

Adam Grobler

Paradoksy potwierdzania a klauzula "ceteris paribus"

Filozofia Nauki 21/3, 37-44

2013

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Adam Grobler

Paradoksy potwierdzania a klauzula *ceteris paribus*

WSTĘP¹

Znane z literatury paradoksy potwierdzania (*confirmation*) stawiają pod znakiem zapytania prawomocność jakichkolwiek form rozumowania indukcyjnego w nauce. Jednak nawet hipotetystyczne ujęcia metody naukowej, falsyfikacjonizm i abdukcjonizm, uchylają furtkę przed motywami indukcyjnymi. Na przykład Popper (1972, 1992) wprowadza, jeszcze tylnymi drzwiami, pojęcie koroboracji, ale Lakatos (1970, 1995: 43) zupełnie wprost twierdzi, że falsyfikacja jednej hipotezy jest zawsze potwierdzeniem innej. Z kolei ponowne wprowadzenie abdukcjonizmu na scenę przez Gilberta Harmana (1965), po długiej przerwie od zapoczątkowania go przez Peirce'a, jest w gruncie rzeczy próbą rehabilitacji metody indukcyjnej w tej mierze, w jakiej daje się ona podciągnąć pod wzorzec wnioskowania do najlepszego wyjaśnienia. Wiele zatem wskazuje na to, że choć roszczenia bayesianizmu są mocno przesadzone, to wciąż utrzymuje się przy życiu dzięki — cokolwiek nadwątlonym — siłom witalnym idei indukcji².

Intencją artykułu jest zrobienie kroku w kierunku umieszczenia metody indukcji na pozycji zdetronizowanej, ale nieskazanej na banicję. Pokażę, że paradoksy potwierdzania powstają na gruncie nadto formalistycznych modeli rozumowania naukowego. Uwzględniają one jedynie syntaktyczne reguły wnioskowania indukcyjne-

¹ Artykuł powstał na podstawie prezentacji przedstawionej na IX Polskim Zjeździe Filozoficznym w Wiśle, 17-21 września 2012. Pomysł nasunął mi się w toku dyskusji na temat paradoksów potwierdzania na zajęciach z uczestnikami interdyscyplinarnego, anglojęzycznego programu Science-Environment-Technology dla doktorantów UJ w semestrze zimowym 2011/2012.

² Np. refrenem książki Earmana (1992) jest teza, że mimo licznych wad bayesianizmu logika indukcji jest jedyną rozsądną kandydaturą na stanowisko *THE logic of science* (podkreślenie moje).

go i dedukcyjnego, pomijając fakt, że każda hipoteza naukowa milcząco zakłada klauzulę *ceteris paribus*. Głosi ona, że czynniki, o których nie wiadomo, czy mają wpływ na dane zjawisko, takiego wpływu nie mają³.

Zacznę od analizy paradoksu przechodniości. Najpierw przedstawię jego próbne rozwiązanie, w myśl którego wymóg przechodniości, naturalny pod adresem uzasadnień dedukcyjnych, jest wygórowany w odniesieniu do potwierdzeń indukcyjnych. Okaze się jednak, że jego uchYLENIE podważa praktykę indukcyjną w ogóle. Właściwe rozwiązanie będzie domagało się uzupełnienia predyktywnego kryterium potwierdzenia o klauzulę *ceteris paribus*. Pozwoli to zidentyfikować błąd odpowiedzialny za powstanie paradoksu, ujawniając przy okazji istotną, a niedocenianą w literaturze cechę rozumowań indukcyjnych. Pokażę również, jak proponowane rozwiązanie stosuje się do niektórych innych paradoksów potwierdzania. Zakończę wnioskiem na temat autonomii metody indukcyjnej względem metod hipotetystycznych.

1. PARADOKS PRZECHODNIOŚCI

Według tzw. predyktywnego kryterium potwierdzania świadectwo E potwierdza hipotezę H wtedy i tylko wtedy, gdy $E = E_1 \cup E_2$, $H, E_1 \models E_2$, a zarazem $E_1 \not\models E_2$. To znaczy istnieje taki wyczerpujący podział świadectwa E , pojmowanego jako pewien zbiór zdań, na dwa podzbiory — E_1 i E_2 — takie, że z hipotezy H razem wziętej z pierwszym z tych podzbiorów wynika logicznie każde zdanie z drugiego z tych podzbiorów, podczas gdy żadne zdanie drugiego z tych podzbiorów nie wynika logicznie z samych tylko zdań pierwszego podzbioru świadectwa E . W szczególności weźmy pod uwagę najogólniejszy schemat logiczny hipotezy uniwersalnej H : „ $\forall x [W(x) \rightarrow Z(x)]$ ”, gdzie x niekoniecznie jest pojedynczą zmienną, może być na przykład zespołem zmiennych (x_1, x_2, \dots, x_n) , w tym przestrzenno-czasowych. Schemat ten mówi, że ilekroć x znajdzie się w warunkach W , tylekroć zachowa się w sposób Z . Wówczas $E = \{W(a), Z(a)\}$, czyli świadectwo tej treści, że jakieś podstawienie za x znalazło się w warunkach W i zachowało się w sposób Z , potwierdza hipotezę H . $Z(a)$ wynika bowiem logicznie z H i $W(a)$, a nie wynika z samego $W(a)$. Symbolicznie:

$$\frac{\forall x [W(x) \rightarrow Z(x)], W(a)}{Z(a)}$$

Weźmy na przykład hipotezę „Wszystkie kruki są czarne”. Potwierdzeniem tej hipotezy jest świadectwo {„Kajtek jest kukiem”, „Kajtek jest czarny”}, ponieważ stąd, że wszystkie kruki są czarne i Kajtek jest kukiem, wynika logicznie, że Kajtek jest czarny, natomiast wniosek ten nie wynika z samej przesłanki, że Kajtek jest kukiem.

³ Klauzula *ceteris paribus* różni się od założeń idealizacyjnych tym, że te drugie pomijają wpływ czynników, o których wiadomo, że wpływ mają, ale jest on na tyle znikomy, że w określonym kontekście poznawczym można go pominąć.

Paradoks przechodności powstaje wskutek tego, że jeśli E jest potwierdzeniem hipotezy H oraz hipoteza H wynika logicznie z innej hipotezy G , to — na mocy predyktynego kryterium potwierdzania i praw logiki — E jest również potwierdzeniem G . Jeżeli bowiem $G \models H$ oraz $E = E_1 \cup E_2$, to $G, E_1 \models H \wedge E_1$. Zatem jeśli $H, E_1 \models E_2$, to — na mocy przechodności relacji wynikania logicznego — $G, E_1 \models E_2$. Przyjmijmy teraz, że hipoteza G , potwierdzona przez świadectwo E , ma postać koniunkcji $K \wedge H$, gdzie K jest dowolną, arbitralnie wybraną hipotezą. Z koniunkcji $K \wedge H$ wynika logicznie K . Na mocy intuicji dedukcyjnej, jeżeli K jest konsekwencją logiczną potwierdzonej hipotezy, sama powinna być potwierdzona. Ale K jest arbitralnie wybraną hipotezą. Zatem jeżeli jakakolwiek hipoteza, w tym przypadku H , jest potwierdzona przez jakiekolwiek świadectwo, w tym przypadku E , to dowolna inna hipoteza jest potwierdzona przez to świadectwo. Wniosek jawnie absurdalny.

Z powodu tego paradoksu Hempel (1945) proponował odrzucić kryterium predyktynne. Jednak kryterium predyktynne doskonale odpowiada naszym intuicjom indukcyjnym. Dlatego Clark Glymour (1980) wolał zachować kryterium predyktynne, natomiast odrzucić intuicję dedukcyjną, na mocy której konsekwencje logiczne hipotezy potwierdzonej niekoniecznie są potwierdzone. Peter Lipton (1991) nazwał pogląd Glymoura ponurym żartem. Ja sam przez pewien czas zajmowałem stanowisko Glymoura, uznając, że paradoks powstaje wskutek nieuprawnionego składania rozumowania dedukcyjnego z indukcyjnym. Mianowicie żądanie, by na tej podstawie, że E potwierdza G i z G wynika logicznie K , wnioskować, że E potwierdza K , sprowadza się do postulowania przechodności rozumowania, które ma charakter niejednorodny. Pierwszy etap jest indukcyjny, drugi dedukcyjny, a ich złożenie miałyby mieć naturę indukcyjną. Tymczasem logika zna przechodność rozumowania dedukcyjnego, ale rozumowania niededukcyjne już przechodnie nie są.

W szczególności nie są przechodnie rozumowania uprawdopodobniające. Przypuśćmy, że A uprawdopodobnia B i B uprawdopodobnia C , czyli prawdopodobieństwo B pod warunkiem, że A , oraz prawdopodobieństwo C pod warunkiem, że B , jest wysokie: $P(B|A) \sim 1$, $P(C|B) \sim 1$. Stąd niestety nie wynika logicznie, że A uprawdopodobnia C , tj. że prawdopodobieństwo C pod warunkiem, że A , jest wysokie, czyli $P(C|A) \sim 1$. Weźmy na przykład losowanie spośród 1 000 000 początkowych liczb naturalnych (Watkins 1984). Niech $A =$ „Wylosowano 2”, $B =$ „Wylosowano liczbę pierwszą”, $C =$ „Wylosowano liczbę nieparzystą”. Przy takim podstawieniu przesłanki są prawdziwe, a wniosek fałszywy. Przy czym, podobnie jak w paradoksie przechodności, jedna z przesłanek ma charakter dedukcyjny: $A \models B$.

Ponowne przemyślenie sprawy pokazuje jednak, że jeśli jakakolwiek forma rozumowania indukcyjnego ma być prawomocna, rozumowanie indukcyjne musi być, pod pewnymi dodatkowymi warunkami, przechodnie. Weźmy pod uwagę następujący przykład. Obserwacja czarnego kruka w Krakowie potwierdza hipotezę $H =$ „Wszystkie kruki w Krakowie są czarne”. Zarazem potwierdza hipotezę $G =$ „Wszystkie kruki są czarne”. Jej konsekwencją logiczną jest m.in. hipoteza $K =$ „Wszystkie kruki w Opolu są czarne”. Zatem na mocy kryterium predyktynnego obserwacja czarnego

kruka w Krakowie potwierdza hipotezę, że wszystkie kruki w Opolu są czarne. Na pozór brzmi to niedorzecznie. Dlatego Hempel chciałby odrzucić kryterium predyktywne, Glymour zaś, któremu we wczesnej młodości (tzn. przed sześćdziesiątką — Grobler 2006) przyznawałem rację, żądałby od hipotezy na temat ubarwienia kruków w Opolu osobnego potwierdzenia. Tylko Lipton uznałby, że rozumowanie jest w najlepszym porządku.

Cofnijmy się więc do początku. Obserwacja czarnego kruka w Krakowie potwierdza hipotezę $H =$ „Wszystkie kruki w Krakowie są czarne”. Ale tego kruka zaobserwowano w jakimś konkretnym miejscu w Krakowie, dajmy na to, na ulicy Grodzkiej. Czy ta obserwacja potwierdza hipotezę $K^* =$ „Wszystkie kruki na Ruczaju w Krakowie są czarne”? Jeśli nie, jak uznaliby Hempel i Glymour, to obserwacja czarnego kruka na ulicy Grodzkiej potwierdzałaby tylko tyle, że kruki na ulicy Grodzkiej są czarne. Jeśli zaś doprecyzowywać opis obserwacji, okazałoby się, że potwierdzić można tylko tyle, że kruki na takim-a-takim odcinku Grodzkiej są czarne. Jeśli zmniejszyć odcinek i wprowadzić jeszcze współrzędną czasową, okazałoby się, że obserwacja potwierdza jedynie samą siebie. Innymi słowy pojęcie potwierdzenia upada. Tymczasem stanowisko Liptona zastosowane do tego przykładu wydaje się bardziej intuicyjne od rygorystycznych poglądów Hempla i Glymoura.

Dla równowagi zajmijmy się teraz przykładem o przeciwnej wymowie. Obserwacja czarnego kruka potwierdza hipotezę $H =$ „Wszystkie kruki są czarne”. Na mocy kryterium predyktywnego potwierdza również hipotezę $H \wedge G =$ „Wszystkie kruki i łabędzie są czarne” oraz, na mocy intuicji dedukcyjnej, jej konsekwencję logiczną $G =$ „Wszystkie łabędzie są czarne”. Co zakrawa na absurd. Pytanie brzmi: na czym polega różnica między przykładem z krukami tu i tam, a przykładem z krukami i łabędziami?

Odpowiedź: na klauzuli *ceteris paribus*. Z braku przesłanek, że jest inaczej, milcząco zakładamy, że różnica warunków panujących na Grodzkiej i na Ruczaju (albo w Krakowie i Opolu) nie ma wpływu na barwę upierzenia kruków. Natomiast wiemy, że różnica gatunku może przejawiać się m.in. w postaci różnicy barwy upierzenia. Na tej podstawie można przyjąć, że kryterium predyktywne działa tylko przy założeniu klauzuli *ceteris paribus*. Inaczej mówiąc, obserwacja czarnego kruka w jakimś miejscu i czasie potwierdza hipotezę, że wszystkie kruki w pewnym czasoprzestrzennym otoczeniu tego miejsca i czasu są czarne pod warunkiem, że nic nie wiadomo o występowaniu w tym otoczeniu jakichkolwiek czynników wpływających na zróżnicowanie barwy upierzenia kruków.

Rozważanie to prowadzi do wniosku, że uogólnienia indukcyjne są prawomocne przy założeniu klauzuli *ceteris paribus*. Obserwacje kruków na Grodzkiej można uogólniać na kruki w Krakowie, a tym samym w dowolnej części Krakowa, natomiast obserwacji kruków nie można uogólniać na łabędzie.

2. INNE PARADOKSY

Rozważmy hipotezę H, zgodnie z którą wszystkie kruki są czarne. Na mocy prawa kontrapozycji jest ona równoważna logicznie hipotezie H*: „Wszystko, co nie jest czarne, nie jest krukem”. Tę ostatnią potwierdza obserwacja białego buta. Jeżeli obserwacja potwierdza hipotezę H*, to — intuicyjnie rzecz biorąc — powinna ona potwierdzać również hipotezę równoważną logicznie, tj. hipotezę, że wszystkie kruki są czarne. To jednak wydaje się absurdalne.

Hempel (1945) odpowiada, że wniosek niekoniecznie jest absurdalny. Przypuśćmy, że zaobserwowano jakiś biały przedmiot, który może być krukem. Dokładniejsza obserwacja wykazuje, że nie jest to kruk, lecz but. W takich okolicznościach potwierdza ona hipotezę H, ponieważ odpiera próbę jej podważenia. Na tej podstawie Hempel twierdzi, że sama forma logiczna hipotezy nie rozstrzyga, jakie obserwacje stanowią jej potwierdzenia. Liczą się również względy pragmatyczne (kontekst).

Propozycja Hempla zaciera wszakże różnicę między potwierdzeniem w sensie *confirmation* a potwierdzeniem w Popperowskim sensie *corroboration* — nieudanej próby falsyfikacji hipotezy. To ostatnie pojęcie nie jest przedmiotem artykułu. Natomiast odwołanie się do klauzuli *ceteris paribus*, w myśl mojej propozycji, pozwala rozwiązać paradoks ściśle w ramach analizy procedur indukcyjnych. W takim ujęciu hipoteza H* wymyka się procedurom indukcyjnym, ponieważ przedmioty nieczarne nie stanowią klasy wystarczająco jednorodnej na to, żeby można było zastosować do niej klauzulę *ceteris paribus*. Nie da się bowiem sporządzić listy czynników mających wedle aktualnego stanu wiedzy mniejszy lub większy wpływ na zróżnicowanie wśród przedmiotów nieczarnych. Tym samym nie da się sensownie sformułować założenia, że czynniki, o których nie wiadomo, czy mają taki wpływ, takiego wpływu nie mają. Mill głosił, że rozumowanie indukcyjne jest rozumowaniem naturalnorodzajowym. Przedmioty nieczarne i niekruki nie są rodzajami naturalnymi, co wyklucza kandydaturę H* na miano uogólnienia indukcyjnego. Proponowane przeze mnie ujęcie roli klauzuli *ceteris paribus* w rozumowaniu indukcyjnym wyjaśnia, dlaczego rozumowanie indukcyjne jest naturalnorodzajowe. W każdym razie predyktywne kryterium potwierdzania nie stosuje się do hipotezy H*, a tym samym H* nie może być potwierdzona przez żadną obserwację.

Innym znanym paradoksem jest Goodmana paradoks zielbieskości (*grue*). Weźmy pod uwagę dwie hipotezy: G = „Wszystkie szmaragdy są zielone” oraz G* = „Wszystkie szmaragdy są zielbieskie”, gdzie „zielbieski” znaczy „zielony do roku 2050, a potem niebieski”⁴. Każda obecna obserwacja zielonego szmaragdu potwierdza obie hipotezy. Zatem każda obserwacja potwierdza nieskończenie wiele wzajemnie wykluczających się hipotez, co stawia pod znakiem zapytania samo pojęcie potwierdzenia. Rozwiązanie proponowane przez Goodmana opiera się na odróżnieniu predy-

⁴ W oryginalnej wersji paradoksu (Goodman 1954) mowa jest o roku 2000. W miarę upływu czasu konieczne stało się przedatowanie.

katów rzutowalnych (*projectible*) od nierzutowalnych. Tylko pierwsze mogą figurować w uogólnieniach indukcyjnych. Aby predykat można było uznać za rzutowalny, musi on być zakorzeniony (*well-entrenched*) w naszej praktyce indukcyjnej. W rozważanym przykładzie „zielony” jest predykatem rzutowalnym, „zielbieski” zaś nie.

Problem polega na tym, że pojęcie rzutowalności jest niejasne, a pojęcie zakorzenienia nie nadaje się na *definiens* tego pierwszego. Na przykład pojęcie równoczesności (absolutnej) z całą pewnością jest zakorzenione, co nie stanowiło przeszkody do jego odrzucenia, a raczej zastąpienia go w teorii względności pojęciem równoczesności ze względu na dany układ odniesienia. Bardziej eleganckie wydaje się odparcie paradoksu przez odwołanie się do klauzuli *ceteris paribus*. Mianowicie, nic nam nie wiadomo na temat czynników, które mogłyby wpłynąć w 2050 roku na zmianę barwy szmaragdów. Zatem na mocy klauzuli *ceteris paribus* obserwacje zielonych szmaragdów potwierdzają hipotezę G, ale nie potwierdzają hipotezy G*.

Na tej samej zasadzie można rozwiązać paradoks doboru krzywej (*curve-fitting paradox*). Załóżmy, że przedmiotem badań jest hipoteza o zależności pewnej zmiennej od jakiejś innej zmiennej. Wykres tej zależności (funkcji jednej zmiennej) jest krzywą. Za pomocą pomiaru (obserwacji) można wyznaczyć — abstrahując od kwestii błędu pomiarowego — skończoną liczbę punktów tej krzywej. Przez skończoną liczbę punktów przechodzi jednak nieskończenie wiele innych krzywych. Wszystkie one są wykresami funkcji opisujących zależność między badanymi zmiennymi zgodnie z doświadczeniem. Dodatkowe pomiary pozwalają wyeliminować nieskończenie wiele krzywych ilustrujących alternatywne hipotezy, niemniej niezależnie od liczby pomiarów zawsze pozostanie ich nieskończenie wiele. Zatem niezależnie od liczby pomiarów zawsze pozostaje nieskończenie wiele alternatywnych hipotez jednakowo potwierdzonych przez te pomiary. Na podstawie tego paradoksu wielu filozofów głosi tezę o niedookreśleniu hipotezy przez dane.

Zgodnie z przedstawionym tutaj podejściem można założyć, że hipoteza zakłada jakiś szczególny typ zależności funkcyjnej między badanymi zmiennymi. Na przykład często zakłada się, że jedna zmienna jest wprost lub odwrotnie proporcjonalna do drugiej, jak siła względem przyspieszenia albo ciśnienie gazu doskonałego względem objętości próbki. Albo że zależność jest kwadratowa, jak droga do czasu w zjawisku swobodnego spadania itp. Tego rodzaju założenie opiera się na klauzuli *ceteris paribus*. Gdyby zależność wyrażała się funkcją o kształcie różnym od zakładanego, znaczyłyby to, że zmienna zależna zależy nie tylko od rozważanej zmiennej niezależnej, lecz także od jakichś innych zmiennych, czyli że klauzula *ceteris paribus* została naruszona. Zatem odpowiednia liczba pomiarów, przynajmniej dla pewnej klasy problemów empirycznych, przy założeniu klauzuli *ceteris paribus* oraz uwzględnieniu błędu pomiarowego, wyznacza jednoznacznie poszukiwaną krzywą.

3. UWAGA NA TEMAT AUTONOMII METODY INDUKCYJNEJ

Zwolennicy różnych form hipotetyzmu kwestionują metodę indukcyjną m.in. na tej podstawie, że każda obserwacja, zakładając jakieś hipotezy, jest uteoretyzowana. Obserwując czarne kruki i zielone szmaragdy, musimy w celu identyfikacji kruków i szmaragdów założyć jakieś hipotetyczne kryteria przynależności do badanego gatunku. Nie istnieje zatem potwierdzenie czysto empiryczne, niezależnie od teoretycznych założeń. Założenia niezbędne do zdefiniowania „danych” (*empirical input*) będących podstawą indukcyjnych uogólnień nie mają jednak charakteru hipotez, które same — w tym samym czasie, co badanie indukcyjne, które je zakłada — są testowane za pomocą metody hipotetyczno-dedukcyjnej lub metody wnioskowania do najlepszego wyjaśnienia. Zakładane hipotezy są już, choćby tylko tymczasowo, zaakceptowane jako składniki wiedzy zastanej (*background knowledge*), niezależnie od metody będącej podstawą ich akceptacji. Można zatem śmiało uznać, że metoda indukcyjna działa w kontekście jakiejś wiedzy zastanej w sposób względnie niezależny od metod zastosowanych przy tworzeniu tej wiedzy zastanej.

Podążając jednak hipotetystyczną linią rozumowania, można podważyć autonomię metody indukcyjnej na tej zasadzie, że zależy ona od stosowania klauzuli *ceteris paribus*, która ma charakter falsyfikowalnej hipotezy. W ten sposób każde rozumowanie indukcyjne ma niejako wbudowany komponent hipotetyczno-dedukcyjny. W pewnym sensie tak jest. Niemniej klauzula *ceteris paribus* jest nie tyle hipotezą wchodzącą w skład wiedzy zastanej, ile założeniem przyjmowanym na zasadzie ignorancji. Klauzula mówi bowiem, że na podstawie niewiedzy na temat ewentualnej interwencji jakichś czynników nie bierzemy takiej interwencji pod uwagę. Inaczej mówiąc, klauzula *ceteris paribus* nie jest składnikiem wiedzy zastanej, lecz jej dopełnienia — niewiedzy zastanej. Klauzula *ceteris paribus* nie jest testowana metodą hipotetyczno-dedukcyjną w tym samym czasie co indukcyjne uogólnienia ją zakładające i jeśli zostanie w przyszłości sfalsyfikowana, to raczej z powodów zupełnie niezależnych od zależnych od niej uogólnień indukcyjnych. Rzekomy komponent hipotetyczno-dedukcyjny metody indukcyjnej, który pochodzi z klauzuli *ceteris paribus*, jest tylko futurologiczną możliwością, podczas gdy rzekomy komponent hipotetyczno-dedukcyjny metody indukcyjnej, który pochodzi z uteoretyzowania obserwacji, jest historyczną zaszczością.

BIBLIOGRAFIA

- Earman J. (1992), *Bayes or Bust?*, Cambridge (MA): MIT Press.
Glymour C. (1980), *Theory and Evidence*, Princeton (NJ): Princeton University Press.
Goodman N. (1954), *Fact, Fiction, and Forecast*, Cambridge (MA): Harvard University Press.
Grobler A. (2006), *Metodologia nauk*, Kraków: Aureus-Znak.
Harman G. H. (1965), *The Inference to the Best Explanation*, „Philosophical Review” 74(1), 88-95.
Hempel C. G. (1945), *Studies in the Logic of Confirmation*, „Mind” 54(213), 1-26.

- Lakatos I. (1970), *Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes* [w:] *Criticism and the Growth of Knowledge*, I. Lakatos, A. Musgrave (red.), Cambridge: Cambridge University Press.
- Lakatos I. (1995), *Falsyfikacja a metodologia naukowych programów badawczych* [w:] *Pisma z filozofii nauk przyrodniczych*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Lipton P. (1991), *Inference to the Best Eplanation*, London—New York: Routledge.
- Popper K. R. (1972), *Objective Knowledge*, Oxford: Oxford University Press.
- Popper K. R. (1992), *Wiedza obiektywna*, Warszawa: PWN.
- Watkins J. (1984), *Science and Scepticism*, Princeton (NJ): Princeton University Press.