

Marcin Krupa

Matematyka w badaniach polemologicznych

Civitas Hominibus : rocznik filozoficzno-społeczny 7, 125-140

2012

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.

Marcin Krupa

Matematyka w badaniach polemologicznych

Wstęp

Niniejszy artykuł dotyczy roli matematyki w badaniach politologicznych na przykładzie polemologicznym. Celem artykułu jest: po pierwsze, prezentacja filozofii poszczególnych szkół promujących dyfuzję matematyki na inne, dotychczas autonomiczne i antymatematyczne obszary nauk; po drugie, przedstawienie praktycznych efektów stosowania matematyki w najbardziej antymatematycznej sferze nauki, jaką jest polemologia; i po trzecie: przedstawienie indywidualnej filozofii nauki autora artykułu.

Celem drugiej części artykułu jest zaprezentowanie praktycznego wymiaru badań polemologicznych zrealizowanych przy pomocy metod matematycznych, na przykładzie prac słynnego matematyka, fizyka, chemika i biologa, a w następstwie owych badań również i polemologa, Lewisa Fry Richardsona. Natomiast część trzecia ma ogólny charakter, co wynika ze złożoności i rozciągłości problematyki, która może zostać przedstawiona jedynie w osobnym artykule.

Filozofia matematyki

Ogólnie o filozofii i matematyce

Zastosowany zwrot – filozofia matematyki – wykorzystany do określenia pierwszej części artykułu, ma bardzo względny charakter, a nawet wręcz irracjonalny. Irracjonalność ma swoje źródło w powszechnym naukowym przeświadczeniu, że matematyka i filozofia to dwa odrębne procesy poznania. Tym samym, celem posłużenia się takim określeniem nie jest prezentacja bardzo rozległej i niezwykle złożonej problematyki w jej holistycznym

wymiarze, lecz skupienie się w sposób ścisły tylko na jednej kwestii, a mianowicie na roli matematyki w naukach społecznych.

Stopniowe wyodrębnianie się z filozofii, począwszy od XVI wieku, szeregu nauk ścisłych opierających się na początkowych postulatach indukcji, empirii i eksperymentu Franciszka Bacona, przyczyniało się do marginalizacji filozofii w nauce i sprzyjało stopniowemu przekształcaniu matematyki – posługując się terminologią Immanuela Kanta – z jej apriorycznej postaci, do postaci aposteriorycznej¹. W ówczesnym czasie problem zastosowania matematyki w naukach społecznych nie istniał, ponieważ nie istniały nauki społeczne we współczesnym rozumieniu, a kiedy już się narodziły (od XVII do XX w., wiek XIX stanowił największy przełom), to nauki ścisłe miały za sobą ogromne sukcesy.

Wszystkie stopniowo wyodrębniane nauki społeczne miały tzw. charakter normatywny, a więc odwoływały się, poprzez swoją metodologię badawczą, zazwyczaj do tez filozofii scholastycznej, metafizyki, maksymalizmu, idealizmu itd., a więc czystej wiedzy apriorycznej, w niektórych przypadkach wzutej nawet z elementów analitycznych i syntetycznych. Tym samym doszło do podziału nauki na dwie sfery: wspomnianą normatywną, charakterystyczną dla nauk humanistycznych (o człowieku) i społecznych (o zbiorach ludzi), oraz pozytywną, charakterystyczną dla nauk ścisłych, mającą swoje podstawy w filozofii, jednak od filozofii się odzegnującą. Nauki społeczne odwoływały się poprzez swoją metodologię do tradycyjnej filozofii, natomiast nauki ścisłe systematycznie tworzyły swoją odrębną filozofię nauki, odwołując się do licznych dzieł filozoficznych, nie tylko realistów i empirystów, jak np. David Hume², John Stuart Mill³, lecz również idealistów, np. Georg Hegel⁴. Początki tej filozofii dał August Comte, który naukę upatrywał jako dociekanie faktów, tym samym jego filozofia nauki stała gdzieś pomiędzy empiryzmem a mistycyzmem. Comte nie był radykałem swojej filozofii, nie odrzucał elementów spirytystycznych ludzkiego poznania, tym samym pozytywizm w podstawowej formie nie był antyteologiczny⁵, jednakże stworzył podstawy do takiej interpretacji faktów, którą wykorzystał i rozwinął scjentyzm, którego twórcą był Karl Pearson. W scjentyzmie stwierdzano, że to, co się liczy, to jedynie zmysły i doznania (odwołanie do filozofii hedonizmu), **co jedynie** opisane i przetworzone matematycznie; tym samym odrzucano filozoficzną drogę poznania, jako nienaukową, czyli taką, z której nie można wyodrębnić wiedzy pewnej⁶. Gdy już wydawało się, że ten pogląd na naukę zdominuje ją ostatecznie, nowe podejście, odwołujące się do tradycji, zaproponował na przełomie XIX i XX wieku matematyk Edmund Husserl, który formułując teorię fenomenologiczną, udowodnił, że filozofia również może być nauką, jeżeli spełni określone kryteria⁷.

Tym samym w XX w. mamy do czynienia z dwoma wzajemnie zwalczającymi się stronnictwami, które w logicznej argumentacji od czasu do czasu osiągają nad sobą przewagę. Współcześnie poszczególne elementy obu szkół znajdują odzwierciedlenie w przeróżnych

¹ W. Tatarkiewicz, *Historia filozofii*, t. II, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1990, s. 24–27, 165–173.

² Tamże, s. 110–117.

³ W. Tatarkiewicz, *Historia filozofii*, t. III, Warszawa: PWN, 1990, s. 31–35.

⁴ Tamże, s. 213–218.

⁵ Tamże, s. 17–27.

⁶ Tamże, s. 80–84.

⁷ Tamże, s. 214–224.

procesach badawczych, w których uwidaczniają się ich słabe i mocne strony, co przyczynia się do ciągłych modyfikacji. W naukach społecznych popularnym stronnictwem jest np. postmodernizm, który poprzez swoje badania semantyczne wykazuje relatywizm i względność nauki, która, jak stwierdza, ma jedynie narracyjny charakter⁸. Wady semantyczne stara się wyeliminować neopozytywizm, który głosi potrzebę fizykalizacji języka nauki, jednakże w tym miejscu natrafia na problematykę metafizyczną, z którą tak bardzo walczy. Blokada metafizyczna polega na tym, że nie da się stworzyć uniwersalnego języka matematycznego dla wszystkich nauk, tym samym pojawia się konieczność budowy odrębnych języków matematycznych, czym, jak stwierdzają neopozytywiści, winna zająć się również filozofia. W neopozytywistycznej filozofii pojawiają się również problemy z jakością zdobytej wiedzy, okazuje się bowiem, że weryfikacja poprzez potwierdzanie rodzi liczne błędy; tym samym współcześnie postuluje się teorię falsyfikacji⁹ autorstwa Karla Poppera, która polega na stwierdzeniu, że teoria, a właściwie to wyłącznie hipoteza, powinna być skonstruowana w taki sposób, aby za pomocą danych empirycznych można było ją zweryfikować, co znaczy – jej zaprzeczyć. A więc hipoteza uznawana jest za prawdziwą, jeżeli jest skonstruowana w sposób empirycznie weryfikowalny i obowiązuje do momentu, dopóki nie została sfalsyfikowana, czyli nie znalazły się dane ją podważające. Jednakże teoria falsyfikacji rodzi kolejne problemy, ponieważ w praktyce autorzy hipotez modyfikują je o dane falsyfikujące, podważając jakość filozoficzną Poppera¹⁰.

Od strony fenomenologicznej nauka ma bardziej wyrazisty charakter, co wynika z teorii paradygmatu Tomasa Kuhna, w której stwierdza się, że obowiązuje ta teoria, która jest akceptowana przez świat nauki; a więc w świecie nauki obowiązuje paradygmat oparty na jednej bądź kilku wzajemnie uzupełniających się, logicznych i racjonalnych teoriach, które mają powszechną akceptację świata nauki. Nowa teoria, która nie spełnia ram paradygmatu, może zostać odrzucona lub wdrożona do głównego nurtu, modyfikując go. Jeżeli nowa teoria w lepszy sposób wyjaśniałaby otaczającą nas rzeczywistość, a byłaby w opozycji do paradygmatu, wówczas mogłaby, zgodnie z wolą świata nauki, stać się nowym paradygmatem¹¹.

Problematyka tego co naukowe, a co nienaukowe jest o wiele bardziej złożona i współcześnie nie zamyka się w kwestii samej matematyki. Ta złożoność zostanie przedstawiona w ramach następnej podczęści artykułu na przykładzie problematyki, do której odnosi się niniejszy artykuł: a więc matematyki na płaszczyźnie stosunków międzynarodowych i polemologii (politologia), jak również dla lepszego uwidocznienia problematyki roli matematyki w ekonomii i fizyce.

⁸ K. Sosenko, *Problemy filozofii i metodologii nauk dla ekonomistów*, Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, 2008, s. 130–142.

⁹ W. Tatarkiewicz, *Historia...*, dz. cyt., tom III, s. 338–346.

¹⁰ K. Popper, *Droga do wiedzy: Domyśły i refutacje*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999, passim; K. Popper, *Logika odkrycia naukowego*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1977, passim; K. Popper, *Wiedza obiektywna. Ewolucyjna teoria epistemologiczna*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002, passim.

¹¹ T. Kuhn, *Struktura rewolucji naukowych*, Warszawa: Fundacja Aletheia, 2001, passim.

Matematyka w naukach społecznych

Wielowiekowy, złożony spór, rozgrywający się na płaszczyźnie filozofii nauki, dotyczący m.in. kwestii roli matematyki stosowanej, przetoczył się w zaledwie dwadzieścia lat intensywnej debaty, która rozegrała się na płaszczyźnie nowej nauki, jaką są stosunki międzynarodowe.

Podstawy polemologii dały stosunki międzynarodowe, a więc nauka oficjalnie zrodzona na skutek okropieństw I wojny światowej. Stosunki międzynarodowe, jako jedna z najmłodszych dyscyplin naukowych, nieposiadająca twardego rdzenia, będąca co jedynie kompilacją politologii, ekonomii i prawa, wyznaczyła sobie za cel zrozumienie, jakie prawa rządzą relacjami międzynarodowymi, co w następstwie, w wymiarze stosowanym przybrało postać próby eliminacji zjawiska wojny. Nauka ta rozwija się w oparciu o wspomnianą filozofię paradygmatu, a mianowicie poprzez wielkie debaty. Do dnia współczesnego miały miejsce trzy ważne debaty: pierwsza i trzecia odnosiły się do próby skonstruowania efektywnej teorii, która sprawnie opisywałaby badaną rzeczywistość i dawałaby jej lepsze zrozumienie i wyjaśnienie, na podstawie czego można byłoby dokonywać procesów predykcji. Najważniejsza, z punktu dociekań niniejszego artykułu, była debata druga, w której zderzyły się ze sobą opisane we wcześniejszej części dwa stronnictwa filozofii nauk, w tym wypadku tradycjonalizm *versus* behawioryzm¹².

Behawioryzm jest to nurt myślowy wdrażający efekty rewolucji pozytywistycznej w ramy psychologii, która przez pozytywizm była eliminowana jako nauka (problematyka retrospekcji: nie można być podmiotem i przedmiotem poznania). Behawioryzm wdrożony do psychologii za sprawą Johna Watsona bada wpływ czynników zewnętrznych na odruchy i stany emocjonalne człowieka (badanie zależności). Wadą pierwotnego behawioryzmu było stwierdzenie, że człowiek nie ma świadomości, co przyczyniało się do tworzenia amoralnych tez uprzedmiotawiających człowieka¹³. Behawioryzm, w aspekcie matematycznym, różni się od neopozytywizmu, ponieważ koncentruje się na elementach indukcyjnych matematyki, natomiast tamten bardziej na kwestiach matematyki formalnej.

Słowo „behawioryzm” zapożyczyło stronnictwo pozytywistyczne w stosunkach międzynarodowych, promując bardziej naukowe – pozytywistyczne procesy badawcze. Termin „naukowe” nie jest równoznaczny z „matematyczne”, ponieważ pomiędzy metodologią pozytywistyczną a normatywną występują znaczne i złożone różnice. Naukowcy związani z tradycyjnym podejściem w stosunkach międzynarodowych zwracają uwagę na różnice dzielące nauki humanistyczne i społeczne od nauk ścisłych, stwierdzając, że owe różnice wymagają zastosowania odmiennej metodologii badawczej, opartej na elementach normatywnych. Natomiast przedstawiciele behawioryzmu nie dostrzegając owych różnic, głosząc konieczność wyeliminowania elementu normatywnego z nauk społecznych, który według nich jest źródłem braku postępu naukowego. Tym samym tradycjonalizm głosi konieczność realizacji badań o charakterze percepcyjnej i intuicyjnej dedukcji, opartej na

¹² A. Gałganek, *Geneza stosunków międzynarodowych i ich teoria*, [w:] W. Malendowski, Cz. Mojsiewicz (red.), *Stosunki międzynarodowe*, Wrocław: Atla2, 2004, s. 11–22; R. Zenderowski, *Stosunki międzynarodowe. Vademecum*, Wrocław: Atla2, 2005, s. 13–100.

¹³ W. Tatarkiewicz, *Historia...*, dz. cyt., s. 289–298.

wnioskowaniu charakterystycznemu dla filozofii połączonej ze swobodną interpretacją procesów historycznych¹⁴. Natomiast behawioryzm stwierdza, że poznanie, nawet na gruncie ludzkim i społecznym, powinno następować za sprawą rygorystycznych i ilościowo-indukcyjnych metod analizy, opartych na matematycznych mechanizmach przetwarzania danych empirycznych; dane powinny być pozyskiwane za sprawą taskonomizacji i kwantyfikacji historii, na tej podstawie należy tworzyć śmiało hipotezy i poddawać je ciągłej weryfikacji, by opracować precyzyjne definicje, których celem jest wykrycie praw uniwersalnych opisujących zachowanie państw¹⁵.

Matematyka w badaniach behawioralnych nie jest warunkiem koniecznym, tym samym mamy do czynienia z licznymi badaniami definiowanymi pozytywistycznie, lecz wyciętymi z jakichkolwiek elementów matematycznych. Za przykład podać można projekt *Correlates of War*, którego celem jest statystyczne ujęcie zjawiska wojny. Projekt został opracowany przez Dawida Singera i Melvina Smalla. W trakcie projektu uwidoczniły się wady filozofii pozytywistycznej, gdzie proces kwantyfikacji i taskonomizacji historii okazał się bardzo trudny; trudny do tego stopnia, że w ramach projektu mamy opracowane dane jedynie do poziomów podstawowych i nie ma mowy, jak na razie, o realizacji bardziej złożonych projektów, upodabniających statystykę wojny do statystyki *stricte* ekonomicznej¹⁶. Czynniki metodologiczne, na jakie zwraca się uwagę w ramach naukowych (pozytywistycznych) badań aspektów problematyki międzynarodowej to np. według Mortona Kaplana (czołowego przedstawiciela badań behawioralnych w stosunkach międzynarodowych) następujące kwestie:

1. wykrywania regularności, które można wyrazić za pomocą ogólnikowych zwrotów;
2. empiryczna weryfikacja postawionych tez;
3. opracowanie rygorystycznych technik interpretacyjnych;
4. dokonanie pomiaru;
5. systematyzacja i segregacja wiedzy;
6. ścisła interpretacja;
7. integracja nauk społecznych¹⁷.

Tego typu postulatów wśród naukowców deklarujących się jako zwolennicy behawioryzmu, empiryzmu czy innych rodzajów indukcyjnej filozofii pozytywistycznej jest bardzo wiele, jednak na deklaracjach się kończy, ponieważ ich badania zawierają liczne błędy metodologiczne (co nie znaczy, że wnioski z nich płynące nie są słuszne).

¹⁴ R. Jackson, G. Sorensen, *Wprowadzenie do stosunków międzynarodowych. Teorie i kierunki badawcze*, Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2006, s. 46, 54–58, 248–252, 269–282; H. Bull, *International Theory: The Case for a Classical Approach*, [w:] K. Knorr, J. Rosenau (red.), *Contending Approaches to International Politics*, Princeton: Princeton University Press, 1969, s. 20–38; A. Gałganek, *Geneza stosunków międzynarodowych...*, dz. cyt., s. 21; R. Zenderowski, *Stosunki międzynarodowe...*, dz. cyt., s. 56–59

¹⁵ R. Jackson, G. Sorensen, *Wprowadzenie do...*, s. 47–49, 61–63, 243–248, 250, 253–260, 264–269, 279–282. J.E. Dougherty, R.L. Pfaltzgraff, *Contending Theories of International Relations*, New York: Lippincott, 1971, s. 36–37; R. Zenderowski, *Stosunki międzynarodowe...*, dz. cyt., s. 56–59.

¹⁶ *Correlates of War*, <http://www.correlatesofwar.org/>, stan z 29.09.2010 r.

¹⁷ M. Kaplan, *System and Process in International Politics*, New York: Wiley, 1964, s. 21–53.

W ramach częściowego podsumowania stwierdzić należy, że w badaniach problematyki wojny mamy do czynienia z następującymi rodzajami badań: badania normatywne, w których najważniejszym czynnikiem jest czynnik interpretacji kwestii w aspektach ich słuszności etycznej, a najważniejszą kwestią jest kwestia sprawnego wywodu autora; tym samym stwierdzić należy, że z badaniami normatywnymi mamy do czynienia znacznie częściej, a niektóre badania deklarowane jako pozytywistyczne, strukturalnie bardziej odpowiadają badaniom normatywnym. Natomiast jeżeli chodzi o badania pozytywistyczne, to podzielić je można na indukcyjne niematematyczne, dedukcyjne niematematyczne, indukcyjne matematyczne, dedukcyjne matematyczne. Do indukcyjnych niematematycznych zaliczyć można badania zrealizowane przez największego przedstawiciela stosunków międzynarodowych, twórcę neorealizmu klasycznego Hansa Joachima Morgenthaua, który stwierdzał, że najważniejszym elementem w analizie relacji międzynarodowych jest jednostka i od niej należy zawsze rozpocząć proces analizy¹⁸. Do dedukcyjnych badań niematematycznych zakwalifikować można badania twórcy neorealizmu teorii stosunków międzynarodowych Kennetha Waltza¹⁹, który stwierdzał, że w badaniach problematyki międzynarodowej najważniejsza jest kwestia skupienia się na strukturze systemu międzynarodowego. Do indukcyjno-matematycznych badań zakwalifikować można badania Lewisa Fre Richardsona, któremu zostanie poświęcony cały następny rozdział. Powszechnie klasyfikuje się badania Richardsona w literaturze z zakresu topologii stosunków międzynarodowych jako próby modelowania, nie rozgraniczając kwestii matematycznych od niematematycznych, gdzie charakter modelowy mają również badania Waltza, analizujące i zamykające problematykę badań międzynarodowych w kategorii trzystopniowej: człowiek, państwo, system. Do dedukcyjnych matematycznych badań zakwalifikować można ewentualnie badania odnoszące się do kwestii zastosowania teorii gier (elementy logiki dedukcyjnej) w analizie problematyki międzynarodowej, pod warunkiem, że analizy realizowane są w sposób dedukcyjny. W aspekcie dedukcyjności matematycznej badań nad zjawiskiem wojny występuje znacząca luka badawcza, którą warto zapłacić, a co do której odnosi się m.in. część trzecia niniejszego artykułu.

Posługując się terminologią znanego ekonomisty, Tomasa Mayera, tę formę matematyki (mowa o dedukcji) określić można słowem **formalna** (pojęcie zapoczątkowane przez Davida Hilberta pod koniec XIX w., odnoszące się do wspomnianej kwestii neopozytywistycznej idei fizykalizacji)²⁰. Matematyka formalna jest stosowana na coraz większą skalę w ekonomii matematycznej, wypierając tracącą swoją pozycję ekonometrię, która oparta jest na elementach arytmetycznych i statystycznych (a więc indukcyjne spojrzenie na empiryczny wymiar rzeczywistości gospodarczej zapoczątkowane próbą nadania ekonomii statusu ścisłego przez pierwsze prace z tego zakresu opracowane w latach 30. i 40. XX wieku przez m.in. Jana Tinbergena i Paula Samuelsona). Początkowo sądzono, że matematyka induk-

¹⁸ H.J. Morgenthau, *Polityka między narodami. Walka o potęgę i pokój*, Warszawa: Difin, 2010, passim.

¹⁹ K. Waltz, *Man, the State, and War*, Columbia: Columbia University Press, 2001, passim; K. Waltz, *Theory of International Politics*, Mess: Addison-Wesley Publishing Company, 1979, passim.

²⁰ T. Mayer, *Prawda kontra precyzja w ekonomii*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1996, passim; W. Tatarkiewicz, *Historia...*, dz. cyt., t. III, s. 270–271.

cyjna, przetwarzająca ekonomiczne dane ilościowe w ekonomii, stanowić będzie panaceum odkrywcze na wszystkie jej bolączki, jednak tak się nie stało. Współcześnie świat ekonomii stopniowo odchodzi od metod ilościowych, zarzucając im co następuje:

1. niemożność konstrukcji w oparciu o jej wyniki teorii i to, że wyniki mieszczą się w teoriach wolnych od empirycznego skażenia;
2. indukcja matematyczna zależna jest od danych empirycznych – wystarczy, że pojawiają się dane odmienne, wówczas wszystkie poprzednie obliczenia tracą sens, a ponadto skomplikowane procedury obliczeniowe przyczyniają się do licznych błędów;
3. ilość i jakość danych empirycznych jest ograniczona;
4. w ekonomii istnieją liczne zmienne niemierzalne, które należy uwzględnić;
5. procesy społeczne prawdopodobnie są zmienne lub ewentualnie o wiele bardziej złożone niż dotychczas przypuszczano, czego nie jest w stanie objąć wiedza empiryczna, jak również w naukach społecznych trudno dokonać eksperymentu²¹.

Wszystko to powoduje, że indukcyjna matematyka utraciła swój prym w ekonomii. Jednak są grupy naukowców broniących indukcyjnej matematyki, przykładem jest wspomniana osoba Mayera, który stwierdza, że mimo licznych błędów ekonometria wprowadza nieco światła do procesu poznania, jednocześnie krytykuje formalizm za bycie niczym innym jak formą filozofii matematycznej służącej co jedynie matematyce, a nie ekonomii²². Ekonometrię ratują również wprowadzane nowe procedury *a-priori* (*ekonometria bayesowska*), jednakże są one bardzo skomplikowane i zanieczyszczone elementami subiektywnymi²³. Tym samym współcześnie matematyka stochastyczna, analizująca probabilistyczny proces zdarzeń, choć popularna, praktycznie nie przynosi obfitych owoców: powoduje to, że tradycyjne teorie ekonomiczne, które przyczyniły się do znacznych przełomów w tej nauce, oparte na intuicji i percepcji wspartej matematyką formalną, wróciły do łaski jako nadzieja na dokonanie wyraźniejszych i praktyczniejszych postępów naukowych w tej bardzo względnej nauce.

Na przykładzie ekonomii uwidacznia się filozoficzna rywalizacja pomiędzy stronnictwami matematycznego dojścia do prawdy ostatecznej. Mimo licznych niepowodzeń matematyki na płaszczyźnie ekonomicznej, współcześnie nikt nie wyobraża sobie, aby jakkolwiek postęp naukowy w tej dziedzinie mógł zostać dokonany bez matematyki, a nawet jeżeli tak, to słowa (semantyka) zastąpione powinny być przez jaśniejsze, precyzyjniejsze, uniwersalne, treściwe i logiczno-weryfikowalne słownictwo matematyki formalnej, wyrażające się np. przy pomocy języka algebraicznego. Potęga matematyki nie jest tak bardzo wyraźna na płaszczyźnie ekonomicznej, co zapewne wynika z postmodernistycznego i konstruktywistycznego faktu wyższego poziomu złożoności rzeczywistości społecznej, która wymaga opracowania nowych technik matematycznych.

Postulat konieczności budowy nowego działu matematyki, uwzględniającego prawa społeczne, jest uzasadniony, a to uzasadnienie uwidacznia przestrzeń fizyczna, w której matematyka jest dominującym narzędziem w procesie poznania. W przypadku nauk społecznych

²¹ H. Landreth, D.C. Colander, *Historia myśli ekonomicznej*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1998, s. 729–738.

²² T. Mayer, *Prawda kontra...*, dz. cyt., passim.

²³ H. Landreth, D.C. Colander, *Historia myśli...*, dz. cyt., s. 739–740.

ważne jest pytanie, jakimi prawami rządzą się owe nauki? Bardzo wyraźnie dylemat wzięcia w posiadanie przez badacza odpowiedniego narzędzia matematycznego, uwidaczniają badania prowadzone przez Alberta Einsteina, który nie opracowałby swojej rewolucyjnej teorii bez uświadomienia sobie, że geometria euklidesowa nie ma zastosowania do rzeczywistości astronomicznej, a ma ją dopiero co opracowana geometria Riemanna. Podobne zależności zaobserwowano w procesie tworzenia technologii telekomunikacyjnych i informatycznych, gdzie geometria euklidesowa nie miała praktycznego zastosowania, w przeciwieństwie do geometrii fraktalnej, opracowanej zaledwie kilkanaście lat wcześniej przez francuskiego Żyda polskiego pochodzenia Benoita Mandelbrota. Tym samym stwierdzić należy, być może nieco stroniczo, że efektywniejszym narzędziem w procesie poznania są metody matematyki dedukcyjnej (w ramach których stosuje się m.in. analizę geometryczną i algebrę opisową), jako wyraz siły ludzkiego rozumu, wolnego od doświadczeń empirycznych, co potwierdza z całą siłą teoria względności Einsteina, której słusność potwierdziły dopiero późniejsze empiryczne eksperymenty o sile grawitacji (a dokładniej zakrzywieniu czasoprzestrzennym), która jest w stanie zmienić tor światła. Efektywność matematyki formalnej, odwołującej się w swojej tradycji do filozofii rozumu (a nie do doznań, jak empiryzm), uwidacznia z całą siłą fizyczna teoria strun, która dokonała bardzo głębokiego wglądu w otaczającą nas rzeczywistość, tak głębokiego, że wniosków płynących z owej teorii nigdy nie będzie można zweryfikować eksperymentalnie – a przecież nigdy w fizyce nie zdarzyło się, żeby wnioski płynące z precyzyjnej konstrukcji matematycznej nie były prawdą²⁴. I właśnie tego typu badań brakuje na płaszczyźnie zjawiska wojny!

Lewis Fry Richardson

Słowo wstępne

Najważniejszym i najsłynniejszym badaczem używającym technik matematycznych w badaniach wojny był Lewis Fry Richardson, który przeprowadził liczne analizy tego fenomenu na przestrzeni lat 40. XX wieku, a więc jeszcze przed rozpoczęciem się drugiej debaty w stosunkach międzynarodowych. Jest on pierwszym badaczem, i do dnia dzisiejszego również jednym z nielicznych, który zastosował techniki matematyczne na gruncie badań socjologicznych i politologicznych. Jego badania, obok badań przeprowadzonych przez ekonomistę Edwarda Deweya, politologa Quincy Wrighta i socjologa Pitirima Sorokina, budują fundamenty polemologii, jako nauki już odrębnej. Badania Richardsona, Wrighta, Sorokina, Deweya mają charakter badań bardziej ścisłych, które zakwalifikować można w ogólnej formie do grupy badań pozytywistycznych, jednakże jedynie w badaniach Richardsona w sposób otwarty zastosowano metody matematyczne.

²⁴ M.F. Barnsley, H. Rising, *Fractals Everywhere*, Boston: Academic Press Professional, 1993, passim; A. Pais, *Pan Bóg jest wyrafinowany... Nauka i życie Alberta Einsteina*, Warszawa: Prószyński i S-ka, 2001, passim; S.W. Hawking, *Krótką historia czasu od wielkiego wybuchu do czarnych dziur*, Poznań: Zysk i S-ka, 2010, passim; L. Smolin, *Kłopoty z fizyką. Powstanie i rozkwit teorii strun, upadek nauki i co dalej*, Warszawa: Prószyński i S-ka, 2008, passim.

Wykształcenie i kariera zawodowa

Lewis Fry Richardson urodził się w 1881 r. w Anglii, natomiast zmarł w 1953 r. w Szkocji. Średnie wykształcenie zdobył na prywatnej uczelni, w której zainteresował się meteorologią, matematyką i biologią, i wierzył, że moralność jest głównym wyznacznikiem nauki; moralność również stanowiła główny wyznacznik pacyfistycznych poglądów Richardsons. Po ukończeniu szkoły rozpoczął intensywne studia w zakresie nauk ścisłych, w ramach których zrealizował liczne kursy z zakresu matematyki, fizyki, chemii, botaniki i zoologii. Później, celem lepszego zrozumienia zjawisk społecznych, rozpoczął studia z zakresu psychologii, ostatecznie uwieńczone rozprawą doktorską zatytułowaną *The Mathematical Psychology of War*, obronioną w wieku lat 47.

Richardson przez połowę swojego życia pracował na uczelniach i w rządowych instytucjach, również wojskowych, głównie jako naukowiec i wykładowca, rozwijając swoją wiedzę zwłaszcza w zakresie matematyki, fizyki i chemii. Pracując w instytucie meteorologii, poprzez zastosowanie rachunku różniczkowego i rachunku prawdopodobieństwa, opracował metody przewidywania pogody, które, ze względu na ogrom obliczeń (przewidzenie pogody na następny dzień wymagało obliczeń 60 000 osób) w czasach przedkomputerowych, wyprzedzały swój czas (metoda opracowana w 1922 r. stosowana jest do dnia dzisiejszego). Dopiero mniej więcej od drugiej połowy swojego życia, wykorzystując techniki matematyczne zastosowane wcześniej w metrologii, podjął się analiz zjawiska wojny. Richardson również dokonał innych licznych odkryć w różnych obszarach badawczych, zwłaszcza w samej matematyce (np. *ekstrapolacja Richardsons*, *iteracja Richardsons*) za pośrednictwem której stworzył lepsze algorytmy opisujące m.in. procesy fizyczne (np. *liczba Richardsons*). Ponadto, w badaniach relacji zachodzących pomiędzy granicami międzynarodowymi a zjawiskiem wojny, wykrył nieścisłości w pomiarach długości granic i celem ich wyeliminowania dał podstawy do stosowania w tej materii obliczeń zaczerpniętych z geometrii fraktalnej²⁵.

Badania wojny

Richardson w swoich badaniach eliminował element decyzyjny (administracja państwowa i przywództwo narodowe), koncentrując się bardziej na psychologii całego społeczeństwa. Tym samym politologiczne stwierdzenie, że polityka państwa jest racjonalna, zastąpił przekonaniem o irracjonalnym zachowaniu człowieka, od czego wychodził w swoich badaniach (a dokładnie założeniem, że relacjami międzypaństwowymi rządzą emocje). Przyjęcie takiego założenia *a-priori* równało się z koniecznością bardzo względnych ilościowych analiz postaw i nastrojów, wymagało to w następstwie uśrednienia owych postaw i nastrojów.

Pierwszą pracą Richardsons była wspomniana rozprawa zatytułowana: *The Mathematical Psychology of War*, napisana w 1919 r., na podstawie której Richardson otrzymał tytuł

²⁵ W.T.R. Fox, *Prophet or Professor? The Life and Work of Lewis Fry Richardson*, „The Journal of Conflict Resolution (1986–1998)”, 1986, vol. 30, nr 4, p. 736, ProQuest (15.05.2012); S.A. Richardson, *Lewis Fry Richardson (1881–1953): A Personal Biography*, „The Journal of Conflict Resolution (pre-1986)”, 1957, vol. 3, nr 1, ProQuest (15.05.2012); J.J. O’Connor, E.F. Robertson, *Lewis Fry Richardson*, <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Richardson.html>, stan z 03.11.2012 r.

doktora, a która ukazała się dopiero w 1935 r. W swoich równaniach Richardson określił relacje międzynarodowe, ujmując w parametry m.in. takie racjonalne czynniki jak koszty zbrojeń, i irracjonalne jak ambicje i niechęci państw. Richardson starał się określić, w jakich sytuacjach parametry są stabilne, a w jakich nie. Ogólnie badania, choć ciekawe i obfite w przeróżne wnioski, nie miały żadnego przełożenia praktycznego i stanowiły raczej wyraz emocjonalnej niechęci ich autora do wojny²⁶.

Richardson zaczął aktywnie prowadzić badania dotyczące wojny dopiero od 1940 r., po przejściu na emeryturę. Nowe badania, które ukończone zostały w 1950 r., nosiły nazwę *Statistics of Deadly Quarrels*. W ramach tych badań w pierwszej kolejności Richardson opracował statystykę zjawiska wojny na przestrzeni lat 1815–1945. Definicje zjawiska wojny opracowane przez Richardсона, odmienne od tych zawartych w prawie międzynarodowym, stanowią podstawę do opracowywania i rozwoju innych statystyk z tego zakresu, czego najlepszym przykładem jest projekt *Correlates of War*. Niniejsza definicja wojny brzmi, tłumacząc na język polski, mniej więcej w ten sposób:

[...] trwała walka z udziałem zorganizowanej siły zbrojnej, w trakcie której śmierć poniosło nie mniej niż 1000 osób w nie dłuższym przedziale czasu niż jeden rok.

Jeżeli dany spór nie wchodzi w skład powyższej definicji, wówczas określa się go mianem konfliktu i tworzy się odmienną statystykę (współcześnie wojny dzieli się na liczne kategorie, np. wewnętrzne, międzypaństwowe, między państwem a nie-państwem, niepaństwowe). W następnej kolejności Richardson starał się odnaleźć liczby określające wielkość wojny: w tym celu opracował dziesiątą skalę logarytmu określającą ilość zabitych, która pomogła w procesie kwantyfikacji i typologizacji wojen. W następnej kolejności rozpoczęły się żmudne analizy korelacji między zmiennymi: korelacja częstotliwości i wielkości wojen; korelacja częstotliwości i kulturowo-językowych powiązań wojen; korelacja częstotliwości a aspekty powiązań religijnych; korelacja pomiędzy częstotliwością a globalnością i regionalnością wojen; korelacja pomiędzy częstotliwością a wydarzeniami sportowymi; korelacja częstotliwości a skali zbrojeń; korelacja częstotliwości wojen pomiędzy sojusznikami itp.

Badania Richardсона są bardzo obszerne i w analizach korelacyjnych dopatrzeć można się licznych związków. W seriach analiz uwidaczniają się w sposób ciekawy zwłaszcza dwa wnioski. Ludzie mogą walczyć ze sobą głównie z dwóch względów: pierwszym jest religia, a drugim ekonomia (dokładnie chodziło o handel); tym samym ilość wojen redukuje etyka i dobrobyt (podobne prawidłowości, zwłaszcza w aspekcie religijnym, zaobserwował Dewey).

W aspekcie prawidłowości procesu wojny, ciekawym wnioskiem jest wzór stwierdzający, że większym zagrożeniem są mniejsze wojny, dlatego że ich liczba jest dużo większa i w globalnej postaci niosą dużo większą liczbę ofiar. Podobne prawa występują w innych obszarach procesów społecznych, np. w procesach migracyjnych – rozłożenie populacji; w procesach ekonomicznych – rozłożenie centrów handlowych; w procesach urbanizacyj-

²⁶ L.F. Richardson, *Mathematical Theory of War*, „The Journal of Conflict Resolution (pre-1986)”, 1957, vol. 1, nr 3, p. 249, ProQuest z 15.05.2012 r.; M.D. Intriligator, *Strategic Considerations in the Richardson Model of Arms Races*, „Journal of Political Economy—The University Chicago Press”, 1975, vol. 83, nr 2, s. 339–354, <http://www.jstor.org/stable/1830926>, stan z 03.11.2012 r.; M.D. McGinnis, *Richardson, Rationality, and Restrictive Models of Arms Races*, „The Journal of Conflict Resolution (1986–1998)”, 1991, vol. 35, nr 3, p. 443, ProQuest z 15.05.2012 r.

nych – więcej małych miast itp. Richardson zauważa w badaniu zjawiska wojny, że istnieje możliwość dokonania jego predykcji. Mowa głównie o predykcji skali wojny, którą według Richardsonsena można dokonać za pomocą rozkładu Poissona²⁷.

Reasumując: Richardson był pionierem w swoich matematycznych badaniach nad zjawiskiem wojny, przy okazji spostrzegając istnienie licznych prawidłowości matematycznych i tym samym ulepszając metody ilościowe w samej matematyce. Do największych sukcesów Richardsonsena zaliczyć można zwłaszcza opracowanie statystyki zjawiska wojny i jego estymacji, dokonaną przy pomocy – współcześnie już nieco przestarzałych – metod matematyki statystycznej, arytmetycznej, rachunku różniczkowego i rachunku prawdopodobieństwa (metody zaliczane do współczesnej ekonometrii). Analizy korelacji zmiennych endogenicznych ze zmiennymi egzogenicznymi wykazały istnienie licznych powiązań pomiędzy przeróżnymi procesami społecznymi, zachodzących na płaszczyźnie zjawiska wojny. Ponadto, badania Richardsonsena wykazały, że matematyka może być skutecznym narzędziem w badaniu procesów społecznych; jednakże cały proces badawczy nie był do końca doskonały i zawierał w sobie liczne błędy, o których pojawiło się już parę słów w ramach charakteryzowania wad matematyki ilościowej stosowanej na płaszczyźnie ekonomicznej.

Wyodrębnić można następujące niedoskonałości matematyki ilościowej zastosowanej przez Richardsonsena w badaniach nad fenomenem zjawiska wojny:

1. Fenomen wojny ma charakter dynamiczny; wojną rządzą prawa falowe, natomiast zastosowana matematyka ma charakter statyczny, tym samym niniejsze metody wyłapują wąskie tło badanej rzeczywistości, a pozyskane liczne spostrzeżenia mają jedynie charakter ogólny i trudno je ze sobą powiązać.
2. Problem obiektywizmu badacza: matematyka, co jest jej plusem, zapewnia badającemu procesy polityczne obiektywizm, czego nie czynią tradycyjne badania, jednakże w przypadku Richardsonsena podejście pacyfistyczne zniekształca interpretacje wyników badawczych, jak również uwidacznia się słaba wiedza autora na temat głębokiej złożoności procesów społecznych, które traktowane są jedynie jako proste liczebności.
3. W badaniach używa się jedynie tradycyjnych metod matematycznych, których źródłem powstania są prawa czysto mechaniczne, tym samym odnajdują one bardziej zastosowanie do elementów tworów fizycznych i inżynierskich, niż społecznych.

²⁷ P. Noel-Baker, S. Melman, *Statistics of Deadly Quarrels by Lewis Fry Richardson; Arms and Insecurity: The Theory of Arms Races by Lewis Fry Richardson*, „Management Science—Informs”, 1959, vol. 6, nr 1, s. 134–140, <http://www.jstor.org/stable/2627484>, stan z 03.11.2012 r.; L.F. Richardson, *The Distribution of Wars in Time*, „Journal of the Royal Statistical Society”, 1994, vol. 107, nr 3/4, s. 242–250, <http://www.jstor.org/stable/2981216> stan z 24.07.2011 r.; L.F. Richardson, *Contiguity and Deadly Quarrels: The Local Pacifying Influence*, „Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)”, 1952, vol. 115, nr 2, s. 219–231, <http://www.jstor.org/stable/2981156>, stan z 24.07.2011 r.; L.F. Richardson, *Variation of the Frequency of Fatal Quarrels With Magnitude*, „Journal of the American Statistical Association”, 1948, vol. 43, nr 244, s. 523–546, <http://www.jstor.org/stable/2280704>, stan z 24.07.2011 r.; L.F. Richardson, *Arms and Insecurity*, Pittsburgh: Boxwood Press, 1960; L.F. Richardson, *The Number of Nations on Each Side of a War*, „Journal of the Royal Statistical Society”, 1946, vol. 109, nr 2, s. 130–156, <http://www.jstor.org/stable/2981178>, stan z 24.07.2011 r.; L.F. Richardson, *Three Arms-Races and Two Disarmaments*, „The Indian Journal of Statistics (1933–1960)”, 1953, vol. 12, nr 3, s. 205–228, <http://www.jstor.org/stable/25048130>, stan z 24.07.2011 r.; E.R. Dewey, *The Case for Cycles*, „Cycles Research Institute”, http://cyclesresearchinstitute.org/cycles-general/case_for_cycles.pdf, stan z 03.11.2012 r.

4. Każde badania realizowane na gruncie społecznym, nawet matematyczne, wymagają uformowania podstaw, które mogą mieć tylko charakter metafizyczny. W przypadku Richardsona była to filozofia instynktownego, emocjonalnego i tym samym behawioralnego zachowania istot ludzkich, które ma jedynie fizyczną i deterministyczną konsystencję.

Teoria metodologii

W badaniach naukowych cechą cieszącą się największym zapotrzebowaniem jest oryginalność, nie tylko tematyczna, lecz również metodologiczna. Celem powyższych części było zaprezentowanie najsłabszych elementów przeprowadzonych procesów badawczych, natomiast celem niniejszym jest eliminacja owych wypunktowanych wad, jak również nakreślenie nowych.

Jedną z takich wad jest nadmierne koncentrowanie się na metodach badawczych wykształcenia ich operatora. Tym samym stwierdzić należy, że nie tylko pojęcia i zakres tematyczny powinny być interdyscyplinarne, lecz interdyscyplinarna powinna być również metodologia badawcza. Kolejną wadą jest również holistyczne podejście do problemu wojny, a istnieje przecież również opcja redukcjonistyczna. Ostatnią wadą jest ilościowa analiza, a przecież jeszcze istnieje opcja jakościowa.

Tym samym zaproponować można następującą technikę badawczą. W pierwszej kolejności należy wyodrębnić liczne zmienne, które powinny być zmiennymi interdyscyplinarnymi. Zmienne powinny być w postaci statystycznej i cyklicznej, powinny być sformułowane w licznych konfiguracjach, jak również historia wybranego obszaru badawczego powinna ulec procesowi kwantyfikacji, który uformowałby podstawowe wzory. Proces badawczy powinien stanowić próbę korelacji statystyki całego fenomenu zjawiska wojny, podzielonego na segmenty i poddziały, jak również korelacji statystyki ekonomicznej i militarnej aktywności wybranego państwa.

Po sformułowaniu zmiennych i ich zestawieniu najlepiej dokonać pierwszych wizualnych obserwacji i na tej podstawie wyciągnąć odpowiednie wnioski i postawić hipotezy. Następnie, celem potwierdzenia, zaprzeczenia lub budowy nowych hipotez, należy zastosować matematyczne metody ilościowej analizy, po czym wnioski wyciągnięte z owych analiz należałoby skonfrontować z innymi teoriami politologicznymi i samą historią, budując w pełni wartościową teorię, która w pierwszej kolejności opisuje i wyjaśnia procesy badanych zjawisk i ich korelacji, a w następnej kolejności apriorycznie formułuje teorię, starającą się lepiej wyjaśnić szersze procesy relacji międzynarodowych. Tym samym wiedza pozyskana drogą indukcyjną (empiria, statystyka, ocena intuicyjna, indukcja matematyczna [poszczególne działy rachunku różniczkowego, rachunku prawdopodobieństwa, statystyki matematycznej, ekonometrii, logiki matematycznej, kombinatoryki itp.], wnioski, analizy politologiczne [fakty historyczne, specyfiki politologiczne]) powinna ulec ostatecznej ścisłej formalizacji (algebra, geometria, zwłaszcza analityczna, ewentualnie inne dedukcyjne działy rachunku różniczkowego i różnicowego, logiki dedukcyjnej itp.). Podczas procesu formalizacji wiedzy konieczne staje się opracowanie uniwersalnych wzorów określających

prawa rządzące badaną rzeczywistością, to z kolei wymaga zastosowania licznych uzupełnień *a priori* i opracowania, zgodnie z neopozytywistycznym postulatem, odrębnego języka matematycznego, adekwatnego do badanego obszaru. Tym samym, formalizując wiedzę można używać np. algebry i geometrii jako metody analitycznej, jak również – ku czemu należy być bardziej skłonny – do opisu zaobserwowanych praw, jednocześnie przyczyniając się do realizacji idei uniwersalności języka matematyki i jego fizykalizacji. Tak skonstruowana teoria stanowi połączenie interdyscyplinarności zastosowanych działów wiedzy i ich metod badawczych, jak również stanowi połączenie pozytywistycznych i fenomenologicznych postulatów filozofii nauk.

Podsumowanie

Zastosowanie metod matematycznych w badaniach politologicznych wymaga umiarkowanego i rozsądnego podejścia. Największym zagrożeniem dla racjonalności badawczej i konstruujących się wniosków jest radykalizm. Tradycjoniści odwołują się do humanistycznych aspektów badawczych, co wynika raczej nie z pewności wiedzy o niemożności zastosowania bardziej ścisłych i precyzyjniejszych mechanizmów badawczych, lecz raczej z niewiedzy o możliwościach, jakie daje matematyka. Wynika to głównie z konstrukcji wykształcenia badacza procesów społecznych. Współczesny polski system edukacji osłabia pozycję matematyki w procesach kształcenia, jak również samo kształcenie w tym zakresie nie stoi na wysokim poziomie. Inaczej sytuacja prezentuje się w przypadku systemu edukacyjnego USA, gdzie nauki polityczne, jako studia magisterskie 3–4-letnie, realizują osoby, które kończą wydziały matematyczne czy inne statystyczne, fizyczne itp. studiów pierwszego stopnia (*collage* 2–3 lata). Istnieje silna presja, aby osoby, które zrealizowały studia I stopnia z kierunków bardziej ścisłych, realizowały studia II stopnia w obszarach bardziej humanistycznych, i na odwrót. Taka konstrukcja systemu, jak również wysokie wymagania edukacyjne, owocują tym, że amerykańskie uczelnie zajmują pierwsze lokaty w rankingach najlepszych uczelni na świecie, a cały kraj przoduje w rozwoju naukowo-technologicznym. Jednakże nadmierna koncentracja na matematyce powoduje zatracanie wiedzy i instynktu scholastycznej i metafizycznej interpretacji otaczającej nas rzeczywistości.

Umiejętność abstrakcyjnego myślenia jest bardzo ważna; abstrakcja stanowi istotne oblicze również i matematyki, dlatego osoby wdrażające matematykę w badania społeczne popełniają przeciwstawny do humanistów grzech radykalizmu. Polega on na tym, jak pisze m.in. Thomas Mayer, że rzeczywistość społeczna przybiera jedynie formę zdegradowaną do poziomu prostych empirycznych liczebności, których przetwarzanie nie służy poznaniu prawdy społecznej, praw rządzących zachowaniem człowieka i mas ludzkich, lecz służy wyłącznie samej matematyce, która jako jedyna się rozwija. Jeżeli taki sposób badawczy będzie dominował, to matematyka zatraci swój praktyczny element i przestanie być matematyką również stosowaną, a pozostanie jedynie teoretyczną, skazaną na filozoficzną autonomizację. Tym samym, prowadząc badania społeczne warto pamiętać, że matematyka nie może istnieć jedynie dla matematyki.

Bibliografia

Angel N., *The Great Illusion. A Study of the Relation of Military Power to National Advantage*, London: William Heinemann, 1910.

Barnsley M.F., Rising H., *Fractals Everywhere*, Boston: Academic Press Professional, 1993.

Barro R., *Makroekonomia*, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 1997.

Begg D., Fischer S., Rudiger D., *Makroekonomia*, Warszawa: Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, 1996.

Blaug M., *Metodologia ekonomii*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1995.

Bull H., *The Anarchical Society: A Study of Order in World Politics*, London: Macmillan, 1997.

Bull H., *International Theory: The Case for a Classical Approach*, [w:] K. Knorr, J. Rosenau (red.), *Contending Approaches to International Politics*, Princeton: Princeton University Press, 1969, s. 20–38.

Burchill S., Devetak R., Linklater A., Paterson M., Reus-Smit Ch., True J., *Teorie stosunków międzynarodowych*, Warszawa: Książka i Wiedza, 2006.

Burton J.W., *International Relations. A General Theory*, Cambridge: Cambridge University Press, 1965.

Carr E., *The Twenty Years Crisis 1919–1939*, New York: Perennial, 2001.

Correlates of War, <http://www.correlatesofwar.org/>, stan z 29.09.2010 r.

Dewey E.R., *The Case for Cycles*, „Cycles Research Institute”, http://cyclesresearchinstitute.org/cycles-general/case_for_cycles.pdf, stan z 03.11.2012 r.

Dougherty J.E., Pfaltzgraff R.L., *Contending Theories of International Relations*, New York: Lippincott, 1971, s. 36–37.

Fox W.T.R., *Prophet or Professor? The Life and Work of Lewis Fry Richardson*, „The Journal of Conflict Resolution (1986–1998)”, 1986; vol. 30, nr 4, s. 736.

Gałganek A., *Geneza stosunków międzynarodowych i ich teoria*, [w:] W. Malendowski, Cz. Mojsiewicz (red.), *Stosunki międzynarodowe*, Wrocław: Atla2, 2004.

Gałganek A., *Historia teorii stosunków międzynarodowych*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009.

Hawking S.W., *Krótką historia czasu od wielkiego wybuchu do czarnych dziur*, Poznań: Zysk i S-ka, 2010.

Holliday F., *Rethinking International Relations*, London: Macmillan, 1994.

Intriligator M.D., *Strategic Considerations in the Richardson Model of Arms Races*, „Journal of Political Economy – The University Chicago Press”, 1975, vol. 83, nr 2, s. 339–354, <http://www.jstor.org/stable/1830926>, stan z 03.11.2012 r.

Jackson R., Sorensen G., *Wprowadzenie do stosunków międzynarodowych. Teorie i kierunki badawcze*, Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2006.

Kamieński L., *O przyczynach wojny*, „Wrocławskie Studia Politologiczne”, 2005, nr 6, s. 2–14.

- Kaplan M., *System and Process in International Politics*, New York: Wiley, 1964.
- Kondziela J., *Badania nad pokojem: teoria i jej zastosowania*, Warszawa: Ośrodek Dokumentacji i Studiów Społecznych, 1974.
- Kuderowicz Z., *Filozofia nowożytnej Europy*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1989.
- Kuhn T., *Struktura rewolucji naukowych*, Warszawa: Fundacja Aletheia, 2001.
- Landreth H., Colander D.C., *Historia myśli ekonomicznej*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1998.
- Malendowski W., Mojsiewicz Cz. (red.), *Stosunki międzynarodowe*, Wrocław: Atla2, 2000.
- Mayer T., *Prawda kontra precyzja w ekonomii*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1996.
- McGinnis M.D., *Richardson, Rationality, and Restrictive Models of Arms Races*, „The Journal of Conflict Resolution (1986–1998)”, 1991, vol. 35, nr 3, s. 443.
- Morgenthau H.J., *Polityka między narodami. Walka o potęgę i pokój*, Warszawa: Difin, 2010.
- Noel-Baker P., Melman S., *Statistics of Deadly Quarrels by Lewis Fry Richardson; Arms and Insecurity: The Theory of Arms Races by Lewis Fry Richardson*, „Management Science-Informs”, 1959, vol. 6, nr 1, s. 134–140, <http://www.jstor.org/stable/2627484>, stan z 03.11.2012 r.
- Nye S.J., *Konflikty międzynarodowe. Wprowadzenie do teorii i historii*, Warszawa: Wydawnictwo Akademickie i Profesjonalne, 2009.
- O'Connor J.J., Robertson E.F., *Lewis Fry Richardson*, <http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Richardson.html>, stan z 03.11.2012 r.
- Pais A., *Pan Bóg jest wyrafinowany... Nauka i życie Alberta Einsteina*, Warszawa: Prószyński i S-ka, 2001.
- Popper K., *Droga do wiedzy. Domysły i refutacje*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999.
- Popper K., *Logika odkrycia naukowego*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1977.
- Popper K., *Wiedza obiektywna. Ewolucyjna teoria epistemologiczna*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002.
- Rohaly J., *Makroekonomia dla zaawansowanych. Rozwiązania problemów*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2001.
- Rojek W., *Historia nowoczesnych stosunków międzynarodowych*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2010.
- Romer D., *Makroekonomia dla zaawansowanych*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 2000.
- Smolin L., *Kłopoty z fizyką. Powstanie i rozkwit teorii strun, upadek nauki i co dalej*, Warszawa: Prószyński i S-ka, 2008.
- Sosenko K., *Problemy filozofii i metodologii nauk dla ekonomistów*, Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, 2008.
- Tatarkiewicz W., *Historia filozofii*, t. I–III, Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, 1990.

Taylor E.F., Wheeler J.A., *Fizyka czasoprzestrzeni*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1975.

Waltz K., *Man, the State, and War*, Columbia: Columbia University Press, 2001.

Waltz K., *Theory of International Politics*, Mess: Addison-Wesley Publishing Company, 1979.

Wendt A., *Spoleczna teoria stosunków międzynarodowych*, Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Scholar, 2008.

Wight M., *International Theory: The Three Traditions*, Leicester: Leicester University Press, 1991.

Richardson L.F., *Arms and Insecurity*, Pittsburgh: Boxwood Press, 1960.

Richardson L.F., *Contiguity and Deadly Quarrels: The Local Pacifying Influence*, „Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)”, 1952, vol. 115, nr 2, s. 219–231, <http://www.jstor.org/stable/2981156>, stan z 24.07.2011 r.

Richardson L.F., *The Distribution of Wars in Time*, „Journal of the Royal Statistical Society”, 1944, vol. 107, nr 3/4, s. 242–250, <http://www.jstor.org/stable/2981216>, stan z 24.07.2011 r.

Richardson L.F., *Mathematical Theory of War*, „The Journal of Conflict Resolution (pre-1986)”, 1957, vol. 1, nr 3, s. 249.

Richardson L.F., *The Number of Nations on Each Side of a War*, „Journal of the Royal Statistical Society”, 1946, vol. 109, nr 2, s. 130–156, <http://www.jstor.org/stable/2981178>, stan z 24.07.2011 r.

Richardson L.F., *Three Arms-Races and Two Disarmaments*, „The Indian Journal of Statistics (1933–1960)”, 1953, vol. 12, nr 3, s. 205–228, <http://www.jstor.org/stable/25048130>, stan z 24.07.2011 r.

Richardson L.F., *Variation of the Frequency of Fatal Quarrels with Magnitude*, „Journal of the American Statistical Association”, 1948, vol. 43, nr 244, s. 523–546, <http://www.jstor.org/stable/2280704>, stan z 24.07.2011 r.

Richardson S.A., *Lewis Fry Richardson (1881–1953): A Personal Biography*, „The Journal of Conflict Resolution (pre-1986)”, 1957, vol. 1, nr 3, s. 300.

Zenderowski R., *Stosunki międzynarodowe. Vademecum*, Wrocław: Atla2, 2005.