

# ***Inteligentna interakcja: trendy dynamiczne w dzisiejszej logice***\*

Johan van Benthem, Amsterdam & Stanford

tłum. Jacek Jędrzejowski

Pierwotna wersja niniejszego tekstu została opublikowana pod tytułem 'L'Art et la Conversation' w „Dossier Logique”, Éditions *Pour la Science*, 2005, Paris, 68-73. Obecna wersja została uzupełniona i zawiera kilka najnowszych rozwiązań. Wskazujemy jak współczesna logika podejmuje szeroko rozumiane zagadnienie inteligentnej interakcji, przekraczając rozmaite dyscypliny akademickie – od nauk humanistycznych po nauki społeczne i przyrodnicze. Poruszana tematyka dotyczy dowodu matematycznego, przepływu informacji poprzez komunikację lub obserwację, oraz strategii w sensie teorii gier, prowadząc do poznawczego wyjaśnienia tego, co czyni nas agentami inteligentnymi.

**Kroki dowodu logicznego.** Kiedy myślimy o logice, większość z nas posiada pewien obraz nieuniknionych inferencji, wymuszających na każdym z nas, zarówno na żebraka jak i królu, przyjęcie wniosków w nich zawartych. Te ostatnie często dotyczą implikacji posiadających formę „jeżeli  $A$ , to  $B$ ”, lub w notacji logicznej:  $A \rightarrow B$ . Sławnym przykładem jest następująca reguła pochodząca z antycznych czasów greckich:

*Modus Ponens:* Z przesłanek  $A$  oraz  $A \rightarrow B$ , wyciągnij wniosek  $B$ .

A kiedy już zauważymy jedną taką regułę, dostrzeżemy też inne. Znanym krewnym Modus Ponens jest reguła

*Modus Tollens:* Z przesłanek  $A \rightarrow B$ , oraz *nie- $B$* , wnioskuje *nie- $A$* .

Pozwala ona obalić pogląd przeciwnika, który twierdzi, że  $A$  przez wyciągnięcie fałszywej implikacji  $B$  z  $A$ . Logiczne inferencje, jak powyższe, zawierają kroki, których dostępne świadectwo wymusza na nas. I chociaż każdy logiczny krok może być oczywisty – i doprawdy, nieco nużący – kumulacyjna siła wielu kolejnych kroków może nabrać mocy ulewy. Ten rachunek asercji podkreśla proste codzienne rozumowanie. Przypuśćmy, że chcesz wydać przyjęcie, szanując wzajemne ludzkie niechęci. Wiesz, że:

- (a) Jan przyjdzie, jeśli Maria lub Anna przyjdzie.
- (b) Anna przyjdzie, jeśli Maria nie przyjdzie.
- (c) Jeśli Anna przyjdzie, Jan nie.

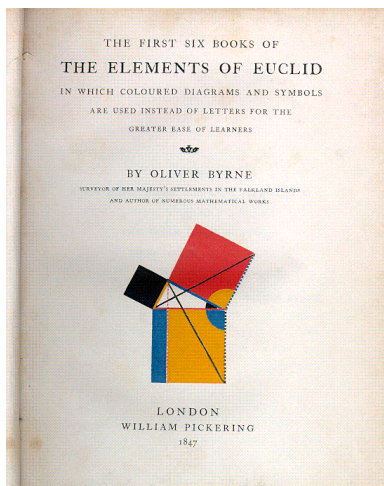
---

\* Tytuł oryginału: „Intelligent Interaction: dynamic trends in today's logic”, *Natuurkundige Voordrachten Nieuwe Reeks* 85, 2007, Yearbook, Royal Physics Society Diligentia, The Hague, 115 - 123.

Niniejszym dziękujemy Wydawnictwu „Koninklijke Maatschappij voor Natuurkunde Diligentia”, (rok założenia 1793), <http://www.natuurwetenschappen-diligentia.nl/>, za wyrażenie zgody na dokonanie tłumaczenia tekstu artykułu.

Czy można zaprosić gości w taki sposób, żeby uszanować powyższe preferencje? Logiczne mini-kroki wskazują sposób:

Z (c) otrzymujemy, że jeśli Anna przyjdzie, Jan nie. Ale na podstawie (a), jeśli Anna przyjdzie, Jan też. Dochodzimy do sprzeczności, a więc Anna nie przyjdzie. Lecz wtedy, na podstawie (b), Maria przyjdzie. Zatem, korzystając raz jeszcze z (a), wnioskujemy, że Jan musi przyjść. Rzeczywiście, para {Jan, Maria} spełnia wszystkie trzy wymogi. Doprawdy, milionów podobnych kroków używa się we współczesnych zautomatyzowanych dowodach twierdzeń.



Ten wsparty na dowodzie pogląd na logikę, wraz z jego dążeniem do absolutnej pewności, jest w sposób głęboki związany z historią matematyki. Od Antyku, dominującym paradygmatem rozumowania pozostał dowód matematyczny w systemach aksjomatycznych, jak w *Elementach* Euklidesa. Taki pogląd na dowód i aksjomatyczną organizację jest też kością klasycznych podstaw matematyki, gdzie logicy próbowali wykazać, że główne teorie matematyczne są bezpieczne, tj. wolne od dowodliwych sprzeczności.

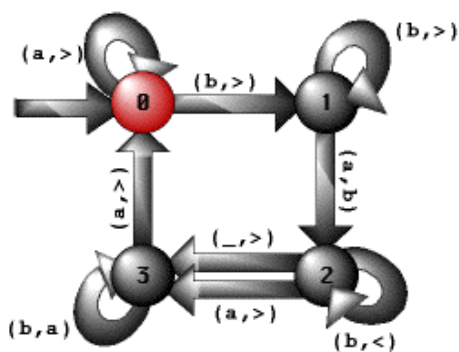
**Dialektyczne źródła logiki.** Geneza logiki jest o wiele bardziej złożona od naszkicowanej wyżej! Innym obrazem z Antyczności jest ten ukazujący debatę i kontrowersję w greckim polis.



Studenci filozofii pamiętają Sofistów oraz dialektyczny charakter dialogów Platona, gdzie Sokrates zapędza w róg swoich przeciwników zmyślnymi argumentami przedstawionymi we właściwym czasie. Oto obraz Rubensa ukazujący ten styl rozumowania (powinno się na nim policzyć pięciu filozofów: czterech żyjących i jednego nieżyjącego). Ten drugi pogląd na logikę i argumentację upodabnia je dużo bardziej do gry. Jest wielu graczy; to co mówią jest wzajemną wymianą zdań – a debaty zwykle mogą mieć gorzki smak przegranej, po prostu dlatego, że przedstawiłeś swe argumenty w niewłaściwej kolejności.

**Logika i obliczanie.** Przez wieki, logika była także utożsamiana z obliczeniami i maszynami. Słynnym zaleceniem Leibniza rozwiązywania dysput logicznych było „Calcuemus” („Obliczajmy”). Strony kodowałyby różnice zdań w postaci formuł, po czym rację lub jej brak

w danej kwestii można byłoby ustalić przy pomocy zaledwie binarnej arytmetyki na kodzie. Zauważmy, że ponownie sprowadza to debatę prowadzoną przez wielu agentów do samotnej pracy urządzenia liczącego. Zresztą, pojawiły się maszyny liczące, a dzisiejsze komputery cyfrowe są w prostej linii bezpośrednimi potomkami ‘maszyn Turinga’ zaproponowanymi w latach 30-tych ubiegłego wieku do analizy zakresu i granic matematycznej komputacji.



Co interesujące, jeden z najwcześniejszych kluczowych rezultatów był negatywny. Kilka prostych pytań jak to, czy dana maszyna zatrzyma się po otrzymaniu pewnych danych wejściowych, czy też nasz komputer ‘zamarznie’, postępując za jakimś naszym uderzeniem klawisza – okazały się nierozstrzygalne. Nie ma gwarantowanej metody, by dowiedzieć się, jaka będzie odpowiedź!

Podobne ograniczające wyniki, dotyczące zakresu dowodu formalnego, odkryto w słynnych Twierdzeniach o Niezupełności Gödla. Ale pomimo to logika matematyczna oraz informatyka święciły w 20 wieku swoje tryumfy, wynajdując wszelkiego rodzaju urządzenia do obliczania i dowodzenia, które tworzą podwaliny rewolucyjnego procesu przetwarzania informacji dnia dzisiejszego. Rzeczywiście, kiedy magazyn „TIME” opublikował listę „Dwudziestu najbardziej wpływowych intelektualistów 20-go wieku”, znalazły się na niej nazwiska Turinga, Gödla oraz Wittgensteina, najbardziej odpowiedniego filozofa do tego wszystkiego.

**Powrót do konwersacji.** Lecz stary dialektyczny obraz pozostaje wciąż żywy jak nigdy przedtem! Wyciąganie wniosku jest jedynie jednym ze sposobów uzyskiwania informacji. Możemy także *zobaczyć*, a często, po prostu, *zapytać*! Pytanie plus odpowiedź są najprostszym informacyjnym wielo-agentowym epizodem i on także ma czytelne logiczne cechy. Rozważmy następujący scenariusz:

- P** „Czy ten budynek to Luwr?”  
**O** „Tak.”

Robimy takie rzeczy tysiące razy w naszym życiu. Ale zauważmy delikatny przepływ informacji. Normalnie, zadający pytanie **P** wskazuje, że nie wie, czy to jest Luwr. Ale też, zwracając się do **O**, jasno daje do zrozumienia, że myśli, że ten drugi zna odpowiedź. Przekazujemy informację o faktach, ale również i o tym, co wiemy o innych ludziach. Następnie, gdy odpowiedź zostaje udzielona, **O** nie przekazuje, po prostu, jedynie odpowiedzi, że to jest Luwr. On teraz także wie, że **P** wie, a **P** wie o tym, i tak dalej do kolejnych iteracji. W terminologii używanej przez współczesnych filozofów, językoznawców i teoretyków gier, **P** i **O** uzyskują *wspólną wiedzę* o fakcie Luwr. Jeśli sądzicie, że wszystko to są epicykle, wyobraźcie sobie, że właśnie

dowiedzieliście się o moim kodzie bankowym. Jeśli sądzą, że ja nie wiem, że wy wiecie, będziecie mieli pokusę, żeby opróżnić moje konto. Ale jeśli wiecie, że ja wiem, że je znacie, wtedy prawdopodobnie pozostaniecie uczciwi. Nasze zachowanie jest utrzymywane na właściwym miejscu poprzez wzajemną informację.

W życiu codziennym dość dobrze idzie nam manipulowanie mieszanymi formami informacji.

Członkowie jury 1, 2, 3 muszą wybrać kandydata *O* lub *P*. Każdy zapisuje swój wybór na kartoniku, a sekretarz komisji widzi je wszystkie. Następnie ogłasza: „Nie ma konsensusu.” Następnie juror 2 pokazuje swój kartonik jurorowi 1, ale nie pokazuje go jurorowi 3. Juror 1 wzdycha, bo wciąż nie wie, który kandydat został wybrany. Kto z nich zna wynik tego wyboru?

Ta mieszanka stwierdzeń, na pół-ukrytych działań i westchnień jest wystarczająca dla jurora 3, lecz nie dla pozostałych członków komisji! Po ogłoszeniu przez sekretarza, że nie ma zgody, wszyscy znają wynik głosowania jako *OOP* lub *OPP*. Jeśli jurorzy 1, 2 zagłosowaliby tak samo, 1 poznałby wynik po przyjrzeniu się kartoników jurora 2. Skoro go nie znał, głos jurora 3 jest decydujący. Każdy może podążyć tym tokiem rozumowania, więc 1 i 2 wiedzą, że 3 wie.

To interaktywne rozumowanie z różnorodnymi źródłami przenika nasze życie, a nam podoba się tak bardzo, że kontynuujemy je nawet nocą, grając w towarzyskie gry jak „Cluedo” z wieloma złożonymi ruchami. Takie gry są kopalnią informacji i wyzwaniem dla logiki.



**Wiedza i systemy wielo-agentowe.** Konwersacja przerywa samotność pojedynczego agenta i skupia się na grupach agentów, tak jak współczesna informatyka. Kluczowe jest utrzymanie informacji o innych osobach – a nawet więcej – grupy posiadają szczególne formy wiedzy, nie redukowalnej do tego, co wiedzą pojedynczy agenci. Pomyślmy przez chwilę o grupie, dowiadującej się o rzeczach, nowych dla jej wszystkich członków, poprzez dzielenie się informacją. Współczesne logiki epistemiczne rozwiązują te zjawiska przez śledzenie twierdzeń

$K_i\varphi$     agent *i* wie, że  $\varphi$ ,

$C_G\varphi$      $\varphi$  jest wiedzą wspólną w grupie *G*.

Rozumowania dotyczące pojęć epistemicznych okazują się równie dokładne jak w logice matematycznej, a znane są przy tym pełne systemy aksjomatyczne. Ale pozostaje jeszcze dynamika, którą należy zbadać!

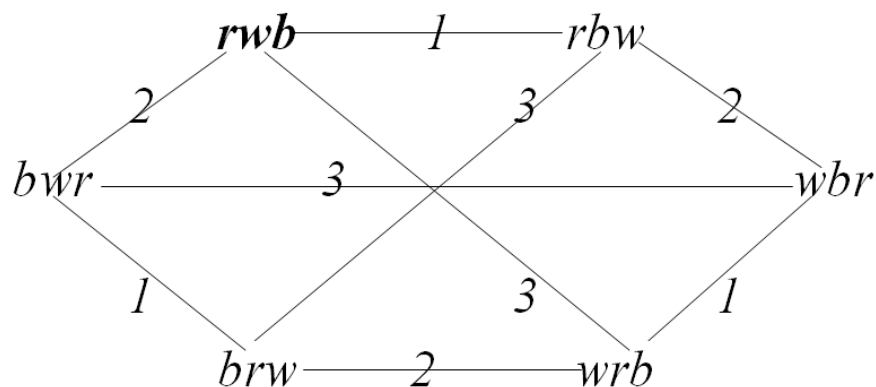
**Dynamika komunikacji.** Język naturalny jest rzeczywiście urządzeniem służącym do programowania kognitywnego. Każdy kolejny akt mowy modyfikuje bieżący stan informacyjny słuchających i mówiących. Możemy to modelować w prosty sposób. Rozważmy naszą Zagadkę Towarzystką.. Na początku, nie ma żadnej informacji, a wszystkie 8 opcji pozostaje otwartych:

{MAJ, MA-J, M-AJ, M-A-J, -MAJ, -MA-J, -M-AJ, -M-A-J}

Podane wyżej trzy przesłanki (a), (b), (c) *uaktualniają* ten początkowy stan informacji poprzez usunięcie opcji, które są niekompatybilne z nimi. W kolejnych krokach otrzymujemy następujące redukcje:

- |  |           |                                  |
|--|-----------|----------------------------------|
| (a) $(M \text{ lub } A) \rightarrow J$ | nowy stan | {MAJ, M-AJ, -MAJ, -M-AJ, -M-A-J} |
| (b) $\text{nie-}M \rightarrow A$       | nowy stan | {MAJ, M-AJ, -MAJ}                |
| (c) $A \rightarrow \text{nie-}J$       | nowy stan | {M-AJ}                           |

Identyczny mechanizm działa w otoczeniach z wieloma agentami, takimi jak *gry karciane*. Karty ‘czerwone’, ‘białe’, ‘niebieskie’ są rozdawane graczom: 1, 2, 3, po jednej każdemu. Każdy z graczy widzi tylko swoją kartę. Rzeczywisty rozkład kart u graczy 1, 2, 3 jest taki: czerwona, biała, niebieska (*cbn*). Rysujemy stan informacji:



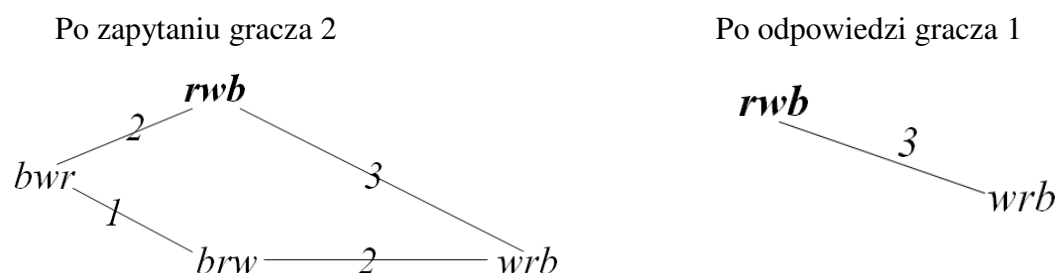
Tutaj linie kodują niepewność, tj. jakie rozdania gracze uznają za możliwe. Np. linia-1 między *cbn* a *cnb* wskazuje, że gracz 1 nie może rozróżnić tych rozdań, podczas gdy 2 i 3 mogą (posiadają inne karty). Teraz mają miejsce następujące dwa ruchy:

2 pyta 1 „Czy masz kartę niebieską?”, a 1 *odpowiada zgodnie z prawdą* „Nie.”

Kto co wtedy wie? Oto rezultat wyrażony słowami:

Zakładając, że pytanie jest szczere, 2 wskazuje, że nie zna odpowiedzi, a więc nie może mieć karty niebieskiej. Informacja ta mówi natychmiast graczowi 1, jakie było rozdanie. Lecz gracz 3 nie dowiaduje się wszystkiego, nawet, gdy już wie, że 2 nie ma karty niebieskiej. Kiedy 1 mówi, że nie ma niebieskiej karty, fakt ten ujawnia 2 rozdanie. Lecz 3 nawet wtedy go nie zna.

Obecnie podajemy kolejne aktualizacje w postaci diagramu, czyniąc wszystkie te rozważania przejrzystymi:



Od razu zauważamy na końcowym diagramie, że 1, 2 znają rozdanie, gdyż nie mają pozostawionej żadnej linii niepewności. Lecz 3 wciąż nie wie, choć wie, że 1, 2 wiedzą i – faktycznie – jest to ich wiedza wspólna. Podobne analizy istnieją już dla innych scenariuszy konwersacji, i – w rzeczy samej – dla szerokiej gamy zagadek i gier, włącznie z „Cluedo”.

**Logiki programów.** Ale konwersacja zawiera wiele więcej niż pojedyncze stwierdzenia. Jeśli chcesz dostać podwyżkę od swojego szefa, upewniasz się, że wypowiesz właściwe słowa we właściwym porządku. Najpierw chwalisz więc szefa za inspirujący styl zarządzania, a potem prosisz o pieniądze – nie odwrotnie. Jest to *kompozycja* programów. W zależności od tego, czy szef wygląda na zezłoszczonego czy zrelaksowanego, dobiera się właściwe słowa. Jest tu podobnie jak *IF THEN ELSE* w programowaniu. A jeśli jedna dawka pochlebstwa nie działa, stosuje się następne, aż efekt zostanie osiągnięty: jest to kluczowa instrukcja *WHILE DO*. Tak więc, strategie konwersacyjne zawierają wszelkie główne struktury sekwencyjne znane z informatyki. I nawet zdarzają się bardziej wyrafinowane konstrukcje *równoległe*, jak np. skłonienie studentów by odpowiadali na nasze pytanie w tym samym czasie. Nie dziwi zatem fakt, że *logiki dynamiczne* programów rozwinęły się w informatyce, gdyż lata 70-te ostatniego wieku zostały wpisane na listę analizy komunikacji. Podczas gdy logiki te pierwotnie posługiwały się programami numerycznymi oraz analizą ich zachowań, obecnie opisują one wszelkie strukturalne działania związane z przepływem informacji.

Jest to jeden z wielu najświeższych przypadków, gdzie fundamentalne pomysły (bardziej niż jakies praktyczne urządzenie jak desktop) wpływają na inne dyscypliny w Akademii.

**Logika dynamiczno-epistemiczna.** Połączenie logik epistemicznej i dynamicznej daje początek systemom logicznym z kombinowanymi twierdzeniami, opisującymi wyniki działań komunikatywnych:

$[!A]K_i\varphi$  po ogłoszeniu publicznym, że  $A$ , jest tak, że agent  $i$  wie, że  $\varphi$

Znane już są pełne systemy aksjomatyczne, jak również mnóstwo faktów dotyczących siły ekspresyjnej i złożoności języków dynamiczno-epistemicznych. Jako ilustrację przytaczamy aksjomaty jednego z takich systemów, wchodzącego do szerokiego użytku:

$[!A]p$	$\leftrightarrow A \rightarrow p$	dla faktów atomowych $p$
$[A!]\neg\varphi$	$\leftrightarrow A \rightarrow \neg[!A]\varphi$	
$[!A](\varphi \ \& \ \psi)$	$\leftrightarrow [!A]\varphi \ \& \ [!A]\psi$	
$[!A]K_i\varphi$	$\leftrightarrow A \rightarrow K_i(A \rightarrow [!A]\varphi)$	
$[!A]C_G\varphi$	$\leftrightarrow C_G(A, [!A]\varphi)$	

Aksjomaty te analizują złożone efekty publicznych wypowiedzi (asercji)  $A$  w terminach wypowiedzi prostszych. Systemy te, służące do opisu przepływu informacji w sytuacjach złożonych z wielu agentów, są tak dokładne i zasadne, jak każdy wcześniejszy. Radzą one sobie z wieloma rodzajami zagadek, takimi jak powyższa zagadka z kartami, które dostaje się gratis na niektóre telefony komórkowe. Przy dodaniu znanych aksjomatów dla operacji programowych, systemy te rozwiązują słynne zagadki sięgające daleko wstecz w historii:

*Po zabawie na dworze, dwoje z trojga dzieci ma czoła pobrudzone błotem. Wszystkie widzą się nawzajem, ale nie same siebie, więc nie znają własnego stanu. Teraz, nadchodzi ich ojciec i mówi: „Przynajmniej jedno z was jest brudne.” Następnie pyta: „Czy ktoś wie, że jest brudne?”. Dzieci odpowiadają zgodnie z prawdą. Gdy powtarza się ten epizod z pytaniem–odповідzią, co się stanie?*

Ogólnie, przy  $k$  zabłoconych dzieciach, następuje  $k-1$  rund ogłoszenia nieznanego pełnego stanu rzeczy, po czym ustala się wspólna wiedza, tyżąca tych dzieci, które są pobrudzone.

**E-mail, skrywanie i okłamywanie.** Przypadek ‘zabłoconych dzieci’ wymaga jedynie stwierdzeń publicznych, wypowiedzianych otwarcie. Lecz rzeczywista komunikacja może być znacznie bardziej złożona. Na przykład, w powyższym przypadku składu sędziowskiego, pokazanie sąsiadowi swojego kartoniku z wybranym zwycięzcą, jeśli nawet odbywa się na widoku publicznym, daje różną informację różnym członkom jury. Nie-sąsiedzi widzą jedynie, że *komunikujemy* naszą decyzję o wyborze, a nie *jaki* ten wybór jest. Ale czyniąc jeden krok dalej, zachodzi często prawdziwe wprowadzanie w błąd. Rozważmy cudowne nowe medium, jakim jest *e-mail*. Kiedy przesyłamy wiadomość, klawisz *cc* uczyni ją wiedzą wspólną w naszej grupie, gdyż zamienia tę wiadomość w publiczne ogłoszenie. Ale dalece bardziej wyrafinowane mieszanki informacji

i niewiedzy zostają osiągnięte przy pomocy klawisza 'ślepa kalka' *bcc*, który wysyła wiadomość tylko do podgrupy, i nie jest ona znana innym osobom. Poszerzone logiki dynamiczno-epistemiczne rozwinęły się w kilku ostatnich latach, i mogą opisywać i analizować takie bardzo złożone formy komunikacji. Wciąż przetwarzają one diagramy informacyjne, lecz w sposoby znacznie subtelniejsze – diagramy te mogą nawet rozrastać się w miarę, gdy sytuacja komplikuje się coraz bardziej. Tak dzieje się często z grami, gdzie faza środka gry jest informacyjnie dużo bardziej złożona niż jej etap początkowy lub końcowy.

Jednak jeszcze jeden próg złożoności zostaje przekroczony, kiedy rozważamy *oszukiwanie* i *okłamywanie*. Wielu rodziców uważa, że dzieci ich mówią prawdę, ponieważ mają usposobienie aniołów. Lecz prawdziwy powód jest taki, że te subtelniejsze społeczne umiejętności logiczne są mistrzowsko opanowane przez dorosłych.

**Więcej złożoności: planowanie konwersacji.** Dalszym źródłem złożoności we wzmiankowanych systemach logicznych jest wcześniejsza struktura programowa tycząca strategii prowadzenia konwersacji. Kiedy przejdziemy od analizowania danych scenariuszy do planowania nowych twierdzeń w taki sposób, że pewne pożądane efekty zostają osiągnięte, uderza ten sam rodzaj złożoności, jaki był już znany w maszynach Turinga. Kilka lat temu pokazano, że planowanie konwersacji z ogłoszeniem publicznym i konstrukcjami programów sekwencyjnych ogólnie jest zadaniem nierozstrzygalnym. Nie oznacza to, że nie możemy go wykonać dobrze – faktycznie, wykonujemy – lecz wymaga to niekiedy umiejętności twórczej. Nie ma gwarantowanej metody automatycznej, która da nam podwyżkę, lub uczyni z nas Króla albo Królową Konwersacji.

**Rewizja przekonania.** Obserwacje te nie są końcem logiki w jej funkcji dynamicznej z wieloma agentami, lecz jedynie początkiem! Poza uaktualnianiem informacji, w komunikacji grą rolę wiele dalszych procesów kognitywnych. Często jesteśmy zaskoczeni nowymi obserwacjami, lub też inni przedstawiają stanowiska sprzeczne z naszymi, i wtedy musimy dokonać *zrewidowania naszych przekonań*. We wszystkim, co robimy, żyjemy w kokonie oczekiwań, co do faktów, i co do innych. To one prowadzą nasze myślenie i działanie, które podlegają stałej modyfikacji, abyśmy pozostawali w zgodzie z rzeczywistością. Poniżej podany jest dobry przykład takiego scenariusza



z agentami przetwarzającymi informacje.

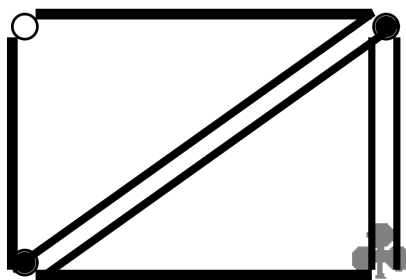
Jedną bardzo typową cechą społeczeństw agentów informacyjnych jest ich *zróznicowanie*. Nie wszyscy mają tę samą wiedzę, czy też potencjał do jej przetwarzania. Operujemy pod wpływem pewnych założeń, które może będą musiały być zrewidowane. Kultowy film *Memento* jest tu dobrym przykładem. Bohater główny, Guy Pierce, traci swoją pamięć długotrwałą, co czyni go bardziej skończonym automatem niż Maszyną Turinga. Inni źli



agenci, jak Carrie-Ann Moss, dowiadują się o tym, ku swojemu zdziwieniu, a następnie próbują wykorzystać ten jego szczególny stan.

**Gry i strategię.** Inne osiągnięcie ostatnich czasów poważnie bierze po uwagę, jako samo w sobie, interakcję pomiędzy różnymi agentami. Najbardziej wymownym modelem takiego oddziaływania w dłuższym wymiarze czasowym są gry. Na przykład, wiele układów komunikacji w sposób naturalny sugeruje ‘gry edukacyjne’ różnych rodzajów. Gry mają też wiele wspólnego z logiką, a – jak już wskazaliśmy wcześniej – sama argumentacja jest pewnego rodzaju grą. Zawiera ona pewien rodzaj sekwencyjnego ‘daj-i-weź’, w którym czyjś najlepszy ruch zależy od poprzednich ruchów wykonanych przez inne osoby. Oto prosty scenariusz, który ilustruje responsywny („odzewowy”) charakter przebiegu gry.

*Zachowaj Skarb!* Na ulubionego Idola naszego plemienia chciwie spogląda pewien amerykański archeolog A z długim biczem. Naszym zadaniem jest zachowanie naszego skarbu. A jest na białym polu na rysunku poniżej, a nasz Idol przy szarym kwiatku:

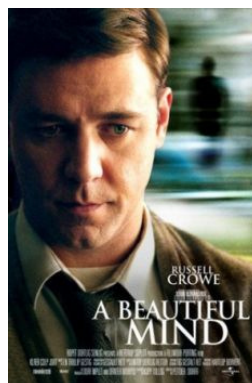
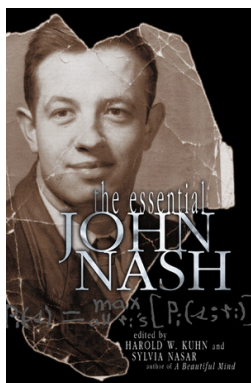


Każda z linii daje możliwe połączenie, a gra rozwija się jak następuje: ty zaczynasz przez przecięcie połączenia, wtedy archeolog porusza się wzdłuż ścieżki, i tak dalej. Czy można zapobiec temu, aby nie dotarł do Idola? A może zawsze dostanie się do niego?

Możesz chcieć natychmiast ‘zablokować’ A w białym punkcie. Ale wtedy przegrasz! Jeśli odetniesz górną ścieżkę, A przemieści się do niżej położonej czarnej kropki, więc należy odciąć niższą ścieżkę. Ale wtedy poruszy się on po przekątnej w górę i spóźnisz się z odcięciem pozostałych dwu ścieżek prowadzących do Idola. I tak dalej. Jednakże, naprawdę masz *zwycięską strategię* przez pierwotne odcięcie jednej ze ścieżek na prawo, a następnie kolejne odcinanie ścieżek prowadzących do Idola, w zależności od tego, gdzie A będzie się poruszał.. Jeśli zrobisz to dobrze, czas będzie twym sprzymierzeńcem i w końcu doprowadzisz do tego, że Idol będzie nieosiągalny dla A. (Ale uważaj na ten długi bicz...)

Strategiczna interakcja jest typową domeną *teorii gier*. Rzeczywiście, jednym z najstarszych wyników w tej dziedzinie jest Twierdzenie Zermelo (1913), które powiada, że w grach

skończonych, podobnego rodzaju do przedstawionych powyżej, jeden z dwu graczy musi zawsze mieć *strategię wygrywającą*, tj. gwarantowaną metodę wygrania z przeciwnikiem. Sam Zermelo interesował się szachami, gdzie jego analiza pokazuje, że albo Białe mają strategię wygrywającą, albo Czarne mają strategię ‘nieprzegrania’. Niestety, wiek później, wciąż nie wiemy którą, gdyż pełne drzewo gry w szachy jest ogromnie rozłożyste. Twierdzenie Zermelo zostało ponownie odkryte przez jedyne go mistrza świata w szachach, jakiego wydał nasz kraj: rzeczywiście, Max Euwe opublikował ten sam wynik w 1929. Lecz prawdziwym patronem teorii gier jest John Nash, którego tragiczne życie zainspirowało film *A Beautiful Mind* (*Piękny umysł*).



Oczywiście, od czasu Nasha i jego poprzedników: von Neumanna oraz Borela, prawdziwa teoria gry również obejmuje *pożytki*, a także wyliczanie strategicznych równowag między graczami mającymi, z czasem, bardziej wyrafinowane cele niż tylko wygrywanie, czy przegrywanie. Cała ta dalsza struktura jest istotna dla zrozumienia wielo-agentowych interakcji, a płaszczyzny między polami poszerzają się. Na przykład, nowe niemieckie Centrum Heisenberga zajmuje się analizą teoretyczną *komunikacji językowej* w terminach teorii gier i jak znaczenia wyłaniają się między mówiącymi i słuchającymi jako stabilne ekwilibria w grach komunikacyjnych. Na ceremonii otwarcia, współ-laureat nagrody Nobla Reinhard Selten powiedział, że ostatnie zainteresowania John Nash’a skierowane były na język, podejmowanie decyzji oraz kognitywistykę.

Ten trend w kierunku umieszczania wielo-agentowych interakcji w centrum sceny można także zaobserwować w nowoczesnej logice, w badaniach tak różnorodnych zadań, jak argumentacja, czy konstrukcja, lub porównywanie formalnych modeli matematycznych. I na odwrót, współczesne systemy logiczne również zostają wykorzystane do analizy podstaw teorii gier. Tamże dostarczają dużo bogatszych modeli dla szczegółowych działań i deliberacji graczy niż proste ‘macierze’ von Neumanna i Morgensterna, które mogą wciąż przychodzić na myśl większości czytelników. Rzeczywiście, zeszłoroczny laureat nagrody Nobla z dziedziny ekonomii, Robert Auman, jest pionierem we wprowadzaniu technik z wyżej wzmiankowanej logiki epistemicznej w teorię gier.

W szczególności, w ostatnich latach, część akcentu została przesunięta z gier skończonych, które modelują skończone czynności, do nieskończonych gier ewolucyjnych, opisujących pewną stabilną praktykę w społeczności, o długim przebiegu czasowym. Takie analizy zostały zastosowane do populacji drapieżnik-ofiara w biologii, ale także do ewolucji współpracy w społeczeństwach ludzkich. Lecz stosują się też one bardzo dobrze do ‘systemu operacyjnego’ wywodzącego się z praktyk językowych lub logicznych. Bardziej z technicznego punktu widzenia, ta dłuższa perspektywa czasowa jest dobrze osadzona w tzw. dynamicznych i temporalnych logikach procesów nieskończonych w informatyce oraz semantyce gier dla współczesnej ‘logiki liniowej’.

**Nauka kognitywna.** Nasza prezentacja bieżących osiągnięć: matematycznych, logicznych i obliczeniowych, jest głównie a priori. Ale co ludzie *naprawdę* czynią w konwersacji, komunikacji czy grach? Na początku, w erze założycielskiej, taka empiryczna informacja była postrzegana jako nieistotna, ignorowana przez Fregego – właśnie wtedy, gdy psychologia stawała się interesująca. Do teraz, Tabu Fregego wypaliło się. Logicy są coraz bardziej zaintrygowani danymi z kognitywistyki o rzeczywistym wykonaniu, gdyż dane te są nie tyle zapisem ludzkich błędnych rozumowań, czy szaleństw, ile inspirującym zestawem stabilnych i efektywnych praktyk, które wymagają wyjaśnienia.

Rzeczywiście, inteligentna interakcja wydaje się, jak dotąd, cokolwiek zaniedbanym punktem skupienia w empirycznej kognitywistyce. Włączając świeżo nabyty i drogi magnes, można przestudiować mózgi poszczególnych obserwatorów, uczących się, rozumujących, i zmierzyć, co tam klika, wrze i migocze. Jednak tym, co często pozostaje poza zasięgiem, jest fakt, że najbardziej inteligentne czynności dotyczą zależności *kilku agentów*: mówiących i słuchających w konwersacji, studentów i nauczycieli w klasie, badaczy akademickich podczas seminarium, itp. Inteligencja nie jest jedynie indywidualnym, lecz też społecznym zjawiskiem!

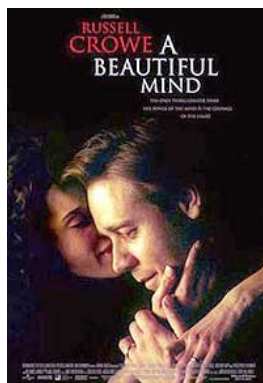
**Metafory i rzeczywistość.** W rezultacie, tłem, w jakim usytuowane są nowoczesnego badania logiczne, jest Trójkąt. Oczywiście, jest tam *teoria logiczna*, jest *rzeczywistość empiryczna* istniejącego rozumowania i praktyk uaktualniania, ale, intrygująco – jest również trzeci wierzchołek *zaprojektowanych nowych praktyk*, często wirtualnych, zwykle inspirowanych pomysłami komputerowymi. A pomysły mogą płynąć w sposób nieskrępowany między wszystkimi trzema punktami. Na przykład, nasze dynamiczno-epistemiczne logiki sugerują głębokie analogie pomiędzy *obliczaniem* a *konwersacją*. W tym świetle, wcześniej wspomniany wynik nierozstrzygalności planowania konwersacji *naprawdę* mówi tyle:

*Siła obliczeniowa grup agentów jest równa tej, jaką mają komputery uniwersalne!*

Tych czterech filozofów z płótna Rubensa konkuruje z maszyną Turinga opisaną wcześniej. Gdy już zda się sobie sprawę z tego, nasz widok zatłoczonych kafejek Paryża nigdy już nie będzie taki sam...

Ale metafory te nie pomagają nam jedynie reinterpretować rzeczywistość, lecz mogą również ją zmienić i wzbogacić. *E-mail* był jedną intrygującą praktyką społeczną, której źródłem jest obliczanie. Bardziej ambitny program badawczy zwany jest *społecznym software*: projekt nowych praktyk społecznych z wbudowaną metodologią logiczno-obliczeniową. Wymaga to zrozumienia algorytmów w warunkach niepewności w rodzaju opisanego wcześniej. Czy te odważne nowe praktyki 'zaskoczą', zależy znowu od kognitywistów.

Oto dobry przykład ciągłej zależności między staromodną a wirtualną rzeczywistością. Sylvia Nazar powiada, że John Nash naprawdę doceniał film *Piękny umysł*. Kiedy kilka lat temu powtórnie poślubił swoją żonę, z którą pozostawał wcześniej w separacji, udało mu się pocałować ją kilkakrotnie w trakcie najważniejszego momentu ceremonii. Zapytany: „Dlaczego?”, odpowiedział: „Jestem pewien, że Russell Crowe również próbował kilka razy tę scenę z Jennifer Conolly.” Pozostający wcześniej w samotności, Nash stał się systemem wielo-agentowym:



**Od bezpiecznych podstaw do dynamicznej naprawy.** Czas już zamknąć ten krąg prezentacji. Współczesna logika rozpoczęła swój wielki rozkwit w poszukiwaniu pewności absolutnej i bezpiecznych podstaw dla matematyki. Do teraz, jasnym stało się, że nie istnieją takie podstawy. Prawdziwa stabilność i powodzenie naszych praktyk kognitywnych musi sobie radzić z dynamicznymi sposobami oddziaływania, w których przetwarzamy informacje, i z jakością naszych mechanizmów adaptacyjnych dla korygowania przekonań, kiedy te stają się problematyczne. Logika nie jest zatem tylko strażnikiem wiecznego bezpieczeństwa w świecie, który został oczyszczony z wszelkich przeciwności. Traktuje tak samo o tym, jak korygujemy siebie, głównie we wzajemnej interakcji z innymi. Zatem logika jest raczej dynamicznym i społecznym *systemem odpornościowym umysłu*.

**Bibliografia.** Jest bardzo aktywna społeczność działająca na przecięciu się logiki, językoznawstwa, informatyki, sztucznej inteligencji i teorii gier, biorąca udział w wielu konferencjach takich, jak: LOCS, CSL, TARK, JELLA, LOFT, a od 15 lat w szkołach letnich Europejskiej ESSLLI (<http://www.folli.org>). Również bogate w informacje są dwie strony dotyczące logiki, gier i obliczeń Instytutu Logiki, Języka i Obliczeń w Amsterdamie <http://www.ilc.uva.nl/lgc/>, <http://www.ilc.uva.nl/GLoRiClass/>, czy Holenderskiego Instytutu Badań Zaawansowanych: [http://www.nias.knaw.nl/en/research\\_group\\_2006\\_07/nucleus/](http://www.nias.knaw.nl/en/research_group_2006_07/nucleus/).

Jest również kilka wiodących publikacji w tej dziedzinie:

- P. Adriaans & J. van Benthem, eds., 2007, *Handbook of the Philosophy of Information*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam.
- A. Baltag, L. Moss & S. Solecki, 1998, 'The Logic of Public Announcements, Common Knowledge and Private Suspicions', *Proceedings TARK 1998*, 43–56, Morgan Kaufmann Publishers, Los Altos. Many updated versions.
- J. van Benthem, 1996, *Exploring Logical Dynamics*, CSLI Publications, Stanford.
- J. van Benthem, 2005A, 'Open Problems in Game Logics', in S. Artemov et al., eds., *Essays in Honour of Dov Gabbay*, King's College Publications, London, 229–264. Available also on <http://staff.science.uva.nl/~johan/>
- B. de Bruin, 2005, *Explaining Games*, Dissertation, Institute for Logic, Language and Computation, Amsterdam, winner Praemium Erasmianum 2006.
- H. van Ditmarsch, W. van der Hoek & B. Kooi, 2007, *Dynamic Epistemic Logic*, Kluwer-Springer Academic Publishers, Dordrecht.
- European Science Foundation, 2006, 'Modeling Intelligent Interaction: Logic in the humanities, social and computational sciences', Strassbourg, Eurocores Project LogiCCC, <http://www.esf.org/>
- R. Fagin, J. Halpern, Y. Moses & M. Vardi, 1995, *Reasoning about Knowledge*, The MIT Press, Cambridge (Mass.)
- P. Gärdenfors & H. Rott, 1995, 'Belief Revision', in D. M. Gabbay, C. J. Hogger & J. A. Robinson, eds., *Handbook of Logic in Artificial Intelligence and Logic Programming 4*, Oxford University Press, Oxford 1995.
- W. van der Hoek & M. Pauly, 2006, 'Modal Logic and Game Theory', in P. Blackburn, J. van Benthem & F. Wolter, eds., *Handbook of Modal Logic*, Elsevier, Amsterdam, 1077 – 1148.
- R. Muskens, J. van Benthem & A. Visser, 1997, 'Dynamics', a chapter in J. van Benthem & A. ter Meulen, eds., *Handbook of Logic and Language*, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 587-648.
- M. Osborne & A. Rubinstein, 1994, *A Course in Game Theory*, The MIT Press, Cambridge (Mass.).
- R. Stalnaker, 1999, 'Extensive and Strategic Form: Games and Models for Games', *Research in Economics* 53:2, 93-291.