

ROZUMOWANIE WARUNKOWE W INTERPRETACJI TEORII MODELI UMYSŁOWYCH. PSYCHOLOGICZNE BADANIA EKSPERYMENTALNE

Robert Mackiewicz

Katedra Psychologii Eksperymentalnej, Katolicki Uniwersytet Lubelski, Lublin

1 WPROWADZENIE

1.1 *Obszar badawczy*

Ludwig Wittgenstein odprowadzał kiedyś swoją przyjaciółkę na dworzec kolejowy. Rozmawiali na peronie do ostatniej chwili. Kiedy pociąg już w zasadzie ruszał, Wittgenstein pośpiesznie pożegnał się z przyjaciółką i pobiegł za ostatnim wagonem. Udało mu się wsiąść do pociągu zanim nabrał on prędkości. Widzący całą scenę zawiadowca, podszedł do samotnej kobiety, aby ją pocieszyć: „Proszę się nie martwić, odjechał to wróci”. „Ależ pan nic nie rozumie - odpowiedziała przyjaciółka Wittgensteina - to ja miałam jechać tym pociągiem”. Anegdotę tę przytacza Johnson-Laird na początku jednej z prac poświęconych rozumowaniu [11]. Jak się zastanówić rozumowanie zawiadowcy ze stacji jest jak najbardziej prawidłowe. Jeżeli ktoś chce dogonić pociąg, to znaczy, że przyszedł na dworzec po to, aby tym pociągiem pojechać. W tym wypadku zawiadowca się jednak pomylił. Natrafił na roztargnionego filozofa, a nie na typowego pasażera.

W życiu codziennym przeprowadzamy tysiące rozumowań podobnych do tych, jakie przeprowadził zawiadowca z anegdoty o Wittgensteinie. Uznając pewne zdania za prawdziwe, dochodzimy do uznania za prawdziwe także zdań innych. Analizując to co mówią nam inni, staramy się dociec, czy ich argumenty rzeczywiście wynikają z zakładanych przesłanek. Praca ta jest właśnie poświęcona psychologicznej analizie rozumowania. Samo określenie „rozumowanie” kojarzy się z logiką i tam właśnie definiowane jest jako „czynność umysłu, która na podstawie zdań danych, będą-

cych punktem wyjścia rozumowania, szuka zdań innych, będących celem rozumowania, a połączonych ze zdaniem początkowym stosunkiem wynikania.” (Mała Encyklopedia Logiki). O ile jednak logika interesuje naturę związku pomiędzy przesłankami a wnioskiem, to psycholog zajmuje się raczej procesem przechodzenia od jednego do drugiego.

Przez ostatnie 30 lat psychologowie zgromadzili ogromną ilość danych na temat rozumowania. Pytania jakie stawiają sobie badacze można podzielić na trzy grupy. Pytania te mogą dotyczyć kompetencji dedukcji, źródeł błędów w rozumowaniu oraz wpływu treści przesłanek na proces i rezultaty dedukcji. W ciągu ostatnich lat jednym z najżywiej dyskutowanych zagadnień jest natura umysłowego algorytmu rozumowania. Można metaforycznie powiedzieć, że uformowały się dwa wrogie obozy wiodące ze sobą gorący spór. Jest to spór pomiędzy zwolennikami dwóch teorii – tak zwanej *teorii reguł* i *teorii modeli*. Przedstawiciele pierwszej z nich zakładają istnienie swoistych odpowiedników reguł logicznych, które miałyby być zapisane w naszym umyśle. Z kolei zwolennicy drugiej teorii twierdzą, że nie istnieje nic takiego jak logika umysłu. Ich zdaniem rozumowanie oparte jest o budowanie umysłowych modeli będących odpowiednikami analizowanych przez nas sytuacji. Wyciąganie wniosków to „odczytywanie” informacji zawartych w modelu oraz sprawdzanie czy nie istnieją jakieś sytuacje alternatywne.

1.2 *Główne hipotezy*

Celem tej pracy jest pokazanie fragmentu sporu pomiędzy teorią reguł i teorią modeli. Nie będę

jednak analizował wszystkich typów rozumowań, a jedynie ich część – tak zwane rozumowania warunkowe. Mam tu na myśli wszystkie takie sytuacje, w których co najmniej jedna z przesłanek ma postać logicznej implikacji, czyli formę „Jeżeli p , to q ”. Tak jak trudno wyobrazić sobie myślenia bez rozumowania, tak trudno jest wyobrazić sobie rozumowanie bez tego maleńkiego słówka „jeżeli”. Nawet rozumowanie zawiadowcy stacji z anegdoty o Wittgensteinie wymagało zrozumienia szeregu implikacji. Odkrycie sposobu w jaki rozumiemy implikację od lat zajmuje zarówno logików, jak i językoznawców oraz psychologów. Nic więc dziwnego, że Evans, Newstead i Byrne [9] w monografii poświęconej rozumowaniu poświęcają aż trzy rozdziały z dziewięciu właśnie rozumowaniom warunkowym.

Moja główna hipoteza brzmi następująco: rozumowanie warunkowe jest procesem semantycznym. Co znaczy, że opowiadam się po stronie teorii modeli. Równocześnie chcę zwrócić uwagę na jeszcze jeden aspekt badań nad rozumowaniem: rozumowanie warunkowe w pewnych okolicznościach staje się rozumowaniem probabilistycznym. Pozostając ciągle w ramach teorii modeli umysłowych, będę chciał udowodnić, że nie tylko budujemy modele odzwierciedlające to, co prawdziwe jest w danej sytuacji, ale równocześnie oceniamy na ile prawdopodobne są poszczególne sytuacje reprezentowane w tych modelach. Ten aspekt rozumowania, do tej pory zaniedbywany, wydaje się szczególnie istotny. W ten sposób, w jednej teorii psychologicznej, da się połączyć oddzielone do tej pory tradycje badawcze: badania nad rozumowaniem dedukcyjnym i badania nad rozumowaniem probabilistycznym. Jak się bowiem okazuje, różnica pomiędzy obydwoimi typami rozumowania jest raczej rezultatem przyzwyczajień badaczy niż realną różnicą w funkcjonowaniu umysłu.

Ograniczona pojemność tego tekstu nie pozwala mi oczywiście ani na pokazanie w jaki sposób obie konkurencyjne teorie wyjaśniają to w jaki sposób rozumujemy w oparciu o zdania warunkowe, ani też na prezentację wszystkich przeprowadzonych przeze mnie eksperymentów. W dalszej części skoncentruję się więc jedynie na pewnych wybranych aspektach. Moje badania należą do tak zwanej psychologii poznawczej – ta część psychologii nie tylko definiowana jest przez swój przedmiot - czyli ludzkie

poznanie, ale także przez specyficzny zbiór metod i założeń badawczych. Tak więc punkt następny (drugi) musi być wprowadzeniem w tę dziedzinę. Postaram się zrobić to w sposób jak najbardziej zwięzły, bez tego jednak dalsze rozważania pozostaną zawieszona w próżni. Kolejny punkt to nieco bardziej szczegółowa prezentacja teorii reguł i teorii modeli. Na koniec tego punktu przedstawię podstawowe założenia mojej „probabilistycznej” wersji teorii modeli. W punkcie czwartym zreferuję przeprowadzone przeze mnie eksperymenty.

2 PSYCHOLOGIA POZNAWCZA – NAUKA O SYMBOLACH UMYSŁOWYCH

Centralne założenie psychologii poznawczej w najlepszy sposób streszcza tak zwana *Hipoteza Fizycznego Systemu Symboli* [24] formułuje ją następująco:

„Fizyczny system symboli jest to system zdolny do odbierania, przekazywania, przechowywania i modyfikowania struktur symbolicznych.”

Idealnym przykładem takiego systemu dokonującego operacji na fizycznych symbolach są komputery. Psychologowie poznawczy, w dużej większości zakładają, że o umyśle można mówić jako o urządzeniu przetwarzającym symbole, bez względu na to jak te symbole są fizycznie realizowane. Mogą to być wyrażenia w języku programowania komputerów lub funkcje poszczególnych struktur mózgu. Zgodnie z panującym powszechnie w psychologii funkcjonalizmem badamy jedynie funkcje umysłu, nie jest więc istotne, jak poszczególne stany umysłu są realizowane.¹ Konsekwencją przyjęcia tego założenia jest stwierdzenie, że poszczególne stany umysłu są zorganizowane i następują po sobie zgodnie z pewnymi regułami [19]. Każda teoria wyjaśniająca działanie ludzkiego umysłu musi więc dać się przedstawić w postaci zbioru symboli i zasad przeprowadzania na nich operacji.

Podstawową metodą badawczą psychologii poznawczej jest budowanie tak zwanych modeli

¹ Istnieje jednak cała grupa badaczy, którzy przeciwstawiają się funkcjonalizmowi. Przykładem może być powstanie systemów równoległe – rozproszonych (tak zwanych PDP) wykorzystujących architekturę sieci neuronalnych w sztucznej inteligencji (McClelland i Rumelhart, 1986), czy też neurofilozofia (Churchland, 1986)

umysłu [20, 7]. Modele takie często przybierają formę symulacji komputerowych. Jeżeli zarówno stany początkowe jak i końcowe są takie same zarówno w przypadku zachowania się człowieka jak i funkcjonowania teoretycznie zdefiniowanego modelu, wtedy istnieje podstawa, aby traktować modele jako funkcjonalne odpowiedniki pracy umysłu. Jest to tak zwana hipoteza mocnej równoważności [19, 22].

Zgodnie z propozycją Marra [18], w psychologii poznawczej przyjmuje się istnienie trzech poziomów wyjaśniania funkcjonowania umysłu: poziom komputalny, poziom reprezentacji i algorytmu oraz poziom implementacji. Najbardziej ogólny opis funkcjonowania umysłu - opis na poziomie komputalnym - polega na podaniu stanów początkowych i końcowych opisywanego procesu. Teoria na poziomie algorytmicznym dostarcza dokładnych danych na temat specyfiki symboli umysłowych i operacji na nich przeprowadzanych. Z kolei najniższy poziom opisu - to podanie zasad implementacji postulowanych algorytmów w fizyczne wartości nośnika, a więc hardware komputera, czy strukturę neuronalną mózgu. Model umysłu sformułowany na poziomie komputalnym musi odpowiadać na trzy pytania: co przetwarza umysł?; jaki jest cel tych operacji?; jakie są ich ograniczenia? W przypadku teorii rozumowania oznaczać to będzie, że przeprowadzając rozumowanie dowolnego typu, umysł zaczyna od pewnych informacji wyjściowych - pochodzą one albo z percepcji, albo z wyobrażeń, albo z pamięci, albo, wreszcie, od eksperymentatora. Zadaniem osoby przeprowadzającej wnioskowanie jest ocena prawdziwości już podanego wniosku lub też wyciągnięcie wniosku, który dla danej osoby jest nowy i nietrywialny. Odpowiedź na pytanie, dlaczego ludzie popełniają takie a nie inne błędy, i to często w sposób systematyczny, może dać jednak jedynie teoria rozumowania sformułowana na poziomie algorytmicznym. Na tym poziomie teoria powinna specyfikować naturę symboli umysłowych, to jaka jest relacja pomiędzy nimi a światem zewnętrznym (semantyka), a także jakie są reguły ich łączenia i przetwarzania (syntaktyka). Na tym poziomie rozstrzyga się wybór formy reprezentacji dla danych wchodzących do systemu poznawczego i z niego wychodzących. O ile więc poziom komputalny dawałby odpowiedzi na pytania o zależności między zmiennymi, to dopiero na

poziomie algorytmicznym można dać odpowiedź na pytanie o *mechanizm* rozumowania

3 ALGORYTMICZNE TEORIE ROZUMOWANIA

Zanim przystąpię do prezentacji teorii reguł i teorii modeli, niech mi będzie wolno poprosić czytelników o rozwiązanie następującego zadania:

Założmy, że grasz w karty z Piotrem i masz dwie wskazówki odnośnie kart jakie ma on w ręku. Wiesz, że jedna z tych wskazówek jest prawdziwa a jedna fałszywa, ale, niestety, nie wiesz, która jest prawdziwa a która jest fałszywa.:

Jeżeli w ręku Piotra jest król, to jest w jego ręku as.

Jeżeli w ręku Piotra nie ma króla, to jest w jego ręku as.

Równocześnie wiesz na pewno, że

W ręku Piotra jest król.

Co można na pewno powiedzieć o kartach Piotra? Jeżeli to możliwe, proszę o zapisanie lub zapamiętanie odpowiedzi.

3.1 Teoria reguł

Jeżeli logika określa reguły wyciągania wniosków z przesłanek, nic nie stoi na przeszkodzie, aby twierdzić, że rachunek logiczny jest w jakiś sposób zapisany w umyśle. Tezę tę po raz pierwszy postawił Piaget [21]. Braine [3] twierdzi, że panuje zgodna wśród zwolenników teorii reguł, co do tego, że „logika umysłu musi składać się ze zbioru schematów wnioskowania razem z pewnego rodzaju podstawowym programem ich aplikacji.” Najpełniejsze wersje teorii reguł przedstawiają Braine i Romain [5], Braine i O'Brien [4] oraz Rips [24].

Zgodnie z główną tezą teorii reguł umysł jest „urządzeniem” dokonującym operacji na symbolach, w oparciu o zapisane w nim reguły. Rozważmy następujący przykład:

Skąd wiadomo, że poniższe wnioskowanie jest poprawne?

Jeżeli w ręku Piotra jest król, to jest w jego ręku as.

W ręku Piotra jest król

Więc:

W ręku Piotra jest as.

Wnioskowanie to jest przykładem znanego z logiki schematu Modus Ponens. W każdym systemie logiki umysłu zakłada się, że schemat ten ma swój odpowiednik w postaci pewnego umysłowego mechanizmu, który zostanie włączony, ilekroć przesłanki zostaną zidentyfikowane jako ten właśnie schemat. Najpierw przesłanki tłumaczone są na abstrakcyjne symbole umysłowe, które są w swej istocie podobne do zmiennych formalnych w językach programowania komputerów. Symbole te łączone są w umysłowe zdania, będące odpowiednikami zdań obecnych w przesłankach. Jeżeli tylko umysłowa reprezentacja tych zdań zostanie zinterpretowana jako implikacja i jej poprzednik, wtedy do symboli umysłowych odpowiadających przesłankom dołączone zostaje dodatkowe zdanie – wniosek. Etap ostatni to przetłumaczenie tego wniosku z abstrakcyjnego języka umysłu na wyrażenie języka potocznego. Procedura ta, skrótowo określana jest jako umysłowa reguła Modus Ponens. Nie oznacza to, że reguła Modus Ponens jest zapisana w umyśle tak, jak jest ona zapisana w podręczniku logiki. Jest to raczej pewien „mechanizm do wyciągania wniosków”, który włącza się w odpowiednich sytuacjach [17].

Rozumowanie, zdaniem przedstawicieli teorii reguł, to budowanie umysłowych dowodów wykorzystujących reguły podobne do przedstawionej wyżej reguły Modus Ponens [10]. Skąd się biorą błędy w rozumowaniu? Najczęściej mają one miejsce wtedy, gdy dowód umysłowy tworzony dla danej sytuacji problemowej w zbyt dużym stopniu obciąża pamięć pracującą. Dzieje się tak wtedy, gdy należy zastosować wiele reguł umysłowych lub wtedy, gdy przeprowadzanie dowodu wymaga wielu kroków. Wpływ na rezultaty naszego rozumowania mogą mieć także tak zwane czynniki pragmatyczne – na przykład błędne zrozumienie treści przesłanek.

3.2 Teoria modeli

Zdaniem przedstawicieli teorii modeli podstawowy mechanizm rozumowania to budowanie umysłowych modeli będących przedstawieniem danej sytuacji oraz wyciąganie wniosków na podstawie elementów obecnych w modelu [12]. Teoria modeli jest więc nie tylko teorią rozumowania, ale także teorią rozumienia. Załóżmy, że jedną z przesłanek w jakimś problemie jest następujące zdanie:

Albo gracz ma króla w ręku, albo ma on w ręku asa.

Jest to tak zwana alternatywa rozłączna. Zrozumienie tego zdania wymaga uświadomienia sobie, że w ręku gracza nie mogą być obecne równocześnie król i as. Symbolicznie można to przedstawić w następujący sposób:

król
as
...

Pierwsza linijka oznacza model sytuacji „gracz ma w ręku króla”, druga model sytuacji „gracz ma w ręku asa”. Wielokropek w ostatniej linijce oznacza tak zwany model implicite, czyli istnienie także innych sytuacji zgodnych z analizowanym zdaniem, o których wiedza jest jak na razie ukryta. W modelu obecne są tylko elementy bezpośrednio wymienione w przesłankach. Na przykład, do zrozumienia implikacji: „Jeżeli Piotr nie ma w ręku króla, to ma też w ręku asa” wystarczy utworzenie tylko jednego modelu, zawierającego równocześnie króla i asa. Model taki symbolicznie można przedstawić w sposób następujący:

\neg Król As

Symbol „ \neg ” oznacza, że dany element został w modelu zanegowany

Wiadomo jednak, że nie jest to jedyna sytuacja, w której przedstawiona wyżej implikacja jest prawdziwa – na przykład wtedy, gdy zarówno poprzednika jak i następnik implikacji są zanegowane. Ta właśnie możliwość istnienia innych sytuacji została umownie określona jako tak zwane modele implicite. W praktyce jednak bardzo często osoby badane zapominają o istnieniu tych sytuacji i swoje rozumowanie opierają wyłącznie o informacje zawarte w modelu początkowym.

Teoria modeli znajduje ostatnio coraz większe zastosowanie w wyjaśnianiu różnego typu zjawisk związanych z rozumowaniem. Dość wspomnieć tu badania nad rozwiązywaniem sylogizmów rozumieniem relacji przestrzennych i czasowych, a także rozumowanie probabilistyczne i indukcyjne. Przystępne, a zarazem krótkie wprowadzenie w tę teorię oraz lista publikacji dostępne są w internecie: http://www.tcd.ie/Psychology/Ruth_Byrne/mental_models/.

Wróćmy jednak do problemu przedstawionego na początku punktu 3. Zgodnie z teorią mo-

deli rozwiązywanie tego zadania polega na zbudowaniu umysłowych modeli dwóch implikacji. Modele te można symbolicznie przedstawić jako:

Król As
– Król As

Dodanie przesłanki kategoryjnej „Piotr ma króla” sprawia, że większość osób eliminuje model drugi i wyciąga wniosek „Piotr ma asa” ponieważ i król i as obecne są w modelu, który pozostał. Odpowiedź taka jest niezwykle powszechna, choć jest nieprawidłowa. Np. Vittorio Girotto (informacja ustna) poprosił by zadanie to zostało dołączone do egzaminu wstępnego na uniwersytecie w Padwie. Jedyne 2% zdających podało poprawną odpowiedź „Piotr nie ma asa”. Odpowiedź ta jest na tyle nieprawdopodobna, że całe zjawisko zyskało miano wniosku iluzorycznego – osoby badane popełniają błąd i z reguły nie są w stanie go znaleźć. Z reguły dopiero analiza tablicy prawdziwości pozwala dojść do tego, że przypadek w którym Piotr nie ma asa jest jedyną sytuacją, w której nie ma sprzeczności. Błąd najczęściej tkwi w zapominaniu, że obie implikacji połączone są dysjunkcją. Oznacza to, że gdy jedna jest prawdziwa, drugi musi być fałszywa. Widać to wtedy, gdy utworzy się wszystkie modele dla tego zadania: Jednak ograniczenia w przetwarzaniu informacji w pamięci pracującej z reguły nie pozwalają na równoczesną analizę tak wielu przypadków [1] 1986). Samo pojęcie iluzorycznych rozumowań wprowadzili Johnson-Laird i Savary [13]. Więcej o iluzorycznych rozumowaniach oraz o dyskusji wokół nich można także znaleźć w mojej innej pracy [16].

3.3 *Probabilistyczna teoria modeli*

Zgodnie z moją główną hipotezą rozumowanie warunkowe polega na budowaniu modeli umysłowych oraz ocenie prawdopodobieństwa ich występowania. W przykładzie z kartami w ręku Piotra nie da się wyjaśnić powszechności błędu bez odwołania się do semantycznego charakteru reprezentacji poznawczych. Innymi słowy, błąd bierze się stąd, że symbole umysłowe „zawierają” w jakiś sposób znaczenie przesłanek i nie mogą być puste, tak jak to postuluje teoria reguł. Moim zdaniem jednak, kiedy przeprowadzamy rozumowanie nie tylko budujemy modele przesłanek, ale także oceniamy na ile te modele są

prawdopodobne. Stąd też proponuję sformułowanie swoistej probabilistycznej wersji teorii modeli. Założenia tej teorii można przedstawić najkrócej w postaci następujących postulatów:

Postulat 1: Umysłowy mechanizm rozumowania dedukcyjnego i probabilistycznego jest taki sam – budowanie modeli i ocena ich prawdopodobieństwa.

Postulat 2: Przeprowadzając rozumowania warunkowe, ludzie biorą pod uwagę prawdopodobieństwo występowania elementów obecnych w sytuacji problemowej.

Postulat 3: Prawdopodobieństwo to jest uwzględniane albo już na etapie budowania modeli, gdzie zmienne treściowe i kontekstowe mają zasadniczy wpływ na to, jaki model dla danej sytuacji zostanie zbudowany, albo też na etapie wyciągania wniosków. W tej drugiej sytuacji osoby badane biorą pod uwagę szansę pojawienia się sytuacji, odpowiadających zbudowanym przez nich modelom w znanym im świecie

4 EKSPERYMENTY²

4.1 *Piotr i Ewa*

4.1.1 *Metoda badawcza*

Tytuł tego eksperymentu bierze się o imion bohaterów występujących we wnioskowaniach, których poprawność oceniały osoby badane. W eksperymencie tym zweryfikowana została hipoteza szczegółowa mówiąca, że podczas przeprowadzania rozumowań, osoby badane nie tylko będą budować semantyczne modele danej sytuacji problemowej, ale także będą oceniać prawdopodobieństwo zajścia sytuacji modelowanych w znanym i świecie. W eksperymencie tym zostało wykorzystane zadanie „błąd koniunkcji” tradycyjnie wykorzystywane w badaniach nad rozumowaniem probabilistycznym [15].

„Piotr ma 34 lata. Jest inteligentny, ale bez wyobraźni, kompulsywny i bez iskry życiowej. W szkole był silny w matematyce, lecz słaby w naukach humanistycznych i społecznych”

² Z powodu ograniczonego miejsca wszystkie eksperymenty przedstawiam w sposób jak najbardziej ogólny.

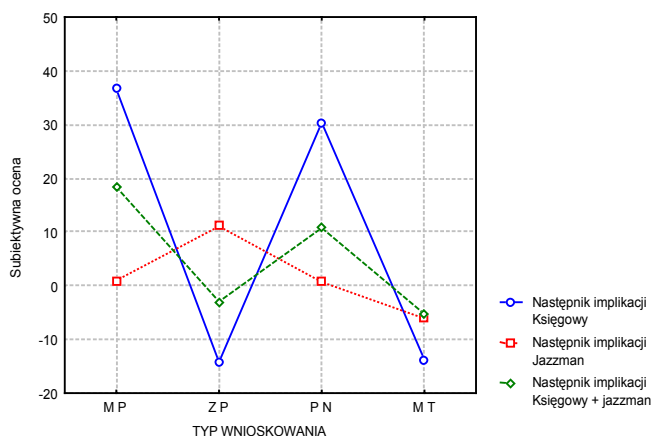
Zadaniem osób badanych jest ustawienie następujących zdarzeń od najmniej do najbardziej prawdopodobnego:

- Piotr jest księgowym,
- Piotr gra jazz jako hobby,
- Piotr jest księgowym i gra jazz jako hobby.

Zgodnie z proponowaną probabilistyczną wersją teorii modeli osoby badane, rozwiązując to zadanie, przeprowadzają rozumowania typu: „Jeżeli opis osobowości Piotra jest prawdziwy, to jest on księgowym”. W eksperymencie więc poprosiłem więc 77 studentów trzech pierwszych lat psychologii KUL o ocenę na ile tego typu rozumowania (w sumie było 12 rodzajów) są poprawne. Oceny wyrażane były za pomocą zaznaczenia siły przekonania na ciągłej osi narysowanej na arkuszu odpowiedzi.

4.1.2 Zastosowane statystyki oraz wyniki

Eksperyment został zaprojektowany tak, aby umożliwić obliczanie analizy wariancji z powtarzalnymi pomiarami [6]. Ponieważ jednak nie spełnione zostały założenia jednorodności wariancji w grupach i symetrii macierzy kowariancji, do weryfikacji hipotez wykorzystana została metoda nieparametryczna – test Friedmana dla $k > 2$ grup danych zależnych. Wyniki eksperymentu dla przedstawionego wyżej problemu Piotra przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Wyniki dla eksperymentu Piotra. Typ wnioskowania oznacza rodzaj wnioskowania, którego poprawność oceniali badani. MP – Modus Ponens, ZP – Zaprzeczenie poprzednika, PN – Potwierdzenia Następnika, MT – Modus Tollens. Wnioskowania te zdefiniowane zostały w Aneksie. Subiektywna ocena tu odległość w mm od lewego końca skali, na której badani zaznaczali swoje odpowiedzi.

Wnioskowania pozytywne (Modus Ponens i Potwierdzenie Następnika) miały różny stopień akceptacji w zależności od treści implikacji. Dla

danych przedstawionych na rysunku 1 uzyskano statystycznie istotne różnice dla obu tych wnioskowań ($\chi^2=28,79$, $df=2$, $p=0,00001$ dla wnioskowań Modus Ponens i $\chi^2=15,59$, $df=2$, $p=0,0004$ dla Potwierdzenia Następnika). Wnioskowania negatywne - Modus Tollens i Zaprzeczenie Poprzednika - były raczej oceniane jako w małym stopniu niepoprawne lub też badani twierdzili, że trudno jest zweryfikować ich poprawność. Otrzymane różnice dla tych wnioskowań okazały się statystycznie nieistotne dla różnych treści przesłanek. Różnice dla różnych rodzajów sylogizmów, przy tej samej treści przesłanek, były statystycznie istotne dla wszystkich przypadków (z prawdopodobieństwami od 0,000001 do 0,002 w rangowej analizie wariancji Friedmana). Podobnie wyglądało odpowiedzi osób badanych w przypadku drugiego zadania, które dotyczyło „koleżanki” Piotra Ewy.

Eksperyment ten pokazał, że heurystyka reprezentatywności ma wpływ na wnioskowania pozytywne, a nie ma wpływu na wnioskowania negatywne. Wniosek taki jest zgodny z postulowaną wyżej oceną prawdopodobieństwa w modelach umysłowych. Budując modele danej sytuacji, badani równocześnie oceniają szanse na to, że dany model jest prawdziwy. Tak więc, w przypadku Piotra za najbardziej prawdopodobny model uznają oni ten, w którym Piotr jest księgowym, za mniej prawdopodobny ten, w którym jest on księgowym i równocześnie gra jazz, a za najmniej prawdopodobny model, w którym Piotr jest tylko jazzmanem. Im bardziej prawdopodobny jest dany model, tym większe są szanse na jego wystąpienie w „rzeczywistości”.

4.2 Eksperymenty Figury i kolory.

W tych eksperymentach osoby badane oceniały prawdopodobieństwo pojawiania się różnego typu kolorowych figur na monitorze komputera. Ponieważ jednak sama procedura badawcza była dosyć skomplikowana, więc ją w tym miejscu pominię. Generalnie eksperyment ten wykorzystywał nowy paradygmat badawczy zaproponowany w badaniach Evansa, Ellisa i Newsteada [8]. W eksperymencie tym potwierdzone zostały trzy hipotezy szczegółowe:

- Weryfikacja reguł prawdziwych jest trudniejsza niż weryfikacja reguł fałszywych.
- Implikacja jest uznawana za prawdziwą, gdy nie ma dostępnych kontrprzykładów, jednak

gdy takie przykłady istnieją osoby badane będą raczej zawieszały ocenę prawdziwości niż uznawały implikację za fałszywą.

3 Ocena prawdziwości reguł zawierających negację jest trudniejsza niż reguł nie zawierających negacji

Wskaźnikami zmiennych zależnych były subiektywne oceny prawdopodobieństwa różnego typu zdarzeń oraz czas reakcji. Do weryfikacji hipotez użyto analizy wariancji z powtarzalnymi pomiarami (dla czasów reakcji) oraz testu Friedmana dla $k > 2$ grup zależnych (dla subiektywnych ocen prawdopodobieństwa). W celu uzyskania jednorodności wariancji w grupach czasy reakcji poszczególnych osób zostały zlogarytmizowane. Dokonana też została analiza efektów prostych, z których te istotne dla udowodnienia głównych hipotez pracy okazały się istotne na poziomie $\alpha < 0,05$.

4.3 Wnioskowania iluzoryczne

Wcześniej w tej pracy przedstawiłem problem „kart w ręku Piotra”. Omawiając krótko teorię modeli pokazałem dlaczego zdecydowana większość osób badanych wyciąga błędny wniosek. Zgodnie z moją wersją teorii modeli, każda manipulacja eksperymentalna prowadząca do uznania obu modeli za mniej prawdopodobne powinna spowodować zawieszenie błędnej konkluzji. W serii eksperymentów manipulowałem systematycznie kontekstem i treścią przesłanek, nie zmieniając jednocześnie logicznego charakteru zadania. W sumie przebadane zostało 280 osób, których zadanie polegało na podawaniu odpowiedzi w różnych wersjach tego problemu. Do obliczeń została użyta procedura analizy – log liniowej. Technika ta często stosowana jest w badaniach socjologicznych, choć w psychologii wykorzystywana jest raczej rzadko. Poniżej przedstawię dokładniej jeden z eksperymentów z tej serii.

4.3.1 Procedura badawcza w eksperymencie Piotr i wuj

W przedstawionej wyżej wersji problemu Piotra badani mieli do czynienia z takimi samymi wskazówkami:

Jeżeli król, to as

Jeżeli nie ma króla, to as

W tym eksperymencie oprócz tej pary implikacji użyte zostały również :

Jeżeli podrapię się w nos to mam asa”.

Jeżeli nie podrapię się w nos, to mam asa.

Tak więc pierwszą zmienną niezależną była treść przesłanki. Drugą zmienną niezależną była osoba, której dotyczyło zadanie. W połowie przypadków był to wymieniony wyżej Piotr, a w połowie przypadków rubaszny wuj o imieniu Leon.

Ponieważ obie zmienne niezależne są jakościowymi zmiennymi dwuwartościowymi, w ostatecznym rezultacie powstają cztery różne, choć logicznie tożsame, problemy iluzoryczne. Dwa z nich dotyczyć będą Piotra: jeden w wersji „Jeżeli Piotr ma / nie ma króla...” (ponieważ jest to predykat pasywny nazwałem ten typ problemu w skrócie *Piotr Pasywny*), drugi w wersji „Jeżeli Piotr podrapie się / nie podrapie się w nos ...” (Tę wersję nazwałem *Piotr Aktywny*) Dwa następne dotyczyły wuja i podobnie mogą one zawierać predykat pasywny (w skrócie problem taki został określony jako *Wuj Pasywny*) lub aktywny (*Wuj Aktywny*). Podsumowanie manipulacji zmiennymi niezależnymi w tym eksperymencie przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Manipulacja zmiennymi niezależnymi (kontekst i treść) w eksperymencie „Piotr i Wuj”.

| Kontekst prezentacji | Treść problemu | |
|----------------------|---------------------------------|--|
| | król w ręku / brak króla w ręku | drapanie się w nos / niedrapanie się w nos / |
| Piotr | Piotr Pasywny | Piotr Aktywny |
| Wuj | Wuj Pasywny | Wuj Aktywny |

W eksperymencie tym wzięły udział cztery grupy osób badanych po czterdzieści osób w każdej z nich. Ich zadaniem było rozwiązanie jednego z problemów przedstawionych w tabeli 1. Wszyscy badani rozwiązywali tylko jeden problem. Ponieważ były cztery problemy więc badani zostali przydzieleni losowo do tych grup.

4.3.2 Zastosowane statystyki oraz wyniki.

Zmienną zależną w tym eksperymencie są częstości z jakimi wybierane są poszczególne odpowiedzi. Ponieważ każdy rozwiązuje tylko jeden problem, liczba osób równa jest sumie wszystkich zebranych odpowiedzi. Daje to w sumie 160 wyników poklasyfikowanych w zależności od dwóch kryteriów na cztery gru-

py. Liczebności dla wszystkich typów odpowiedzi przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Częstość odpowiedzi uzyskana w eksperymencie „Piotr i Wuj”.

| Wybrana odp | Eksperyment | | | |
|--------------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| | Pasywny Piotr | Pasywny Wuj | Aktywny Piotr | Aktywny Wuj |
| a) as | 20 | 18 | 11 | 8 |
| b) nie ma asa | 1 | 4 | 1 | 5 |
| c) może mieć asa lub nie | 19 | 18 | 28 | 27 |

Analiza statystyczna otrzymanych wyników przeprowadzona została w formie analizy log - liniowej. Stosując język analizy wariancji można powiedzieć, że za rozkład danych przedstawionych w tabeli 2 „odpowiedzialne” są trzy czynniki:

- *treść reguły* jaka prezentowana jest badanym (albo dotyczy ona kart, albo drapania się w nos) - czynnik ten nazwę w skrócie *Reguła (R)*.
- *kontekst* w jakim pojawia się zadanie - ponieważ chodzi o przeciwnika w grze w karty (Piotr lub wuj), czynnik ten nazwę w skrócie *Przeciwnik (P)*
- *rodzaj odpowiedzi* wybranej przez osobę badaną - czyli czy wybrana została odpowiedź Piotr lub Wuj ma asa; nie ma asa; nie można stwierdzić czy ma asa. Czynniki ten nazwę w skrócie *Odpowiedź (O)*.

Założenia analizy logarytmiczno – liniowej i procedurę obliczeniową przedstawiają między innymi Bakeman i Robinson [2]. Kolejne kroki tej analizy przedstawione, wraz z wartościami współczynnika dopasowania L^2 przedstawione są w tabeli 3.

Tabela 3. Kolejne kroki analizy log-linearnej w eksperymencie „Piotr i Wuj”. Wartości istotne na poziomie 0,05 zostały wytłuszczone.

| No | Testowany model | L^2 | df | Usunięte terminy | delta L^2 | delta df |
|----|-----------------|----------------|----|------------------|--|----------|
| 1 | {RPO} | 0 | 0 | - | - | - |
| 2 | {PO, RO} | 0,1547 | 3 | RP | 0,1547 | 3 |
| 3a | {RO} | 4,5982 | 6 | PO | 4,4435 | 3 |
| 3b | {PO} | 9,9290 | 6 | RO | 9,7743 | 3 |
| 4 | {R, P, O} | 14,3724 | 7 | PO,RO | 4,5981 (4 - 3b) 9,7742 (4-3a) | 1 1 |

Treść przesłanek odgrywa istotną rolę w skłonności do popełniania błędów w zadaniach iluzorycznych. Okazuje się, że to czego dotyczy reguła warunkowa jest ważne dla

sposobu rozwiązywania zadania. Liczba tych, którzy wyciągają iluzoryczne wnioski jest wyższa w tych grupach, gdzie wskazówki dotyczą kart trzymanyh w ręku Piotr lub wuja, niż w grupach, gdzie wskazówki dotyczą drapania się w nos przez któregokolwiek z nich. Różnica pomiędzy kontekstem, w jakim prezentowano zadania (Piotr lub wuj) okazała się z kolei możliwa do zaniedbania. Być może wprowadzenie realnego oponenta na tyle istotnie zmienia zadanie, że dalsze manipulacje tą zmienną nie wnoszą już nic nowego.

Johnson-Laird i Savary [14] twierdzą, że wnioskowania iluzoryczne są tak powszechnie, iż niezmiernie rzadko zdarza się uzyskanie innych odpowiedzi niż „as” w problemie „kart w ręku Piotra”. Przedstawiony wyżej eksperyment, tak jak i trzy pozostałe z tej grupy, świadczą, że nie zawsze musi być to prawda. Jedyne w abstrakcyjnych warunkach badania wyciągali iluzoryczne wnioski zdecydowanie częściej, niż byli niezdecydowani. Im bardziej realne stawało się zadanie, tym części twierdzili oni, że z prezentowanych przesłanek nic nie wynika.

Istnienia iluzorycznych wnioskowań nie da się wyjaśnić bez odwołania się do modelowej reprezentacji sytuacji problemowych. Problemy takie jak przedstawiony wyżej problem „kart w ręku Piotra” powstają dlatego, że badani koncentrują się tylko na tym, co prawdziwe w przedstawionych im wskazówkach. Przeprowadzone przez mnie eksperymenty nad iluzorycznymi wnioskowaniami wprowadzają zupełnie nowy i niezmiernie istotny aspekt. Pokazują one, że iluzoryczne wnioski mogą zostać zawieszane. To kiedy taka sytuacja nastąpi jest jedynie wynikiem tego w jakim kontekście prezentowane są przesłanki oraz jaka jest ich treść. To właśnie te dwa czynniki decydują o tym, na ile prawdopodobne wydają się badanym prezentowane im sytuacji. O ile więc iluzji w rozumowaniu warunkowym, nie da się wyjaśnić inaczej, jak tylko poprzez odwołanie się do modeli umysłowych, to jednak dopiero w wersji proponowanej w tej pracy - zakładającej równoczesną ocenę prawdopodobieństwa budowanych modeli - można wyjaśnić dlaczego w pewnych sytuacjach wnioskowania iluzoryczne zostają zawieszane.

5 ZAKOŃCZENIE

Celem mojej pracy było pokazanie, że rozumowanie jest procesem semantycznym. Równocześnie chciałem pokazać, że rozumowanie warunkowe, choć tradycyjnie uważane za rodzaj dedukcji, przez ludzi często jest traktowane jako rozumowanie probabilistyczne. Tak więc tradycyjny podział dedukcja – indukcja, choć użyteczny w logice, jak w praktyce abstrakcyjny. Nasz umysł wszystkie zadania traktuje tak samo – budujemy modele będące odzwierciedleniem otaczającego nas świata i oceniamy na ile prawdopodobne jest zajście podobnych sytuacji w znanej nam rzeczywistości.

Ludzie są więc są racjonalni co do zasady. Potrafią tworzyć modele adekwatne do zastanej sytuacji problemowej. Są w stanie analizować istnienie kontrprzykładów dla stawianych przez siebie tez. Potrafią też ocenić prawdopodobieństwo wystąpienia poszczególnych modeli. W większości przypadków są w stanie ocenić czy wyciągane przez nich konkluzje są prawdziwe czy nie. Potrafią też stwierdzić jaka jest szansa na to, by analizowane przez nich sytuacje rzeczywiście wydarzyły się w znanym im świecie. Mimo tego wszystkiego można powiedzieć, że jesteśmy racjonalni jedynie co do zasady, a błądzimy w praktyce. Ograniczenia pamięci pracującej i swoista ekonomia poznawcza nie pozwalają nam na analizowanie wszystkich możliwych modeli dla danej sytuacji problemowej. Stąd też bierzemy głównie pod uwagę jedynie sytuacje prawdziwe. To jednak co przynosi korzyści jeżeli chodzi o szybkość i giętkość rozumowania, nie zawsze musi być równie korzystne z punktu widzenia logicznej poprawności. Często potrzebujemy normatywnych teorii rozumowania, aby sprawdzić zasadność naszych rozumowań praktycznych. Jednak mechanizm funkcjonowania umysłu jest na tyle bogaty, że potrafimy takie teorie wymyślić, wtedy gdy ich potrzebujemy

ANEKS

Typy wnioskowań wykorzystane w eksperymencie Piotr i Ewa oraz w eksperymentach *Figury i Kolory*.

Modus Ponens (MP): Jeżeli P to Q i P . Więc: Q .

Modus Tollens (MT): Jeżeli P to Q i $nie Q$. Więc:

$nie P$.

Potwierdzenie Następnika (PN): Jeżeli P to Q i Q .

Więc: P .

Zaprzeczenie Poprzednika (ZP): Jeżeli P to Q i $nie P$.

Więc: $nie Q$.

Dwa pierwsze rozumowania są poprawne dla implikacji materialnej i równoważności, rozumowania PN i ZP są poprawne jedynie dla równoważności.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Baddeley, A. (1986) *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- 2) Bakeman, R., Robinson, B.F. (1994) *Understanding log-linear analysis with ILOG*. Hove, UK: Erlbaum.
- 3) Braine, M.D. (1994) Mental logic and how to discover it. [w:] J. Macnamara, E.R. Gonzalo (red.), *The logical foundations of cognition*. New York: Oxford University Press.
- 4) Braine, M.D., O'Brien, D.P. (1991) A theory of if: Lexical entry, reasoning program and pragmatic principles. *Psychological Review*, 98, 182-203.
- 5) Braine, M.D., Rumin, B. (1983) Logical reasoning. [w:] J.H. Flavell, E.M. Markman, (red.), *Handbook of child psychology: Cognitive development* (Tom 3, wyd. 4). New York: Wiley.
- 6) Brzeziński, J. Stachowski, R. (1984) *Zastosowanie analizy wariancji w eksperymentalnych badaniach psychologicznych*. Warszawa: PWN.
- 7) Chlewiński, Z. (1999) *Modele umysłu*. Warszawa: PWN.
- 8) Evans, J.St., Ellis, C.E., Newstead, S.E. (1996). On the mental representation of conditional sentences. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49A, 1086-1114.
- 9) Evans, J.St., Newstead, S.E., Byrne, R.M. (1993) *Human reasoning: The psychology of deduction*. Hove: Erlbaum.
- 10) Jaśkowski, S. (1934) On the rules of suppositions in formal logic. *Studia Logica*, 1, 5-32.
- 11) Johnson-Laird, P.N. (1993a) *Human and machine thinking*. Hove, UK: Erlbaum.
- 12) Johnson-Laird, P.N., Byrne, R.M. (1991) *Deduction*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- 13) Johnson-Laird, P.N., Savary, F. (1996). Illusory inference about probabilities. *Acta Psychologica*, 93, 69-90.
- 14) Johnson-Laird, P.N., Savary, F. (1999) Illusory inferences: a novel class of erroneous deductions. *Cognition*, 71, 191-229.
- 15) Kahneman, D., Slovic, P., Tversky, A. (red.) (1982) *Judgement under uncertainty: heuristics and biases*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- 16) Mackiewicz, R. (1999) Iluzoryczne wnioskowania – czyli o zaskakujących konsekwencjach teorii modeli umysłowych. *Czasopismo Psychologiczne*, 5, 91-99.
- 17) Macnamara, J. (1993) *Logika i psychologia. Rozważania z pogranicza nauk*. Warszawa: PWN.
- 18) Marr, D. (1982) *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. San Francisco: Freeman.
- 19) Najder, K. (1989) *Reprezentacje i ich reprezentacje*. Wrocław: Ossolineum.
- 20) Nosal, Cz. (1990) *Psychologiczne modele umysłu*. Warszawa: PWN.

- 21) Piaget, J. (1953) *Logic and psychology*. Manchester: Manchester University Press.
- 22) Pylyshyn, Z. (1984) *Computation and cognition*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 23) Rips, L.J. (1994) *The psychology of proof: Deductive reasoning in human thinking*. Cambridge, MA: MIT Press.
- 24) Simon, H.A. (1990) Invariants of human behavior. *Annual Review of Psychology*, 41, 1-19.