414 (22): 441-3.
- Rubinstein, A. 1998. *Modeling bounded rationality*. Cambridge Mass: MIT Press.
- Sargent, T.J. 1993. *Bounded rationality in macroeconomics*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Simon, H.A. 1956. *Rational choice and the structure of environments*. „Psychological Review” 63: 129-38.
- Sudgen, R. 1986. *The economics of rights. Cooperation and welfare*. Oxford: Basil Blackwell.
- Sztompka, P. 2002. *Socjologia. Analiza społeczeństwa*. Kraków: Znak.
- Sztompka, P. 2007. *Zaufanie. Fundament społeczeństwa*. Kraków: Znak.
- Takahashi, N., Mashima, R. 2003. *The emergence of indirect reciprocity: Is the standing strategy the answer?* Working Paper No 29. Center for the Study of Cultural and Ecological Foundations of the Mind.
- Takahashi, N., Mashima, R. 2006. *The importance of subjectivity in perceptual errors on the emergence of indirect reciprocity*. „Journal of Theoretical Biology” 243: 418-436.
- Trivers, R.L. 1971. *The evolution of reciprocal altruism*. „The Quarterly Review of Biology” 46: 35-57.
- Wedekind, C., Milinski, M. 2000. *Cooperation through image scoring in humans*. „Science” 288: 850-2.
- Yamagishi, T. 1998. *Trust and social intelligence: The evolutionary game of mind and society*. Tokyo: Tokyo University Press.
- Young, H.P. 1996. *The economics of convention*. „Journal of Economic Perspectives” 10 (2): 105-122.