

Wprowadzenie do logiki

Klasyfikacje rozumowań, logicyzm, dedukcja

Mariusz Urbański

Wydział Psychologii i Kognitywistyki UAM
Mariusz.Urbanski@amu.edu.pl

Do jednej z dwu szklanek z mlekiem pochodzącym od tej samej krowy dodano łyżkę kwaśnej śmietany, do drugiej zaś nie. Stwierdzono po pewnym czasie, że mleko w pierwszej szklance zsiadło się, a w drugiej nie. Na skwaśnienie mleka miała wpływ przyczynowy domieszka kwaśnej śmietany.

Każdy ssak jest żyworodny, a każdy wieloryb jest ssakiem. Więc wieloryby są żyworodne.

Światło w pokoju nagle zgasło, choć nikt nie dotykał wyłącznika. Na pewno żarówka się przepaliła.

Ponieważ wszystko, co jest oznaczone liczbą 13 przynosi nieszczęście, a Piotr zdaje egzamin 13-go, więc Piotr nie zda egzaminu.

Skoro padał przed chwilą deszcz, więc ulica jest mokra.

Basia i Stasia są bliźniaczkami. Basia ma sweterek w niebieskie prążki i Stasia ma sweterek w niebieskie prążki. Basia ma żółtą, wełnianą czapkę i Stasia ma żółtą, wełnianą czapkę. Basia ma rękawiczki na sznurkach i Stasia ma rękawiczki na sznurkach. Kunegunda zauważyła wczoraj, że Basia ma nowe buty z brązowej skóry. Stasia z pewnością też ma nowe buty z brązowej skóry.

Jeśli Jan nie będzie systematycznie grał na loterii, to nie wygra. Jeśli Jan będzie systematycznie grał na loterii, to musi znaleźć dodatkowe źródło dochodów. Jeśli Jan nie wygra na loterii, to musi znaleźć dodatkowe źródło dochodów. A zatem Jan musi znaleźć dodatkowe źródło dochodów.

Każdy facet myśli tylko o jednym, tak? A Stefan jest facetem, tak? No to jasne, o czym myśli Stefan!

- Czym jest rozumowanie?
- Czym jest wnioskowanie?
- I czym różnią się od siebie?
- Czym są ich składniki – przesłanki i wniosek?
- Jakie własności rozumowań i wnioskowań oraz ich składników warto uznać za interesujące?
- Jakie są ich rodzaje?
- Jak naprawdę rozumiemy? – założenie o zamkniętym świecie.
- Co na to psychologia rozumowań?

Czym jest rozumowanie – kogo to obchodzi?

- psychologa (takiego poznawczego) – jako jeden z trzech obszarów złożonej aktywności poznawczej (obok rozwiązywania problemów i podejmowania decyzji, przy czym nie jest to podział logiczny), z perspektywy opisowej i preskryptywnej;
- logika – także, ale z perspektywy normatywnej i preskryptywnej (ewentualnie);
- teoretyka argumentacji (praktyka zresztą też) – jako narzędzie działania, więc znów z perspektywy opisowej i preskryptywnej;
- kognitywistę (wyidealizowanego) – z każdego z wymienionych względów.

Czym jest rozumowanie?

Nęcka *et. al.* [17]

Rozumowanie jest procesem formułowania wniosku na podstawie przesłanek, czyli z wykorzystaniem uprzednio nabytej lub powszechnie dostępnej wiedzy.

Czym jest rozumowanie?

Kotarbiński [13]

Rozumowanie [to] „przechodzenie” od jednych sądów do innych. Obejmuje to i przeżywanie całości wypowiedzi w konstrukcjach zdaniowych [...], i przeżywanie kolejnych sądów (przekonań), tworzących łańcuch, niewypowiedzalny w zdaniu jako całość.

Ajdukiewicz [2]

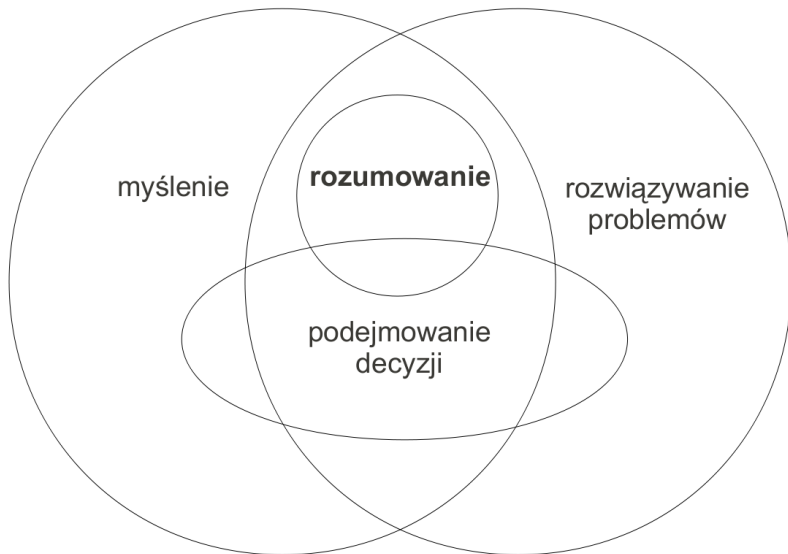
Proponujemy zaliczać do rozumowań (1) wszelkie procesy inferencji [czyli wnioskowania], (2) procesy wyprowadzania, czyli inferencji „na niby”, (3) procesy rozwiązywania zadań i zagadnień myślowych dokonywane przy użyciu inferencji lub wyprowadzania.

Czym jest rozumowanie?

Kurtz, Gentner, Gunn [14]

Human reasoning can be broadly described as a set of cognitive processes by which people take an initial set of information and generate inferences that extend beyond the original data. In this sense, the expectations, generalizations, and assertions people reach in interpreting events and situations can all be considered the result of reasoning. The inferences people produce can range from conclusions justified by formal procedures to sketchy hunches supported by varying degrees of evidence. Reasoning ranges from the really „hard” thinking it takes to formulate an answer to a difficult question or resolve a complex situation to the nearly automatic inferences and predictions that occur in the planning and execution of everyday activities. Reasoning is multifaceted, ubiquitous, and fundamental to human cognition.

O czym rozmawiamy? (Nęcka *et al.* [17, s. 443])



Czym są procesy inferencji (wnioskowania)?

Ajdukiewicz [1]

[Wnioskowanie to] proces myślowy, w którym na podstawie mniej lub bardziej stanowczego uznania przesłanek dochodzimy do uznania wniosku, którego bądź dotychczas nie uznawaliśmy wcale, bądź uznawaliśmy mniej stanowczo; przy czym stopień stanowczości uznania wniosku nie przewyższa stopnia uznania przesłanek.

- Czym są składniki rozumowań (i wnioskowań) – przesłanki i wniosek?
- Jakie własności rozumowań (i wnioskowań) oraz ich składników warto uznać za interesujące?

- Zdania ew. sądy? (tradycja od Arystotelesa do Ajdukiewicza)
- Reprezentacje werbalne bądź ich znaczenia? (bo np. Grice [8] i Wiśniewski [28])
- Multimodalne reprezentacje, od werbalnych przez zmysłowe po emocjonalne? (Thagard [25], Magnani [15])
- Struktury neuronalne? (Thagard [26])

Związki między przesłankami a wnioskiem

Jeśli te rozmaite reprezentacje bądź struktury nie są myślowym półproduktem, przeznaczonym do dalszej obróbki, jeśli pełnią takie same funkcje, jak zdania w rozumowaniach werbalizowanych (są przesłankami i wnioskami uznawanymi bądź tylko pomyślanymi), to wolno zapewne przyjąć, że w takim razie relacje między nimi mają taki sam charakter, jak relacje między zdaniami i że moglibyśmy mówić co najmniej o związkach wynikania między takimi reprezentacjami bądź strukturami, a tym samym o ich wartościach logicznych. Łatwo zauważyć, że wkroczylibyśmy w ten sposób na dość śliski grunt: aparat pojęciowy logiki formalnej wcale nie musi szczególnie dobrze nadawać się do analizy reprezentacji bazujących na modalnościach zmysłowych (czy reprezentacje olfaktoryczne mogą być logicznie prawdziwe lub fałszywe?).

Kryteria oceny składników rozumowań

- prawdziwość (i okolice)
- konsilientcja
- prostota
- podobieństwo
- koherencja
- związki przyczynowe

Reguły: konstytutywne vs strategiczne (Hintikka [9])

Zazwyczaj poprawność wnioskowania definiowana jest z uwagi na związki pomiędzy przesłankami a wnioskiem (np. związki wynikania logicznego w przypadku dedukcji) i w taki też sposób zwykle określa się poprawność *konstytutywnych* reguł wnioskowania, które opisują możliwe kroki inferencyjne, ale nic nie mówią o tym, które z nich są warte wykonania z punktu widzenia założonego celu.

Uzasadnienie dla reguł *strategicznnych* stanowi fakt, że są one konkluzywne jako narzędzia uzyskiwania nowej wiedzy. Nie da się ich zastosowań opisać krok po kroku, można je natomiast przedstawić jako elementy mniej lub bardziej obszernych strategii czy heurystyk rozwiązywania problemów.

Reguły: konstytutywne vs strategiczne (Hintikka [9])

Poprawność rozumowania oceniana z perspektywy wyznaczonej przez reguły konstytutywne (poprawność logiczna) i poprawność z perspektywy reguł strategicznych (siła argumentu) nie muszą zatem być tym samym:

Peirce [20]

[...] tylko w przypadku dedukcji nie ma różnicy między argumentem poprawnym logicznie, a argumentem mocnym.

Rozróżnienie o którym należy pamiętać

Czym innym jest aletyczny status przesłanek i wniosku (jakkolwiek pojmowanych), czym innym zaś ich status epistemiczny.

- Struktura rozumowania.
- Świat prosty: tradycja.
- Świat bardziej skomplikowany: Peirce.
- Świat uporządkowany: Ajdukiewicz.
- Świat alternatywny: Rips.
- Świat jeszcze bardziej alternatywny: Kurtz, Gentner i Gunn.
- Świat – logicznie – skomplikowany, że oj: Stenning i van Lambalgen.

Prosta charakterystyka logicznej struktury rozumowania (Stenning i van Lambalgen [24])

- składnia;
- semantyka;
- konsekwencja logiczna (albo wynikanie logiczne).

Cokolwiek abstrakcyjny opis struktury rozumowania (Kurtz *et al.* [14])

$$y = F(x, k)$$

- y – informacja wyjściowa (wniosek, $+/-$);
- F – procesy przetwarzania informacji;
- x – informacja wejściowa (prześłanki, $+/-$);
- k – wiedza tła i uprzednie doświadczenia*.

**Background knowledge* zwykle pojmuje się co prawda w taki sposób, że obejmuje ona również zasoby informacyjne zdobywane na drodze doświadczenia, jednakże z pewnych powodów czasem warto odróżnić wiedzę (pojmowaną jako w zasadzie deklaratywna) od doświadczenia (pojmowanego tak, jak intuicja podpowiada).

Cokolwiek abstrakcyjny opis struktury rozumowania (Kurtz *et al.* [14])

$$y = F(x, k)$$

- W jaki sposób wyrażane są przesłanki i wniosek (x i y)?
- Jakie relacje między nimi zachodzą?
- Na czym polega przetwarzanie informacji (F), ew. w jaki sposób wiąże x i k z y ?
- W jaki sposób generowane są wnioski (y)?

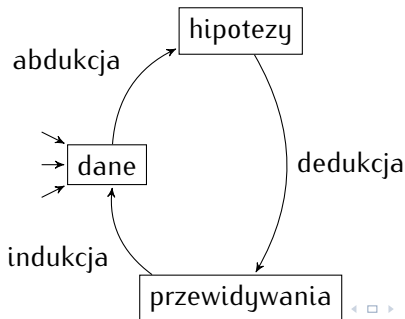
Różne odpowiedzi na te pytania prowadzą do różnych koncepcji rozumowań oraz do różnych ich podziałów, klasyfikacji bądź typologii.

- Rozumowanie **dedukcyjne** „polega na wyciąganiu wniosku z przesłanek z wykorzystaniem formalnych reguł logiki”; przy czym logiczna poprawność wniosku nie przesądza o jego prawdziwości.
- Rozumowania **indukcyjne** „polega na wyprowadzaniu nowych twierdzeń lub hipotez na podstawie skończonej liczby zgromadzonych przypadków”.

Świat trochę bardziej skomplikowany (Peirce [19])

Obok dedukcji i indukcji pojawiają się jeszcze rozumowania abdukcyjne, w których poszukujemy akceptowalnych hipotez, tłumaczących zaskakujące zjawiska. Abdukcja, dedukcja i indukcja są trzema stadiami jednej metody badawczej, z których abdukcja jest stadium początkowym:

W oparciu o to, co sugerowane przez nią [abdukcję] dedukcja tworzy przewidywania, które mogą być testowane za pomocą indukcji. [19, 5.171]



Świat uporządkowany (Ajdukiewicz [2])

W Peirce'owskich teoriach typy rozumowań wyróżniane są z uwagi na sposób, w jaki generowany jest wniosek; w klasyfikacji Ajdukiewicza – najpierw z uwagi na złożoność procesów przetwarzania, a następnie z uwagi na relacje między przesłankami a wnioskiem:

- Poziom I:
 - rozumowania proste, w których dla rozwiązania pewnego problemu używa się jednego procesu wnioskowania bądź wyprowadzania);
 - rozumowania złożone, w których używa się większej ich liczby (np. sprawdzanie hipotez).
- Poziom II (podział rozumowań prostych):
 - dedukcyjne (ew. niezawodne), w których przesłanki stanowią logiczną rację dla wniosku;
 - uprawdopodobniające (redukcyjne, statystyczne, przez analogię itp.), w których mimo ich zawodności mamy racjonalne podstawy, by spodziewać się, że przy prawdziwych przesłankach wniosek również może być prawdziwy;
 - logicznie bezwartościowe.

Świat alternatywny (Kurtz *et al.* [14])

„Rips [22] presents an alternative general framework in his treatment of human reasoning. He structures his discussion around a contrast between what he terms the **strict** and **loose** views of reasoning.

The strict view calls upon algorithmic processes involving the ordered application of abstract procedures to produce definitive conclusions.

The loose view calls upon specific associations, stored instances, statistical summaries, and heuristics that generate continuous-valued predictions or best guesses.

The strict-loose distinction concerns both the way in which processing occurs and the inferential products that result.”

Jaką rolę pełnią w rozumowaniach wiedza tła i uprzednie doświadczenia?

„**Weak** methods are general strategies that can operate without special knowledge of a domain [and] are valuable because of their generality; they provide a means of operating on novel or knowledge-poor domains.

Strong methods make intensive use of specific or abstract represented knowledge [and] are often superior when the appropriate knowledge is present.”

Świat – logicznie – skomplikowany, że oj (Stenning i van Lambalgen [24])

In the psychology of reasoning literature one commonly finds a picture of reasoning as proceeding according to preestablished logical laws, which can be applied by anybody in any circumstances whatsoever.

In fact, however, logic is very much domain dependent in the sense that the valid schemata depend on the domain in which one reasons, *with what purpose*. We therefore view reasoning as consisting of two stages: first one has to establish the domain about which one reasons and its formal properties (what we will call “reasoning to an interpretation”) and only after this initial step has been taken can one’s reasoning be guided by formal laws (what we will call “reasoning from an interpretation”).

Rozumowania a interpretacja danych (Stenning i van Lambalgen [24, s. 23])

Pielęgniarka została oskarżona o zamordowanie kilkunastu śmiertelnie chorych pacjentów, z których wszyscy zmarli podczas jej dyżurów. Nie znaleziono co prawda żadnych obciążających ją poszlak. Prokurator argumentował jednak, że to właśnie ta pielęgniarka musiała spowodować wszystkie zgony, ponieważ tylko ona była obecna w szpitalu gdy dochodziło do każdego z nich.

Rozumowania a interpretacja danych (Stenning i van Lambalgen [24])

Nastawione na dokonanie interpretacji danych:

ustalenie dziedziny przedmiotowej, jej własności i struktury relacyjnej.

Korzystające z interpretacji danych:

stosowanie praw, reguł, heurystyk do ustalonej dziedziny przedmiotowej.

Rozumowania a interpretacja danych – przykład 1.

(Stenning i van Lambalgen [24, s. 21])

O ilu osobach mowa?

Once upon a time there was a butcher, a baker, and a candlestick maker. One fine morning, a body was discovered on the village green, a dagger protruding from its chest. The murderer's footprints were clearly registered in the mud...

Rozumowania a interpretacja danych – przykład 1. (Stenning i van Lambalgen [24, s. 21])

O ilu osobach mowa?

Some person is a baker. Some person is a butcher. Some person is a candlestickmaker. Some person is a murderer. Some person is a corpse.

Rozumowania a interpretacja danych – przykład 2.

Przekątna przekroju osiowego walca wynosi 5 dm a promień jego podstawy 1,5 dm. Długość wysokości walca, powstałego w wyniku obrotu wokół dłuższego boku prostokąta wynosi:

[A] 5 dm [B] 3 dm [C] 4 dm [D] 6 dm

Szukam połączenia ze Środy Wlkp do Warszawy; chcę wyjechać nie wcześniej niż o 8.30 i dojechać nie później niż na 12.30.

Szukam połączenia ze Środy Wlkp do Warszawy; chcę wyjechać nie wcześniej niż o 8.30 i dojechać nie później niż na 12.30.

■ Widok przeglądowy							<< Wcześniej Później >>	
Szczegóły	Stacja/przystanek	Data	Czas	Czas podróży	przes.	Środki komunikacji		
☐	Środa Wlkp. Warszawa Centralna	23.02.10	odj 07:38 przyj 11:13	3:35	1			
☐	Środa Wlkp. Warszawa Centralna	23.02.10	odj 08:10 przyj 12:10	4:00	1			
☐	Środa Wlkp. Warszawa Centralna	23.02.10	odj 08:10 przyj 12:37	4:27	1			
☐	Środa Wlkp. Warszawa Centralna	23.02.10	odj 10:50 przyj 14:38	3:48	1			

Skoro <http://www.pkp.pl/> powiada, że nie ma takiego połączenia, będę działał tak, jakby w istocie takiego połączenia nie było (w ogóle). Dlaczego?

Założenie o zamkniętym świecie (CWA, *Closed World Assumption*)

Ponieważ przyjmę CWA. Nie będę rozważał wszystkich możliwych „modeli” rzeczywistości, a tylko te, które mnie interesują: życie to nie matematyka, a poszukiwanie połączeń działa inaczej, niż (formalny) dowód. Np.: to pierwsze nie musi być monotoniczne ☺, zamiast dojechać ze Środy do Poznania pociągiem mogę skorzystać z autobusu o 8.40 i dojechać na 9.01.

Psychologiczne teorie rozumowań: trzy podejścia (Oaksford [18])

Mental logic theories

assume people use formal rules of inference but errors may arise because they do not possess all of the possible rules.

Mental models theory

assumes people represent the true possibilities licensed by connectives. Failing to represent all of these possibilities may then lead to errors.

The probabilistic approach

assumes people are not drawing logical, deductive inferences but endorse inferences based on their assessment and evaluation of appropriate conditional probabilities.

Old vs new paradigm in psychology of reasoning (Evans [7, p. 6–9])

Old

It was founded primarily on the study of deduction, with especial attention to syllogistic, conditional, and relational inferences, all of which take a deductive form. (...) participants are invited to evaluate or generate conclusions that are logically necessitated by the premises given to them, and which they must assume to be true. [The field] strayed far from its original purpose, which was to assess the logicity of naive human reasoning. It is important to note also that this notion of logicity was a very restricted one, based on traditional extensional or binary logic, in which all propositions are assumed to be either true or false. (...) While [the] authors complained about “logicism” in the psychology of reasoning, it is (...) standard bivalent logic that they had in mind. So it is more accurate to say that authors were objecting to binary logic, (...) rather than logic per se.

Old vs new paradigm in psychology of reasoning (Evans [7, p. 6–9])

New

The new paradigm is variously described as a shift from viewing reasoning in terms of deduction to that of a probabilistic process; as a common view of reasoning, judgement, and decision making as involving similar processes; as a switch from a normative system based on logic to that based on Bayesianism, or as a recognition of the essential pragmatic and inductive nature of all human reasoning, and so on. The former restriction that premises must be assumed to be true also no longer applies, so that we can now consider how people reason with degrees of uncertainty in all of their beliefs.

Old vs new paradigm in psychology of reasoning

Deduction

Deductive reasoning is now seen as a *strategic-level* concept. That is, it is a form of reasoning that high-ability participants might engage in when suitably instructed and motivated to make deductive effort. There is no question that at least some people can reason deductively and even enjoy doing so, given the popularity of Sudoku puzzles. And there are certainly real-world applications where the ability to construe and reason in binary logic terms is needed, particularly where legal rules are concerned – for example, deciding whether you are able to claim tax relief.

However, the notion of deductive reasoning as a *strategy* is far removed from the original logicism that drove the development of the paradigm in the 1960s and 70s. Rather than being a built-in function of the human mind, deductive reasoning can be seen as just one of many kinds of problem solving and formal thinking in which people of sufficient IQ can engage.

Dual-process theories of reasoning (Sloman [23], Evans [6])

Type 2 processing is considered to be high effort, responsive to instructions, and capable of dealing with abstraction and novelty, often allowing at least high-ability participants with appropriate instructions to solve deductive problems.

Type 1 processing by contrast is rapid and low effort, and may be based on associative processing and implicit knowledge.

Jeśli Jan nie będzie systematycznie grał na loterii, to nie wygra. Jeśli Jan będzie systematycznie grał na loterii, to musi znaleźć dodatkowe źródło dochodów. Jeśli Jan nie wygra na loterii, to musi znaleźć dodatkowe źródło dochodów. A zatem Jan musi znaleźć dodatkowe źródło dochodów.

Każdy ssak jest żyworodny, a każdy wieloryb jest ssakiem. Więc wieloryby są żyworodne.

Urbański, M., Paluszkiewicz, K., Urbańska, J. [2013]. “Deductive Reasoning and Learning: a Cross-Curricular Study”

Problems:

- ➊ Are the following correlated?
 - ➊ fluid intelligence (Gf);
 - ➋ fluency in simple deductions;
 - ➌ fluency in complex deductions.
- ➋ What, if any, is the impact of the curriculum of study on Gf and fluencies in simple and complex deductions?

Background – intelligence: fluid vs crystallized

Fluid intelligence

- the ability to perceive relationships independent of previous specific practice or instruction concerning those relationships (Cattell [5])
- on-the-spot reasoning ability, a skill not basically dependant on our experience (Belsky [4])

Crystallized intelligence

- comprises the skills and knowledge acquired through education and acculturation (Cattell [5])
- the extent to which a person has absorbed the content of culture (Belsky [4])

Background – deductive reasoning

As fluid intelligence is the general ability to reason abstractly, identify patterns, and recognize relations, it is widely accepted that it correlates with fluency in deductive reasoning (Kline [12]) in an abstract settings (Stenning and van Lambalgen [24]). It is also widely accepted that fluid intelligence increases at least to some point in adolescence.

Some studies (e.g. Jaeggi et al. [10]) suggest, that Gf can be improved by training. However, there are no clear indications as to the relation between Gf, fluency in deductive reasoning and longer-term educational experience.

Background – erotetic reasoning (complex deductions)

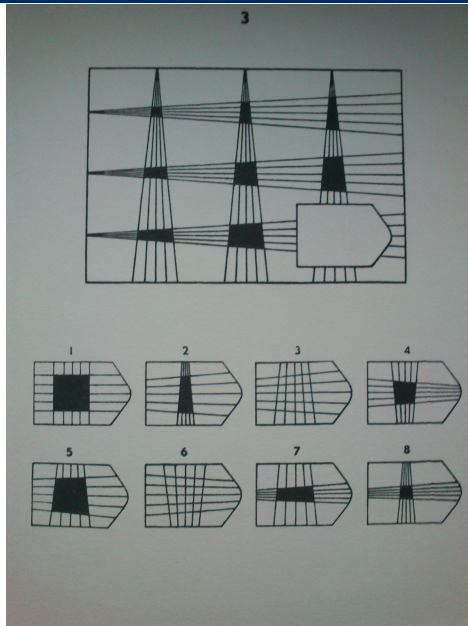
In erotetic reasoning an interrogative conclusion (question–conclusion) follows from premises: either declarative, or interrogative (question–premise) and (possibly) declarative as well. Erotetic reasoning is a good representation of some techniques of problem solving:

- 1 by reduction of an initial problem to simpler ones,
- 2 by identifying missing information which is needed in order to solve the initial problem.

Validity of erotetic reasoning is grounded in erotetic counterparts of entailment. In the case of Inferential Erotetic Logic (Wiśniewski [28]), which is the basis of the present study, such counterpart is erotetic implication.

- 1 Raven's Advanced Progressive Matrices (APM)
- 2 Deductive Reasoning Test (DR; in Polish)
- 3 Erotetic Reasoning Test (ER, in Polish)

Raven's Advanced Progressive Matrices (Raven [21])



The test contains 48 items, presented as one set of 12 (training set, no time limit), and another of 36 (time limit 30 min). In each item, the subject is asked to identify the missing element that completes a pattern. Items become increasingly difficult as progress is made through each set.

(example: task No. 3 from the training set)

$$\alpha = .83$$

Deductive Reasoning Test

The test contains 6 items (time limit 20 min). Each item consists of two declarative premises and a question concerning which conclusion is justified by the premises. Three items are of categorical character and three of relational character, all set in abstract context.

1. Every TWAIL is an ANKH.
Every ANKH is a GIMBEAT.

Is every TWAIL a GIMBEAT ?

☐ Definitely yes ☐ Definitely no ☐ It cannot be stated

$\alpha = .64$

removal of any item reduces α

Guttman $\lambda_4 = .71$

Erotetic Reasoning Test

The test contains 3 items (time limit 30 min). Each item consists of a detective-like story in which the initial problem and evidence gained are indicated. The task is to pick a question (one out of four), each answer to which will lead to some solution to the initial problem. The subjects are asked to justify their choices.

$$\alpha = .78$$

$$\text{correct choice: } \alpha = .34$$

Erotetic Reasoning Test, task 1: The Bomb

Introduction: In the capital of a certain country someone placed bomb in the palace of the king. The best royal engineer, who arrived immediately, established the following evidence:

- ➊ There are three wires in the bomb: green, red and orange.
- ➋ To disarm the bomb either the green or the red wire must be cut. Cutting of the wrong wire will cause an explosion.
- ➌ If the bomb has been placed by Steve, then it will be disarmed by cutting the green wire.
- ➍ If the bomb has been placed by John, then it will be disarmed by cutting the red wire. Moreover, no one but John would use the red wire.
- ➎ If the bomb has been placed on an even day of the month, then the culprit is Steve.
- ➏ The bomb has been placed either by Steve, or by John, or by someone else.

Erotetic Reasoning Test, task 1: The Bomb

Instruction: To each of the following questions you may get two answers: 'yes' or 'no'. Mark only one question – that one, to which each answer (no matter 'yes' or 'no') allows to decide which wire should be cut in order to disarm the bomb:

- ☐ Is the bomb placed on an even day of the month?
- ☐ Is the bomb placed by Steve?
- ☐ Is the bomb placed by John?
- ☐ Is the bomb placed by someone else than Steve or John?

Erotetic Reasoning Test, task 1: The Bomb

Which wire to cut?

- ➊ There are three wires in the bomb: green, red and orange.
- ➋ To disarm the bomb either the green or the red wire must be cut. Cutting of the wrong wire will cause an explosion.
- ➌ If the bomb has been placed by Steve, then it will be disarmed by cutting the green wire.
- ➍ If the bomb has been placed by John, then it will be disarmed by cutting the red wire. Moreover, no one but John would use the red wire.
- ➎ If the bomb has not been placed on an even day of the month, then the culprit is Steve.
- ➏ The bomb has been placed either by Steve, or by John, or by someone else.

Even day? Steve? John? Someone else?

Erotetic Reasoning Test, task 1: The Bomb

Is the bomb placed by John?

- **Yes** $\Rightarrow$ Cut the **red wire**.
- **No** $\Rightarrow$ No matter who placed the bomb, it cannot be disarmed by cutting the red wire. So, cut the **green wire**.

Is the bomb placed by Steve?

- **Yes** $\Rightarrow$ Cut the **green wire**.
- **No** $\Rightarrow$ The solution still depends on who placed the bomb – John or someone else.

Subjects

105 subjects were recruited, students of Adam Mickiewicz University in Poznań and of State School of Higher Professional Education in Gorzów, who volunteered to participate in this research. They represented the curricula of cognitive science, psychology, educational studies (2nd, 4th or 5th year).

The choice of the curricula was determined by two factors:

- 1 The extent of logic courses.
- 2 Selectivity of admission procedures, based on A-level examination results.

We distinguished three groups:

- A extensive logic, selective admission (cognitive science; 27);
- B basic logic, selective admission (psychology; 40);
- C basic logic, non-selective admission (educational studies; 38).

Apparently, there is no curriculum of 'extensive logic, non-selective admission'-type in Poland.

Test scores statistics

Test and group	Difficulty Index	Min	Max	Mean	SD
APM	61,46%	7	36	22.19	5.63
A	71,60%	21	32	25.81	2.73
B	67,35%	14	36	24.25	4.58
C	48,48%	7	26	17.45	4.93
DR	81,28%	0	6	4.93	1.35
A	96,92%	5	6	5.81	0.40
B	91,67%	4	6	5.53	0.70
C	61,42%	0	6	3.68	1.42
ER	61,08%	0	3	1.73	1.09
A	92,60%	2	3	2.78	0.42
B	65,83%	0	3	1.98	1.03
C	24,80%	0	3	.74	1.23

Group differences (one-way MANOVA)

A one-way multivariate analysis of variance (MANOVA) was conducted to test group differences with respect to three dependent variables (APM, DR and ER test scores). There was a statistically significant difference between the groups on the combined dependent variables, $F(6, 202) = 16.613$, $p < .001$; Pillai's Trace = .661; partial $\eta^2 = .330$. Follow-up univariate ANOVAs showed that scores in all three tests were statistically significantly different between participants from all the three groups, using a Bonferroni adjusted α level of .017.

Test	df	F	p	partial η^2
APM	2 102	36.809	.001	.419
DR	2 102	49.948	.001	.495
ER	2 102	40.750	.001	.444

Post-hoc analysis (Games-Howell)

Test and groups	Mean increase	95% CI	<i>p</i>
APM			
A x B	1.56	[-.58, 3.71]	.195
A x C	8.37	[6.07, 10.67]	.001
B x C	6.80	[4.22, 9.38]	.001
DR			
A x B	.29	[-.03, .61]	.079
A x C	2.13	[1.54, 2.72]	.001
B x C	1.84	[1.23, 2.45]	.001
ER			
A x B	.80	[-.37, 1.24]	.001
A x C	2.04	[1.58, 2.50]	.001
B x C	1.24	[-.67, 1.80]	.001

Correlations r_s between tests results

Tests	Overall	A	B	C
APM x DR	.61**	.22	.24	.23
APM x ER	.67**	.08	.42**	.59**
DR x ER	.74**	.43*	.55**	.41*

* $p < .05$, ** $p < .01$

We observed that, although groups A and B performed better than group C in all three tests, group A obtained significantly higher results than group B in tasks involving difficult deductions, while their performance in Raven's and Deductive Reasoning tests were comparable. Group C obtained lower results in all three tests. We conclude on this basis, somewhat at odds with CHC model of intelligence, that fluency in difficult deductions, while related to fluid intelligence, depends also on subjects' experience and that this does not hold in case of simple deductions.

- [1] Ajdukiewicz, K. [1974]. *Logika pragmatyczna*. PWN, Warszawa.
- [2] Ajdukiewicz, K. [2006]. Klasyfikacja rozumowań. W: *Język i poznanie*, tom 2, 206–225. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. Przedruk z: *Studia Logica*, 2:278–299, 1955.
- [3] Aliseda, A. [2006]. *Abductive Reasoning. Logical Investigations into Discovery and Explanation*. Springer, Dordrecht.
- [4] Belsky, J. K. [1990]. *The psychology of aging theory, research, and interventions*. Pacific Grove, CA: Brooks/Cole.
- [5] Cattell, R. B. [1971]. *Abilities: Their structure, growth, and action*. New York: Houghton Mifflin.
- [6] Evans, J. St. B. T. [2006]. The heuristic-analytic theory of reasoning: Extension and evaluation. *Psychological Bulletin*, 13(3), 378–395.
- [7] Evans, J. St. B. T. Questions and challenges for the new psychology of reasoning. *Thinking & Reasoning*, 18(1):5–31 (2012).

- [8] Grice, H. P. [1989]. *Studies in the Way of Words*. Harvard University Press.
- [9] Hintikka, J. [2007]. Abduction – Inference, Conjecture, or an Answer to a Question? W: *Socratic Epistemology. Explorations of Knowledge-Seeking by Questioning*, 38–60. Cambridge University Press.
- [10] Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Jonides, J., Perrig, W. J. [2008]. Improving fluid intelligence with training on working memory. PNAS – Proceedings of the National Academy of Sciences.
- [11] Josephson, J. R., Josephson, S. G. (red.) [1994]. *Abductive Inference: Computation, Philosophy, Technology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [12] Kline, P. [1998]. *The new psychometrics: Science, psychology and measurement*. London: Routledge.

- [13] Kotarbiński, T. [1986]. *Elementy teorii poznania, logiki formalnej i metodologii nauk*. PWN, Warszawa. Przedruk 2. wydania, Zakład im. Ossolińskich, Wrocław 1961.
- [14] Kurtz, K. J., Gentner, D., Gunn, V. [1999]. Reasoning. W: B. M. Bly, D. E. Rumelhart (red.), *Cognitive Science, Handbook of Perception and Cognition*, 145–200. Elsevier, 2 wyd.
- [15] Magnani, L. [2009]. *Abductive Cognition. The Epistemological and Eco-Cognitive Dimensions of Hypothetical Reasoning*, tom 3 z serii *Cognitive Systems Monographs*. Springer.
- [16] Newman, A. H., Turing, A. M., Jefferson, G., Braithwaite, R. B. [1952]. Can automatic calculating machines be said to think?, Broadcast discussion transmitted on BBC (14 and 23 Jan. 1952). The Turing Digital Archive (www.turingarchive.org), Contents of AMT/B/6.
- [17] Nęcka, E., Orzechowski, J., Szymura, B. [2006]. *Psychologia poznawcza*. Wydawnictwo Naukowe PWN i Academica, Warszawa.

- [18] Oaksford, M. [2006]. Reasoning. W: N. Braisby and A. Gellatly (red.) *Cognitive Psychology*, Oxford University Press, 418–455.
- [19] Peirce, C. S. (1931–1958). *Collected Works*, Charles Hartshorne, Paul Weiss, Arthur W. Burks (eds.), Harvard University Press, Cambridge, MA.
- [20] Peirce, C. S. [1998]. Pragmatism as the Logic of Abduction. W: *The Essential Peirce. Selected Philosophical Writings*, tom 2 (1893–1913). Indiana University Press, Bloomington, IN.
- [21] Raven, J. C., Court, J. H., Raven J. [1983]. Manual for Raven's Progressive Matrices and vocabulary scales (Section 4: Advanced Progressive Matrices). London: H. K. Lewis.
- [22] Rips, L. J. [1990]. Reasoning. *Annual Review of Psychology*, 41, 85–116.
- [23] Sloman, S. A. [1996]. The empirical case for two systems of reasoning. *Psychological Bulletin*, 119, 3–22.

- [24] Stenning, K., van Lambalgen, M. [2008]. *Human Reasoning and Cognitive Science*. MIT Press, Cambridge, MA.
- [25] Thagard, P. [1995]. *Abductive Reasoning: Logic, Visual Thinking and Coherence*. MIT Press, Cambridge.
- [26] Thagard, P. [2007]. Abductive inference: From philosophical analysis to neural mechanisms. W: A. Feeney, E. Heit (red.), *Inductive reasoning: Cognitive, mathematical, and neuroscientific approaches*, 226–247. Cambridge University Press, Cambridge.
- [27] Urbański, M., Paluszkiwicz, K., Urbańska, J. [2013]. Deductive Reasoning and Learning: a Cross-Curricular Study. Research report.
- [28] Wiśniewski, A. [1995]. *The Posing of Questions: Logical Foundations of Erotetic Inferences*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht–Boston–London.