

*Paweł Fiedor, Artur Hołda**

ISTOTA EKONOFIZYKI

WSTĘP I ZARYS HISTORYCZNY

Ekonofizyka staje się coraz bardziej popularnym przedmiotem badań transdyscyplinarnych (interdyscyplinarnych, multidyscyplinarnych – Chatterjee, Chakrabarti, 2006), mającym też niekrótką historię. Korzenie ekonofizyki sięgają 1987 r., kiedy to miała miejsce wspólna konferencja fizyków i ekonomistów w Santa Fe Institute w Nowym Meksyku. Formalnie termin „ekonofizyka” został wprowadzony w połowie lat 90. XX wieku i choć badania w tym zakresie rozwijają się w bardzo szybkim tempie, co zostanie przedstawione w artykule, to ekonofizyczne prace badawcze są w znacznym stopniu nieznanymi szerszemu gronu ekonomistów, zwłaszcza w Polsce. Dlatego też artykuł ma na celu przybliżenie ekonofizyki środowisku ekonomistów, uzasadnienie odrębności ekonofizyki jako pola badawczego (lub nawet dyscypliny) nie tylko w ramach nauk ekonomicznych oraz podkreślenie jej transdyscyplinarnego charakteru. Uzupełnia go opracowanie dotyczące uwarunkowań ekonofizyki w kontekście metodologii badań ekonomicznych, w szczególności koncentrujące się na zakresie badań ekonofizycznych w ramach ekonomii, finansów i zarządzania (Fiedor, Hołda, 2014).

Zaangażowanie fizyków w nauki społeczne sięga natomiast co najmniej 1526 r., kiedy to Mikołaj Kopernik, podczas badań nad inflacją i obiegiem pieniądza w społeczeństwie, wyprowadził teoretyczne podstawy tego, co obecnie jest znane jako prawo Kopernika-Greshama, zgodnie z którym „... gorszy pieniądz wypiera lepszy pieniądz z obiegu ...”. Daniel Bernoulli wprowadził w 1738 r. ideę użyteczności, opartą na tzw. paradoksie petersburskim (http://pl.wikipedia.org/wiki/Paradoks_petersburski), opisującą ludzkie preferencje. Pierre-Simon Laplace w *Essai philosophique sur les probabilités* (Laplace, 1814), zwrócił uwagę

* Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie (pawel.f.fiedor@ieec.org, aholda@uek.krakow.pl).

na to, że wydarzenia, które mogą wydawać się przypadkowe i nieprzewidywalne, mogą być pod pewnymi względami dość przewidywalne, zdeterminowane i wynikać z prostych praw. Pomysły Laplace'a zostały wzmocnione przez Adolphe Queteleta – ucznia Josepha Fouriera, który badał istnienie prawidłowości w zbiorach danych. To Quetelet w 1835 r. jako pierwszy użył terminu *socjofizyka* (Quetelet, 1835). Analogie do fizyki odegrały ważną rolę w rozwoju teorii ekonomii w XIX wieku, a niektórzy z założycieli neoklasycznej teorii ekonomicznej, w tym Irving Fisher, byli z wykształcenia fizykami (Fisher był uczniem Willarda Gibbsa, wybitnego amerykańskiego fizyka, współtwórcy współczesnej mechaniki statystycznej – rozkład Gibbsa). W roku 1938 Ettore Majorana proroczo przedstawił zarówno możliwości, jak i pułapki w stosowaniu metod statystyczno-fizycznych w naukach społecznych (Majorana, 1942). Nurt neoklasyczny (Alfred Marshall czy Leon Walras) czerpał natchnienie z mechaniki Newtona. Teoria równowagi ogólnej została stworzona przez Leona Walrasa, zainspirowanego właśnie mechaniką newtonowską, która pod względem intelektualnym zdominowała XIX stulecie. Teoria równowagi wyjaśnia relacje pomiędzy popytem na towary i ich podażą na zasadzie analogii do równowagi mechanicznej układu składającego się z masy zawieszonyj na sprężynie. Siły popytu i podaży pełnią rolę analogiczne, odpowiednio do siły grawitacji działającej na masę i siły sprężystości, a cena tak zdeterminowana odpowiada długości skoku sprężyny w równowadze. Samo pojęcie równowagi zapożyczone jest bezpośrednio z fizyki. Niektórzy badacze mówią wręcz o przenoszeniu modeli fizycznych do ekonomii i zastępowaniu zmiennych fizycznych zmiennymi ekonomicznymi (Mirowski, 1991).

Ekonofizyka jest rozumiana dzisiaj jako nowy sposób myślenia o systemach ekonomicznych i finansowych przez pryzmat nauk fizycznych (Hołyst, 1999; Pęczkowski, 2013; Kutner, 2013, 2014). Jest to zatem w pewnym sensie kontynuacja i rozszerzenie opisanj powyżej tradycji. Ekonomia klasyczna importowała niejako modele z fizyki klasycznej Lagrange'a, Hamiltona i Jacobiego, a ekonomia finansowa została zbudowana na podstawie probabilistycznego modelu ruchów Browna (Bachelier, 1900; Smoluchowski, 1906). Ekonofizyka stara się modelować zjawiska ekonomiczne za pomocą analogii zaczerpniętych z nowoczesnej fizyki dotyczącej materii skondensowanej oraz mechaniki statystycznej wraz z powiązanyimi narzędziami matematycznymi. Podejście to opiera się nie tylko na innych metodach matematycznych, ale także na innych założeniach metodologicznych (Schinckus, 2010). Podczas gdy mikroekonomia głównego nurtu jest oparta na założeniu racjonalności jednostek, ekonofizyka skupia się na interakcjach między jednostkami, prowadzących do wyłaniania się statystycznych praw w skali makro, opartych zwykle na rozkładach potęgowych (w przeciwieństwie do rozkładów Gaussa używanych w klasycznej ekonomii). Podejście takie jest zgodne z rozwojem tak zwanej nauki o złożoności, zapoczątkowanym w latach 90. XX wieku. Systemy gospodarcze są oczywistym kandydatem do badań w zakresie złożoności, ponieważ składają się z ogromnej ilości liczby elementów (agentów – uczestników gry ekonomicznej), współdziałających w sposób, który prowadzi do emergencji,

czyli wyłaniania się specyficznych własności tych systemów w skali makro (Rickles, 2007). Można już dzisiaj mówić o nurcie prac fizyków o charakterze ekonomicznym reinterpretujących, a nawet rozszerzających, czyli dostosowujących pojęcia, modele i teorie fizyczne do potrzeb szeroko rozumianej ekonomii.

Być może ze względu na nikłe zaangażowanie ekonomistów w ekonofizykę, na tym etapie badania ekonofizyczne nie są jeszcze dobrze ugruntowane, a ich przydatność w ekonomii jest często kwestionowana. Sytuacja ta przypomina podobne problemy biofizyki, która dziś jest już wolna od tego typu kontrowersji. Lawinowo rosnąca liczba konferencji i publikacji dotyczących ekonofizyki pozwala mieć nadzieję, że i ten obszar zostanie przyswojony z jednej strony do ekonomii, a z drugiej do fizyki z korzyścią dla obu, pozwalając na dokładniejsze poznanie procesów społeczno-ekonomicznych, zwłaszcza że badania ekonofizyczne obecne są we wszystkich dyscyplinach nauk ekonomicznych (Fiedor, Hołda, 2014). Minęło dopiero około dwóch dekad od czasu, kiedy określenie „ekonofizyka” zostało użyte po raz pierwszy, a dziedzina ta (nazwa jest wciąż nieformalna) rozwija się już bardzo szybko, co zostanie przedstawione artykule.

Historia zbliżenia fizyki i ekonomii w Polsce nie zatrzymała się na Mikołaju Koperniku. Początków ekonofizyki w Polsce można się doszukiwać w roku 2003, kiedy to w Warszawie odbyła się konferencja „Application of Physics in Financial Analysis”. 13 marca 2004 r. powstała sekcja Fizyka w Ekonomii i Naukach Społecznych (FENS) pod przewodnictwem prof. Janusza A. Hołysta w ramach Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Od tego czasu regularnie organizowane są sympozja tej sekcji. Materiały pokonferencyjne są publikowane w „Acta Physica Polonica” A i B. Badania prezentowane w ramach tych spotkań dotyczą przede wszystkim analizy szeregów czasowych, analizy sieciowej, modelowania interakcji społecznych i teorii ryzyka. Najbardziej aktywne grupy badawcze działają na Politechnice Warszawskiej i Uniwersytecie Warszawskim, na Uniwersytecie Wrocławskim, Uniwersytecie Jagiellońskim oraz w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Poza tym istnieją także grupy na Uniwersytecie Śląskim w Katowicach oraz na uniwersytetach: Rzeszowskim, Białostockim i Gdańskim. Mimo szerokiego zakresu badań nie ma jeszcze w Polsce wydziału lub instytutu ekonofizyki, grupy badawcze są zwykle związane z wydziałami fizyki lub matematyki, ale także ekonomii (jak ma to miejsce we Wrocławiu). W Polsce, jako jednym z pierwszych krajów na świecie, oferowane są systematyczne kursy z ekonofizyki. Uniwersytet Śląski uruchomił studia licencjackie z ekonofizyki w roku akademickim 2001/2002. Od roku 2009/2010 kurs ten został rozszerzony na poziom magisterski. Od roku akademickiego 2002/2003 Uniwersytet Wrocławski oferuje licencjackie studia międzywydziałowe (przy współpracy Wydziału Fizyki i Astronomii oraz Wydziału Prawa, Administracji i Ekonomii) z zakresu ekonofizyki. Uniwersytet Warszawski od roku 2006 prowadzi studia licencjackie i magisterskie w ramach specjalności Metody Fizyki w Ekonomii (Ekonofizyka). W ramach ekonofizyki oraz socjofizyki obroniono wiele rozpraw doktorskich na Politechnice Warszawskiej i Uniwersytecie Warszawskim, a także na Uniwersytecie Wrocławskim, w Instytucie Fizyki Jądrowej im. H. Niewodniczańskiego, na Uniwersytecie

Jagiellońskim, w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie oraz na uniwersytetach: Rzeszowskim, Gdańskim, Śląskim i Białostockim. Polscy naukowcy często uczestniczą w międzynarodowych konferencjach, a ich badania są rozpoznawalne w środowisku międzynarodowym (Miśkiewicz, 2007) i szeroko cytowane. Mówi się nawet o polskiej szkole ekonofizyki, która zajmuje się przede wszystkim: modelowaniem sieciowym (Hołyst, 2008), analizą mono- i multifraktalną danych (Grech, Mazur, 2004), zastosowaniem macierzy losowych (Burda, Jukiewicz, Nowak, eds., 2005), czy zastosowaniem niejednorodnych automatów komórkowych w naukach społecznych (INCA, INhomogeneous Cellular Automata) (Chakrabarti, Chakraborti, Chatterjee, 2007), modelami agentowymi (Hołyst 2008), wykorzystaniem stochastycznych procesów niegaussowskich do opisu zjawisk i procesów w szeroko rozumianych finansach (Kutner, 2014, 2015), zjawiskami nieliniowymi oraz zjawiskami krytycznymi na rynkach finansowych (Grech, Pamuła, 2008, Kasprzak i in., 2010). Do ekonofizyki w Polsce istnieje pewna doza rezerwy zarówno ze strony sporej grupy fizyków, jak i przeważającej większości ekonomistów – brak też jest zadowalającej aktywności ekonofizyki na polu praktyki gospodarczej. Niniejszy artykuł ma na celu przynajmniej zapoczątkowanie procesu przełamywania wspomnianej rezerwy wśród ekonomistów.

Poniżej, w części drugiej przedstawiamy definicje ekonofizyki, proces jej instytucjonalizacji i znaczenie jako odrębnej dziedziny z punktu widzenia neopozytywizmu. Ostatnia część podsumowuje niniejszy artykuł. W osobnym opracowaniu (Fiedor, Hołda, 2014) znajduje się szerszy przegląd zakresu badań ekonofizycznych w ekonomii, finansach i zarządzaniu.

DEFINICJA I ODRĘBNOŚĆ EKONOFIZYKI

Przybliżenie ekonofizyki należy zacząć od jej definicji (Cho, 2009; Buchanan, 2013). Ekonofizyka od samego początku zajmowała się stosowaniem zasad fizyki do badania systemów ekonomicznych przy założeniu, że zachowują się one na wzór elementów składowych materii (np. zbioru elektronów, cząsteczek ciała stałego, cieczy lub gazu), które wzajemnie na siebie oddziałują, używając rozwijających się narzędzi fizyki materii skondensowanej, fizyki statystycznej (w tym fizyki procesów stochastycznych), a także osiągnięć w nowoczesnym rozumieniu systemów chaotycznych, starając się zredukować złożoność systemów ekonomicznych do ogólnych, prostych zasad.

Bikas Chakrabarti pisze o tym, że termin ekonofizyka został zaproponowany w 1995 r. w trakcie drugiej konferencji „Statphys-Kolkata” w Kalkucie (Chakrabarti, 2005) przez fizyka H. Eugene Stanleya, który był także pierwszym badaczem używającym tego terminu w druku (Stanley i in., 1996). Należy najpierw przytoczyć definicję twórców tego terminu. Mantegna i Stanley definiują „multidyscyplinarny obszar ekonofizyki” jako „neologizm który oznacza działalność fizyków pracujących nad problemami ekonomii i testujących wiele nowych podejść pochodzących z nauk fizycznych” (Mantegna, Stanley, 2001).

Przytoczona definicja może stanowić punkt wyjścia – jest jednak niewystarczająca. Najbardziej problematyczne jest to, że definicja ta jest przede wszystkim oparta na socjologii badań, a w mniejszym stopniu na ich przedmiocie i metodach. Tym samym definicja ta bazuje na tym, kto rozwiązuje problemy ekonomiczne (fizycy), a nie na tym, jakie problemy są rozwiązywane lub jakie metody i teorie z fizyki są używane do rozwiązywania tych problemów. Zaletą takiego podejścia jest to, że na „dzień dobry” nie nakłada żadnych ograniczeń ani na zakres badań, ani na ich metodologię. Zwykle multidyscyplinarne pola badawcze są definiowane przez problemy, którymi się zajmują, lub przez idee, którymi się posługują. Tak jest w przypadku ekonomii politycznej lub biofizyki, które są znacznie bardziej ugruntowanymi polami badawczymi.

Bardziej ogólna definicja określa, że ekonofizyka to dziedzina interdyscyplinarna, w której badacze używają teorii i metod stworzonych przez fizyków (w szczególności mechaniki statystycznej) do rozwiązywania problemów ekonomicznych. Inni badacze twierdzą, że jest to ilościowe podejście używające idei, modeli i metod obliczeniowych fizyki statystycznej (Burda, Jukiewicz, Nowak, 2003).

D. Stauffer twierdzi, że ekonofizyka jest naukowym podejściem do ekonomii obliczeniowej używającym pomysłów, modeli i metod obliczeniowych fizyki statystycznej (Stauffer, 2000). Wang i in. definiują ekonofizykę jako nowy obszar, opracowany przez współdziałanie ekonomistów, matematyków i fizyków, w którym stosuje się pomysły, metody i modele fizyki statystycznej i nauki o złożoności do analizy danych dotyczących zjawisk ekonomicznych (Wang i in., 2004).

G. Savoii twierdzi, że ekonofizyka jest nauką, która wykorzystuje modele stworzone na potrzeby fizyki statystycznej do opisu pewnych zjawisk gospodarczych – interdyscyplinarną dziedziną badań, stosującą teorie i metody pierwotnie utworzone przez fizyków w celu rozwiązywania problemów w ekonomii (zazwyczaj tych zawierających niepewność lub elementy stochastyczne i dynamikę nieliniową). Podstawowe narzędzia ekonofizyki to metody probabilistyczne i statystyczne zaczerpnięte z fizyki statystycznej. Podejścia szczegółowe, modele i artykuły opublikowane do tej pory w ekonofizyce, zajmują się procesami gospodarczymi, w tym systemami złożonymi z wielu elementów, takimi jak rynki finansowe lub bankowe, giełdy, rozkłady dochodów, produkcja i sprzedaż (Savoii, 2012).

W ekonofizyce systemy ekonomiczne i finansowe traktowane są jako dobrze zdefiniowane systemy złożone. Złożoność jest zatem w centrum ekonofizyki – jest jej istotą. To, że ekonofizyka używa pojęcia złożoności zaczerpniętego z fizyki, oznacza, że traktuje systemy gospodarcze jako takie, w których interakcje w skali mikro mogą generować własności makroskopowe tych systemów. Takie systemy złożone są opisywane statystycznie wraz z ich własnościami (modele mikroskopowe typu modelu Isinga, zjawiska i procesy bezskalowe, a w tym krytyczne, oraz prawa skalowania, nierównowagowe przemiany fazowe itd.) i są używane do tworzenia modeli wyjaśniających wyłanianie się własności makroskopowych złożonych systemów ekonomicznych.

Biorąc powyższe pod uwagę sugerujemy poniższą autorską definicję ekonofizyki: *ekonofizyka jest transdyscyplinarnym, empiryczno-analitycznym podejściem do badań złożonych systemów społeczno-gospodarczych, używającym modeli i koncepcji wywodzących się z fizyki materii skondensowanej, fizyki statystycznej i teorii złożoności.*

Poniżej zostaną przedstawione argumenty, że ekonofizyka jest odrębną gałęzią nauki. Najpierw opiszemy instytucjonalizację ekonofizyki w ostatnim dziesięcioleciu, a następnie przedstawimy, w świetle neopozytywizmu, różnice w metodologii między neoklasyczną ekonomią głównego nurtu a ekonofizyką.

INSTYTUCJONALIZACJA

Zauważmy, że metody udostępniania wyników badań prowadzonych w ramach ekonofizyki mają charakter standardowy, nieodbiegający od innych dziedzin nauki. Na przykład, organizowane są sympozja i konferencje, utworzono kilka specjalistycznych czasopism, prowadzone są specjalistyczne kursy na wydziałach, mające na celu przede wszystkim dostarczenie jak najwięcej informacji o tej wschodzącej dziedzinie nauki i służące, niejako przy okazji, rozpowszechnianiu ekonofizyki, a także tworzeniu wspólnej kultury naukowej (Nadeau, 1995). Pierwsze publikacje dotyczące badań prowadzonych w ramach ekonofizyki pochodzą z lat 90. XX wieku. Artykuł założycieli współczesnej ekonofizyki opublikowany w 1996 r. (Mantegna, 1991; Stanley i in., 1996) zainspirował zarówno fizyków, jak i matematyków do badania szeroko rozumianych finansów pod kątem niegaussowskich procesów stochastycznych (Kutner, 2015). Odsetek publikacji poświęconych ekonofizyce w czasopiśmie „Physica A” wzrósł od 1% w roku 1991 do około 15–20% obecnie. Czasopismo to ma stały dział „Ekonofizyka” i jest jednym z trzech czasopism, które publikują znaczną większość artykułów na ten temat – „Physica A”, „International Journal of Modern Physics C” i „European Journal of Physics B”. Do tego grona dołączyły także „Physical Review E”, „Europhysics Letters”, „Journal of Economic Behavior and Organization” oraz „Quantitative Finance”. Artykuły pojawiają się także w najbardziej prestiżowych czasopismach, takich jak: „Physical Review Letters”, „Nature” i „Science”.

Ten trwały wzrost liczby artykułów publikowanych każdego roku przyczynił się do oficjalnego uznania ekonofizyki za subdyscyplinę nauk fizycznych już po dekadzie od jej narodzin (Gingras, Schinckus, 2010). Ekonofizyka jest uwzględniana w PACS (System klasyfikacji nauk fizycznych i astrofizyki) od 2003 r. jako dział 89.65 Gh.

Działalność wydawnicza w ekonofizyce ma jedną wyraźną tendencję. Ekonofizycy kontynuują publikowanie w czasopismach poświęconych uprzednio istniejącej dziedzinie teoretycznej fizyki (fizyki statystycznej), a nie tworzą w znacznej mierze nowych czasopism (pewnym wyjątkiem może być „Quantitative Finance”, którego ława edytorska stanowi mieszaninę znanych nazwisk zarówno z ekonomii, jak i fizyki statystycznej). Co więcej, te czasopisma są jednymi z naj-

bardziej prestiżowych w dziedzinie fizyki. Ta orientacja wynika z metodologii stosowanej przez ekonofizyków (pochodzi z fizyki statystycznej) oraz z nadziei na szybkie zdobycie uznania istniejącego środowiska naukowego, a także dotarcia do większego grona czytelników.

A zatem w latach 90. XX wieku ekonofizyka pojawiła się na mapie naukowej dzięki wzrostowi liczby publikacji. Podręczniki dotyczące tej dyscypliny nie były daleko w tyle – pierwszy został opublikowany w 1999 r. przez R.N. Mantegnę i H.E. Stanleya. Podręczniki mają większy status epistemologiczny niż kolekcje artykułów jako silniej zakorzenione w jednolitej analizie. Z tego powodu wymagają one okresu homogenizacji dyscypliny, w związku z czym reprezentują kolejny etap w procesie instytucjonalizacji dziedziny. Biorąc pod uwagę, że zbiory artykułów są publikowane przed podręcznikami, okres między publikacją tychże daje wskazanie szybkości ewolucji dyscypliny (Jovanovic, 2008). Ekonofizyka rozwija się pod tym względem niezwykle szybko. Niecałe dziesięć lat wystarczyło, aby pojawiły się pierwsze podręczniki prezentujące ekonofizykę jako jednolite i spójne pole naukowe, podczas gdy np. dla finansów behawioralnych okres ten trwał ponad 20 lat (Schinckus, 2009).

Proces instytucjonalizacji został wzmocniony przez zdolność ekonofizyków do łączenia się z innymi tematami badawczymi. W 2006 r. zostało stworzone Towarzystwo Nauk Ekonomicznych z Heterogenicznie Oddziałującymi Agentami (ESHIA – Society for Economic Science with Heterogeneous Interacting Agents) mające na celu promowanie badań interdyscyplinarnych łączących ekonomię, fizykę i informatykę. Projekt ten nie jest dokładnie odpowiadający ekonofizyce, gdyż analiza niejednorodności i interakcji agentów jest podejściem, które obejmuje szersze pole (w tym psychologii eksperymentalnej i sztucznej inteligencji). Nowe czasopismo ESHIA („Journal of Economic Interaction & Coordination”) jednak zaprasza badaczy do zgłaszania artykułów poświęconych ekonofizyce.

Kolejnym wskaźnikiem instytucjonalizacji nowego środowiska naukowego jest organizacja sympozjów i warsztatów. Pierwsza europejska konferencja poświęcona ekonofizyce została zorganizowana w 1997 r. przez Wydział Fizyki Uniwersytetu w Budapeszcie. Dwa lata później pierwsza konferencja uznana i wspierana przez Europejskie Stowarzyszenie Fizyków odbyła się w Dublinie, w wyniku czego stworzono doroczną konferencję zwaną APFA (Application of Physics in Financial Analysis). Dotąd odbyło i odbywa się wiele konferencji i sympozjów poświęconych ekonofizyce, m.in. cykliczne Econophysics Colloquium – w roku 2015 we wrześniu w Pradze organizowane przez grupę czeskich ekonomistów (www.ec2015.org). Do tych zdarzeń należy także zaliczyć konferencję Polskiego Towarzystwa Fizycznego „Fizyka w Ekonomii i Naukach Społecznych” (najbliższa odbędzie się w dniach 4–6 listopada 2015 na Uniwersytecie Rzeszowskim – <http://science24.com/event/fens2015/>). Oprócz wielu publikacji na temat ekonofizyki, wszystkie te wydarzenia poszerzają przestrzeń, w której możliwa jest znacząca rozbudowa ekonofizycznej społeczności naukowej.

Ostatnim ważnym elementem w instytucjonalizacji ekonofizyki jest system edukacji. Wydziały fizyki uniwersytetów we Fryburgu (Szwajcaria), Ulm (Szwecja),

Münster (Niemcy) i Dublinie (Irlandia) oferują kursy ekonofizyki. Od 2002 r. uczelnie z Warszawy, Wrocławia i Katowic oferują studia licencjackie i magisterskie w zakresie ekonofizyki (Kutner, Grech, 2008). Wreszcie University of Houston (Teksas, USA) w 2006 r. stworzył jako pierwszy studia doktoranckie w zakresie ekonofizyki, po czym podobny krok wykonał w 2009 r. Uniwersytet w Melbourne (Australia). Kilkanaście doktoratów z ekonofizyki obroniono także w Polsce, choć nie ma formalnego programu doktorskiego na żadnej uczelni. Wszystkie te programy są oferowane przez wydziały fizyki i kursy te są zorientowane na fizykę statystyczną i fizykę materii skondensowanej. W celu zapoznania studentów z rzeczywistością gospodarczą programy te obejmują kilka kursów dotyczących finansów i ekonomii, ale nie są one oparte na teoretycznych podstawach finansów i makroekonomii, ze względu na specyfikę ekonofizyki (Kutner, Grech, 2008).

METODOLOGIA

W tym miejscu przejdziemy do analizy metodologicznej odrębności ekonofizyki. Można użyć pojęcia neopozytywizmu w celu pokazania, że ekonofizyka jest epistemologicznie odrębna od ekonomii neoklasycznej, w związku z czym może być traktowana jako odrębne pole badawcze. Zatem za Ch. Schinckusem będziemy argumentować, że ekonofizyka sformułowała własne argumenty pozytywistyczne, które pozwalają jej krytykować podejście ekonomii neoklasycznej oraz tworzyć własną autonomię (Schinckus, 2010). Zatem różnice metodologiczne między ekonofizyką a ekonomią głównego nurtu pozwalają stwierdzić, że podejście ekonofizyczne jest odrębnym polem lub nawet dyscypliną badawczą.

Przed wszystkim ekonofizycy i ekonomiści mają inne podejście do uprawiania nauki. W przeciwieństwie do ekonofizyki ekonomia głównego nurtu nie jest dyscypliną pozytywistyczną. Istnieją argumenty i debaty na temat pozytywistycznego wymiaru ekonomii (Blaug, 1992; Keita, 1992), ale jednak wydaje się, że większość ekonomistów zgadza się ze stwierdzeniem, że pozytywistyczny wymiar ekonomii nie jest istotny. Przez pokazanie dwuznaczności propozycji badanych w ekonomii P. Mongin (2003; 2005) wykazał, że pozytywizm nie jest najbardziej odpowiednią ramą do opisywania metodologii ekonomii. Block (2003) i Boland (1989; 1997) twierdzą, że postawa pozytywistyczna w ekonomii jest głównie kwestią retoryki.

Najpierw odniesiemy się do teorii naukowych bezpośrednio wykorzystywanych we współczesnej ekonomii (wraz z odniesieniami do ekonofizyki), a następnie przejdziemy do bliższej analizy metodologii ekonofizyki, z uwzględnieniem różnic w stosunku do ekonomii neoklasycznej.

Metodologia ekonomii w ujęciu Blauga (1992) mocno akcentuje oparcie się nowoczesnej ekonomii na falsyfikacjonizmie Karla Poppera. Falsyfikacjonizm jest poglądem metodologicznym, który uznaje teorie i hipotezy za naukowe jedynie wtedy, gdy ich prognozy są (przynajmniej z zasady) falsyfikowalne. Blaug uznaje, że ekonomiści głównego nurtu zgadzają się z tym poglądem i uważają, że teorie

naukowe należy oceniać na podstawie dokładności ich predykcji. Jednocześnie twierdzi on także, że ekonomiści rutynowo zaniedbują praktykowanie tych idei, a ich podejście nazywa „niewinnym falsyfikacjonizmem”.

Istnieją konkretne powody tej dychotomii: każda hipoteza zakłada stałość innych elementów i spełnienie wielu założeń, często pomijanych formalnie (teza Duhema-Quine'a). Problemem szczególnie ważnym w tym sensie jest to, że ekonomia zajmuje się adaptacyjnymi systemami złożonymi. Systemy takie cechuje dynamiczna sieć zależności, których całość nie jest prostą sumą zależności składowych. Powoduje to w szczególności trudności metodologiczne z prawidłowym badaniem takich systemów, a także falsyfikowaniem hipotez. Najprostszym przykładem z nauk ekonomicznych są badania ankietowe, w których analizie praktycznie nigdy nie uwzględnia się tego, że sam proces badawczy wpływa (poprzez adaptacyjność systemu złożonego z badacza i podmiotów badanych) na jego wyniki, czyniąc takie ankiety w większości przypadków bezużytecznymi.

W tym miejscu zaznaczmy, że ekonofizycy nie odrzucają falsyfikacjonizmu w nauce, a jedynie podkreślają, że istotniejsze niż nacisk metodologiczny na falsyfikacjonizm jest rzeczywiste oparcie badań w empirii. Praktycznie wszystkie badania w ekonofizyce oparte są na danych empirycznych. Przytoczmy w tym miejscu opinię Leontiefa, który w liście do „Science” w roku 1982 opracował analizę artykułów opublikowanych w „American Economic Review” w poprzedzającej ten list dekadzie. Wśród tych artykułów ponad 50% stanowiły opracowania zawierające modele matematyczne bez żadnych danych empirycznych, a kolejne 15% to analizy teoretyczne bez narzędzi matematycznych i materiałów empirycznych. A zatem tylko 35% artykułów zawierało analizy empiryczne. Wiele późniejszych analiz literatury potwierdza taki stan rzeczy w naukach ekonomicznych. Nie jest zatem niespodzianką, że ekonomia nie może się pochwalić wieloma teoriami, które pozwalają na trafne predykcje. Ekonofizyka jest w dużej mierze odpowiedzią na ten problem, gdyż badania ekonofizyczne niejako z założenia wychodzą od danych empirycznych.

Poglądy K. Poppera są w pewnym sensie skrajne, a zatem dyktują nieustanną wojnę z obecnym stanem wiedzy naukowej, permanentną rewolucję naukową. Pogląd ten został skrytykowany przez T. Kuhna w *Strukturze rewolucji naukowych*. Kuhn uważa za normę badania prowadzące do rozwiązywania problemów naukowych w ramach panujących konwencji, natomiast za wyjątek od reguły uznaje rewolucje naukowe, a zatem odrzucenie dotychczasowego paradygmatu ze względu na powtarzające się problemy (Kuhn, 1962). Kuhn rozumie paradygmat jako wybór problemów i zbiór technik ich analizy, jako poglądy, wartości i metody dzielone przez członków danej społeczności naukowej. Problemem z podejściem T. Kuhna do historii nauki jest brak potwierdzenia istnienia tak nagłych rewolucji w rzeczywistości naukowej. Nawet głośne rewolucje naukowe, związane z Newtonem, Darwinem czy Einsteinem, były wprowadzane do głównego nurtu nauki stosunkowo powoli. A zatem w rzeczywistości postęp naukowy cechuje się dużą liczbą zmieniających się, ale także nachodzących na siebie w czasie paradygmatów, a nie nagłą zamianą jednego paradygmatu na inny. Odpowiedzią na

ten problem jest podejście Imrego Lakatosa, które może być rozumiane jako kompromis między podejściami Poppera i Kuhna, choć bliższy temu pierwszemu. Po pierwsze, Lakatos twierdzi, że ocenie podlegać powinny programy badawcze, a nie pojedyncze teorie naukowe. Poszczególne programy badawcze składają się z twardego rdzenia oraz pasa ochronnego. Ten pierwszy traktowany jest jako niepodważalny; jest de facto decyzją danej społeczności naukowej. Jako taki nie podlega bezpośredniej falsyfikacji. Tej podlegają natomiast hipotezy pomocnicze oraz teorie nadające się do testowania, które tworzą pas ochronny. W przypadku falsyfikacji części pasa ochronnego społeczność nie odrzuca w duchu Poppera całego programu badawczego, a jedynie konkretną część pasa ochronnego. Dopiero nagromadzenie się problemów dla danego programu badawczego, co Lakatos nazwał degeneratywnością programu badawczego, powoduje jego odrzucenie i przyjęcie innego, progresywnego programu badawczego, a zatem takiego, który odkrywa i wyjaśnia nowe fakty.

W tym miejscu należy się zastanowić, czy ekonofizyka w odniesieniu do ekonomii głównego nurtu jest rewolucją naukową w duchu Kuhna, czy też jedynie próbą ataku na pas ochronny programu badawczego ekonomii głównego nurtu w duchu Lakatosa. Z jednej strony ekonofizycy starają się nie korzystać z rdzenia teorii naukowych, a zatem na przykład aksjomatu racjonalności. Z drugiej strony ekonofizyka nie odrzuca ani racjonalności podmiotów ekonomicznych, ani też dotychczasowych dokonań ekonomii. Co do aksjomatów to po prostu się nimi nie zajmuje, gdyż nie są one empiryczne, natomiast dotychczasowe osiągnięcia ekonomii są używane w takim zakresie, w jakim są potrzebne, nie są odrzucane a priori. Można zatem powiedzieć, że ekonofizyka stanowi odrębny program badawczy, którego celem nie jest rewolucja naukowa, a jedynie doprowadzenie nauk ekonomicznych do sytuacji, w której będą one lepiej sobie radzić z badaniem złożonych systemów adaptacyjnych spotykanych w gospodarce. Niemniej jednak ważniejsze jest przedstawienie konkretnych cech metodologicznych ekonofizyki i jej odrębności od ekonomii głównego nurtu.

Empiryzm jest prawdopodobnie pierwszą pozytywistyczną cechą ekonofizyki. Według ekonofizyków badania złożoności wymagają podejścia empirycznego (Wang i in., 2004). D. Rickles (2007) wyjaśnia, że „prawdziwe dane empiryczne są z pewnością w centrum tego całego przedsięwzięcia, a modele są budowane wokół nich, a nie wokół jakiegoś nieistniejącego, idealnego rynku (jak w ekonomii)”. Ten empiryczny wymiar jest obecny w wielu pracach ekonofizycznych (Keen, 2003; Bouchaud, 2002; Carbone, Kaniadakis, Scarfone, 2007) i jest często przedstawiany jako główny czynnik odróżniający ekonofizykę od ekonomii. H.E. Stanley z zespołem podkreślają, że „w przeciwieństwie do ekonomii głównego nurtu, ekonofizycy rozpoczynają empirycznie z rzeczywistymi danymi, które można analizować bardziej szczegółowo, ale bez wcześniejszych modeli” (Stanley i in., 1999). Zaczynając od danych rzeczywistych, ekonofizycy ustawiają wymiar empiryczny w centrum badań złożoności.

Możemy zilustrować tę różnicę między ekonomistami i ekonofizykami przez sposób, w jaki pracują oni ze stylizowanymi faktami, takimi jak grube ogony

rozkładów lub kryzysy finansowe. Ekonomiści klasyczni twierdzili, że zmiany cen mają rozkład log-normalny z kurtozą wokół zera. Taka perspektywa zakładała a priori, że ogromne wahania są bardzo mało prawdopodobne. Jednak rzeczywiste dane mają pozytywną kurtozę, a tym samym rozkład leptokurtyczny, w którym ekstremalne zdarzenia mają wyraźnie znacznie większe prawdopodobieństwo. Zaczynając od danych empirycznych ekonofizycy opracowali modele, w których mogą wystąpić pewne zdarzenia ekstremalne (np. kryzysy finansowe), a zatem krachy finansowe mogą być badane na przykład jako przejścia fazowe – charakterystyczny może być tutaj skok pojemności cieplnej (Vandewalle i in., 1998). Jedną z głównych konsekwencji pozytywizmu opracowanego przez ekonofizyków jest to, że modele ekonofizyczne mogą opisywać rzeczywiste rynki finansowe. Mandelbrot stwierdził, że aprioryzm ekonomistów prowadzi ich do niedoszacowania prawdopodobieństwa katastrofy finansowej: „standardowa teoria, którą wyklada się w szkołach biznesu na całym świecie, szacuje szanse ostatniego krachu z 31 sierpnia 1998 r. jako jeden do 20 milionów” (Mandelbrot, 2004). Jednak, jak wskazuje E. Kahana (2005), kilka krachów i kryzysów finansowych miało miejsce w XX wieku. Teoria ekonomii nie jest w stanie, jak się wydaje, opisać tego typu zjawiska. To modele oscylacji log-peridycznych D. Sornette’a jako pierwsze opisywały z sukcesami krachy finansowe (Sornette, Johansen, Bouchaud, 1996; Kwapien, Drożdż, 2012).

Empiryzm prowadzi do specyficznego punktu widzenia, przy założeniu którego fizyka wydaje się główną dyscypliną mogącą pomóc w rozumieniu zjawisk ekonomicznych. W tym kontekście niezwykle użyteczna jest metodologia fizyki używana do opisu złożonych układów ekonomicznych. McCauley (2004) twierdzi, że matematycy badający ekonomię na ogół przyjmują podejście aksjomatyczne i ignorują dane. Chemicy i biolodzy są szkoleni tak, aby koncentrować się na szczegółach. Fizycy natomiast są szkoleni tak, aby widzieć związki między pozornie różnymi zjawiskami, aby próbować uzyskać wgląd w ogólny obraz systemu i przedstawić najprostszy możliwy matematyczny opis zjawiska, który obejmuje jedynie niezbędne połączenia. Takie stanowisko jest również przyjęte przez innych badaczy (Keen, 2003; McCauley, 2004; Gallegati i in., 2006). J.-P. Bouchaud prezentuje je niemal jako konieczność: „finanse stają się empiryczną (a nie aksjomatyczną) nauką (...). Oznacza to, że dowolny model statystyczny lub pomysł teoretyczny mogą i muszą być badane na podstawie dostępnych danych, do czego fizycy są (chyba lepiej niż inne wspólnoty) przeszkoleni” (Bouchaud, 2002).

Perspektywa ta zakłada odrzucenie standardowych teorii i metodologii ekonomii, co wyraźnie jest wyrażone w pozytywistycznym stanowisku przyjętym przez Keena: „Główne koncepcje nowoczesnej teorii ekonomii są empirycznie i logicznie błędne. Fizycy nie powinni korzystać z nich w ekonofizyce i powinni uważać na wiele innych modeli przyjętych przez ekonomistów” (Keen, 2003). Należy zauważyć, że ekonofizycy nie chcą zastąpić wszystkich modeli społeczno-ekonomicznych, ale twierdzą, że modele społeczno-gospodarcze powinny mieć wymiar empiryczny.

Ekonofizycy opisują zjawiska ekonomiczne jako systemy złożone i rozwijają modele wyjaśniające, gdy pojawiają się własności na poziomie makro w złożonych systemach gospodarczych. Epistemologicznie ekonofizyka opiera się na obserwacji prawidłowości statystycznych, tj. faktu, że właściwości statystyczne pojawiają się w wielu różnych zjawiskach (McCauley, 2004). Takie statystyczne prawidłowości mogą być opisywane przez prawa skalowania, które są w sercu ekonofizyki. Stanley z zespołem wyrazili to następująco: „Staje się jasne, że prawie każdy system składający się z dużej liczby współdziałających jednostek ma potencjał do zachowania się według prawa potęgowego. Ponieważ systemy gospodarcze składają się w rzeczywistości z dużej liczby współdziałających jednostek nie jest być może nieuzasadnione badanie zjawisk gospodarczych w ramach koncepcyjnych praw skalowania” (Stanley i in., 2007). Prawa skalowania mogą być postrzegane jako prawa makroskopowe wynikające z zachowania się dużej liczby elementów współdziałających wzajemnie na niższych poziomach. Wszystkie współdziałające elementy spełniają makroprawa, które są niezależne od mikroskopijnych szczegółów i zależą od kilku parametrów makroskopowych (Burda, Jukiewicz, Nowak, 2003). Prawa skalowania są właściwościami wyłaniającymi się, ponieważ nie pojawiają się przyczynowo, a ich właściwości nie dają się sprowadzić do sumy elementów. Jak wyjaśniają K. Kitto (2006) i B. Mandelbrot (2004), prawa skalowania oznaczają zjawiska złożone i mogą przyjmować różne formy – jedną z ich najważniejszych konsekwencji może być bezskalowość oznaczająca, że w każdej skali zjawiska i procesy mają identyczną postać.

Z pozytywistycznego punktu widzenia prawa skalowania mogą być postrzegane albo jako „prawa strukturalne” (Kuhlmann, 2006), albo jako prawa teoretyczne (w sensie Carnapa) opisujące strukturę obserwowanych zjawisk. Są to teoretyczne prawa, których nieobserwowalne części (złożoność i wyłanianie się) tworzą wystarczające dowody empiryczne, aby dać im znaczenie poznawcze. Podobnie do istnienia pola magnetycznego, złożoność i wyłanianie się nie są bezpośrednio obserwowane, ale obserwacje empiryczne pozwalają na wywiedzenie ich istnienia. Złożoność i wyłanianie się nie są logicznie dedukowane z praw skalowania, ponieważ wyjaśnienie dostarczone przez ekonofizykę nie jest ściśle dedukcyjne, lecz „dedukcyjno-statystyczne” (Kuhlmann, 2006). Jeśli złożoność i wyłanianie się były logicznie wywnioskowane, to pojęcia te byłyby czysto analityczne; w rzeczywistości są one pośrednio potwierdzone przez doświadczenie. Te empiryczne dowody wyłaniania się własności makro pozwalają ekonofizykom konceptualizować niektóre zjawiska makroekonomiczne.

Stosowanie praw skalowania w ekonofizyce powoduje również określony rodzaj redukcjonizmu. Zarówno ekonomia, jak i ekonofizyka ucieleśniają konkretne postaci redukcjonizmu (Colander i in., 2014). Teoria ekonomii oparta jest na atomistycznym redukcjonizmie, w którym rzeczywistość musi być wyjaśniana w kategoriach racjonalnego agenta reprezentatywnego, natomiast ekonofizyka jest oparta na interaktywnym redukcjonizmie, gdzie złożone zjawiska mogą być opisane przez interakcje między ich częściami. Rozróżnienie to jest bardzo ważne, ponieważ ma pewne implikacje empiryczne: opierając wszystkie makro-

zjawiska gospodarcze na racjonalnym reprezentancie, ekonomiści niejawnie ustawią poziom makro na równi z poziomem mikro. Konsekwencją jest to, że wszystkie makrokoncepty (np. bank, ryzyko systemowe czy kryzys finansowy) są źle rozumiane w teorii ekonomicznej. Z tego punktu widzenia kryzysy gospodarcze lub finansowe są po prostu niemożliwe do opisanego (i zrozumienia). Z drugiej strony, ekonofizycy koncentrują swoje prace dotyczące interakcji pomiędzy ogólną złożonością systemu i jego częściami. Ponieważ działalność gospodarcza jest w rzeczywistości interaktywna, perspektywa ta jest bardziej odpowiednia do zrozumienia powiązań między różnymi częściami systemów gospodarczych (firmy, banki, gospodarstwa domowe itp.). Z tego punktu widzenia analiza zjawisk kryzysowych (i ich skutków dla inwestycji i konsumpcji) staje się możliwa.

Kolejna różnica między ekonofizykami i ekonomistami leży w psychologicznych hipotezach na temat agentów ekonomicznych, które przyjmują. W teorii ekonomii neoklasycznej racjonalność wydaje się podstawową przyczyną zachowań agentów (Lallement, 2000; Mongin, 2002). Z tego punktu widzenia wszystkie zjawiska makro wynikają z homopatycznej przyczynowości (gdzie całkowity efekt kilku powodów działających wspólnie jest identyczny z tym, co byłoby sumą efektów każdej z przyczyn działających samodzielnie (O'Connor, Wong, 2006)).

Ekonofizyków nie interesuje teoria racjonalnego agenta. Uznając, że części rynku (kupy, spekulanci itd.) przestrzegają praw statystycznych, większość ekonofizyków unika angażowania się w trudne zadanie teoretyzowania na temat indywidualnych zachowań inwestorów. Jak podkreślają J. McCauley (2004) i O. Brandouy (2005), wszystkie potencjalne przyczyny, które mogłyby być przyczyną indywidualnych zachowań ekonomicznych, są zbyt skomplikowane i wyrefinowane, aby mogły być badane. Zgodnie z doktryną Carnapa (znaczenie obserwowalności) jedynie na poziomie makro system może być naukowo obserwowany i analizowany. Systemy gospodarcze i finansowe składają się z dużej liczby elementów, których interakcje generują obserwowalne własności (prawa skalowania) całkowicie niezależne od mikroskopijnych szczegółów (indywidualne zachowania). Właściwości te wyłaniają się na podstawie heteropatycznej przyczynowości (Akdere, Schinckus, 2009), gdyż nie mogą być opisane jako suma poszczególnych zachowań.

Ekonomiści głównego nurtu tworzą abstrakcyjne modele z wieloma nierealistycznymi ograniczeniami, które są wprowadzane w celu zapewnienia stabilności teoretycznych modeli. Najważniejsze jest w tym podejściu opracowanie modeli, które uosabiają paradygmat równowagi. Mając model aprioryczny, ekonomiści nie wahają się kształtować swoje analizy tak, aby znaleźć swoje aprioryczne zasady w rzeczywistości. Taka sytuacja nie ma miejsca w ekonofizyce. Ekonofizycy nie rozwijają abstrakcyjnych modeli apriorycznych, a preferują modele oparte na danych, które zostały opracowane w celu opisanego (a następnie manipulacji) rzeczywistości gospodarczej. Podczas gdy ekonomiści starają się wymyślać rzeczywistość gospodarczą, ekonofizycy próbują ją opisać.

Przez dwie dekady pojawia się zróżnicowanie wiedzy i badań w ekonomii. Coraz więcej grup akademickich protestuje wobec ekonomii głównego nurtu.

Między innymi powstało kilka czasopism zajmujących się empirycznym realizmem w ramach ekonomii. Ekonofizycy mają zatem sojuszników w ramach ekonomii. Pomimo pojawienia się tych nowych ram teoretycznych, ekonomia zdaje się nagradzać innowacyjność tylko wtedy, gdy jest zgodna z dominującą linią badań. Wszystkie nowe pola, które nie są zgodne z normami naukowych wykorzystywanymi przez główny nurt są po prostu ignorowane lub marginalizowane (Withley, 1986). Y. Gingras i Ch. Schinckus (2010) wykazali, że obserwuje się również marginalizację dotyczącą ekonofizyki.

Ekonofizycy nie pochwalają apriorycznego podejścia teorii ekonomicznej. D. Challet, M. Marsili i Y.-C. Zhang wyjaśniają, że „Fizycy czują się nieswojo w związku z kilkoma filarami głównego nurtu teorii ekonomii (...). To podejście jest zbyt aksjomatyczne i formalne, aby mogło opisywać systemy złożone” (2005). Według S. Keena, wszystkie kluczowe pojęcia (użyteczność, idealna racjonalność, konkurencja doskonała itp.) stosowane w nowoczesnej teorii ekonomii są „bez-sensowne” (Keen, 2003). Są to niemożliwe do zaobserwowania pojęcia bez empirycznej podstawy. Te kluczowe pojęcia mogą być badane (istnieją eksperymenty w ekonomii (Davis, Holt, 1993)), ale nie mogą być bezpośrednio potwierdzone: wszystkie są „empirycznie wadliwe” (Keen, 2003). Mimo że główne koncepcje neoklasycznej ekonomii są często „sformułowane w duchu pozytywistycznym, a zatem, co do zasady, podlegają empirycznej weryfikacji (...), znajdujemy znaczną liczbę naruszeń aksjomatów preferencji, co przeczy neoklasycznej teorii” (Sippel, 1997).

Z pozytywistycznego punktu widzenia ekonofizycy odrzucają neoklasyczną teorię ekonomii ze względu na to, że ekonomiści dostarczają syntetycznych twierdzeń apriorycznych (Aguilar, 1999). Twierdzenia ekonomiczne są rzeczywiście syntetyczne, bo mimo że odnoszą się do świata rzeczywistego, nie mają w sobie pojęcia predykatu. Co więcej, propozycje te są formułowane a priori, tj. nie są oparte na doświadczeniu, ale możemy je zrozumieć, bo możemy zrozumieć znaczenie słów. „Istnieją racjonalni agenci gospodarczy” – jest syntetycznym apriorycznym twierdzeniem (Keita, 1992), ponieważ jest to postulat a priori dotyczący świata rzeczywistego bez empirycznego wsparcia. Konkurencja doskonała, idee równowagi, idealna racjonalność i teoria użyteczności są kluczowymi twierdzeniami ekonomicznymi, które są tylko czystymi zdaniem analitycznymi (nie są prawdziwe z definicji). Te twierdzenia zostały opracowane przy użyciu metodologii niezależnej od doświadczenia oraz syntetycznej (odnoszącej się do realnego świata) (Hodgon, 2000). Przypomnijmy, że ekonofizycy nie odrzucają idealnej racjonalności, lecz wiarę w możliwość redukcji złożonej ludzkiej psychiki do kilku apriorycznych aksjomatów. W tej perspektywie, ekonofizycy odrzucają również ramy nieracjonalne (jak w ekonomii behawioralnej), które są oparte na apriorycznych zasadach o ludzkim zachowaniu.

Możemy zilustrować tę perspektywę na przykładzie teorii użyteczności, która obejmuje syntetyczne twierdzenia a priori. Mimo że koncepcja użyteczności posiada empiryczne znaczenie z punktu widzenia subiektywnego doświadczenia i obiektywnej manifestacji, to istnieją problemy konceptualne z ideami wyboru

i preferencji. Jak wyjaśnia Keita: „agenci mogą w rzeczywistości wybierać przedmioty, których nie preferują”, a empiryczny sens pojęcia użyteczności zakłada implícite postulaty a priori. Dostarczając twierdzeń o świecie rzeczywistym, których empiryczny sens zależy bezpośrednio od definicji tych postulatów, idea użyteczności ujawnia się jako suma różnych syntetycznych twierdzeń a priori (Keita, 1997). Szersza dyskusja na ten temat znajduje się w pracach D. Keita (1992, 1997) i P. Mongina (2005).

Na pierwszy rzut oka mogłoby się wydawać, że ekonomia i ekonofizyka dzielą temat badawczy (rzeczywistość gospodarcza). Jednak te dwa pola badawcze nie traktują tego tematu w ten sam sposób: podczas gdy teoretycy ekonomii twierdzą, że analiza rzeczywistości musi być a priori oparta na analizie mikro (na podstawie racjonalnego reprezentatywnego agenta), w ekonofizyce przedstawia się rzeczywistość jako zjawisko złożone (na podstawie interakcji między heterogenicznymi częściami). Luka metodologiczna między ekonofizyką i ekonomią jest zatem ogromna. Z tego punktu widzenia, ekonofizyka wydaje się więcej niż nowym paradygmatem. Jest to nowa dyscyplina z podstawowymi różnicami w stosunku do neoklasycznej ekonomii (Schinckus, 2010):

- Inny sposób prowadzenia badań (empiryzm, a nie aprioryzm);
- Różne poglądy na temat prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń ekstremalnych (niestabilność, a nie stabilność);
- Inny rodzaj redukcjonizmu (interaktywny, a nie atomistyczny);
- Różne podstawy epistemologiczne (poziom makro, a nie skala mikro);
- Inny rodzaj przyczynowości (heteropatyczna zamiast homopatycznej);
- Różne zastosowanie pojęcia modelu (oparte na danych, a nie modele abstrakcyjne).

Tą metodologiczną przepaść między ekonomistami i ekonofizykami podkreśla się w specjalistycznej literaturze. Jak piszą Challet, Marsili i Zhang, „Ekonofizycy są ostrożniejsi i bardziej prawdopodobne jest, że będą ignorować lekcje zawarte w standardowych książkach z ekonomii (zarówno mikro, jak i makro) i nie będą akceptować pomysłów ekonomistów i brać je na poważnie” (Challet, Marsili i Zhang, 2005). Dosi (2001) i McCauley (2004) proponują podobny punkt widzenia. Dlatego też ekonofizycy twierdzą, że ich pole może rozwijać się w pewnym zakresie niezależnie od ekonomii. To dobrowolne ignorowanie wyników ekonomii wynika z pozytywistycznej postawy wobec syntetycznych twierdzeń a priori opracowanych przez neoklasyczną teorię ekonomii: twierdzenia te nie są naukowe, ponieważ nie mają sensu empirycznego. W związku z zaprezentowaną luką metodologiczną oraz odrębnością podejść badawczych i metod można traktować ekonofizykę jako osobne pole lub nawet dyscyplinę badawczą, co potwierdzone jest chociażby przez umieszczenie ekonofizyki w strukturze PACS.

PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiliśmy ekonofizykę – nową dyscyplinę wyłaniającą się ze współpracy ekonomistów i fizyków (ale także statystyków, matematyków, inżynierów itd.). Omawianie ekonofizyki rozpoczęliśmy od krótkiej historii wpływu fizyki na ekonomię, począwszy od Mikołaja Kopernika, a kończąc na obecnie działających kierunkach studiów, które kształcą ekonofizyków na uczelniach w Polsce. Głównym celem artykułu jest zapoznanie ekonomistów z ekonofizyką oraz przedstawienie jej definicji i przekonanie czytelników o jej odrębności metodologicznej. W drugiej części artykułu został zaprezentowany przegląd definicji ekonofizyki, zakończony propozycją autorskiej definicji. W celu pokazania odrębności ekonofizyki jako pola badawczego ze względu na metodologię badań, przedstawiliśmy ujęcie ekonofizyki w ramach metodologii nauk ekonomicznych, a także szereg cech odróżniających metodologię ekonofizyki od metodologii ekonomii głównego nurtu. Pokazano także proces instytucjonalizacji ekonofizyki jako odrębnej dziedziny naukowej – od szerokiego wachlarza badań, poprzez publikacje podręczników, organizację konferencji i warsztatów, aż po prężnie działające kierunki kształcące ekonofizyków. W artykule zwrócono także uwagę na transdyscyplinarny charakter ekonofizyki, który wymaga zaangażowania w nią ekonomistów, co w Polsce napotyka barierę częściowo ze względu na niską świadomość co do istoty ekonofizyki wśród ekonomistów. Celem artykułu było więc poinformowanie szerszego grona ekonomistów o istnieniu i potencjale ekonofizyki w różnych zastosowaniach do badań nad złożonymi, adaptacyjnymi systemami społeczno-gospodarczymi, jako że jedną z głównych przeszkód w jej szybszym rozwoju jest brak dostatecznej współpracy pomiędzy ekonomistami i fizykami. Czytelnicy zainteresowani szerszym omówieniem zakresu badań ekonofizycznych w ramach nauk ekonomicznych powinni sięgnąć do osobnego opracowania, które przybliży dokładnie badania ekonofizyczne w zakresie ekonomii, finansów i zarządzania (Fiedor, Hołda, 2014).

BIBLIOGRAFIA

- Aguilar V. (1999), *Axiomatic Theory of Economics*, Commack, New York.
- Akdere C., Schinckus C. (2009), *J.S Mill and the Origins of Econophysics*, (dokument roboczy), University of Paris I Panthéon-Sorbonne.
- Bachelier L. (1900), *The Theory of Speculation* (Ph. D. thesis), “Annales Scientifiques de l’Ecole Normale Superieure”, Ser. 3,17 (1900), s. 21–86.
- Blaug M. (1992), *The Methodology of Economics: Or How Economists Explain*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Boland L. (1989), *The Methodology of Economic Model Building: Methodology after Samuelson*, Routledge, London.
- Boland L. (1997), *Critical Economic Methodology*, Routledge, London.
- Bouchaud J.-P. (2002), *An introduction to statistical finance*, “Physica A”, Vol. 313, s. 238–251.

- Brandouy O. (2005), *Complexité et phénomènes critiques en finance*, w: Bourghelle D., Brandouy O., Gillet R., Orléan A. (eds.), *Croyances, Représentations & Collectives et Conventions en Finance*, "Economica", Paris, s. 59–88.
- Buchanan M. (2013), *What has econophysics ever done for us?*, "Nature Physics", Vol. 9 (June), s. 317.
- Burda Z., Jukiewicz J., Nowak M. (2003), "Is econophysics a solid science?" (dokument roboczy), Instytut Fizyki, Uniwersytet Jagielloński, Kraków.
- Burda Z., Jukiewicz J., Nowak M. (eds.) (2005), *Applications of Random Matrices to Economy and other Complex Systems*, "Acta Phys. Pol. B", t. 36.
- Carbone A, Kaniadakis G, Scarfone A.M. (2007), *Where do we stand on econophysics?*, "Physica A", Vol. 382, s. xi–xiv.
- Chakrabarti Bikas K. (2005), *Econophys-Kolkata: A Short Story*, w: Chatterjee A., Yarlagadda S., Chakrabarti B.K. (ed.), *Econophysics of Wealth Distributions*, Springer, Milan, s. 225–228.
- Chakrabarti B.K., Chakraborti A., Chatterjee A. (2007), *Econophysics and Sociophysics: Trends and Perspectives*, Wiley, New York.
- Challet D., Marsili M., Zhang Y.-C. (2005). *Minority Games*, Oxford University Press, Oxford.
- Chatterjee A., Chakrabarti B.K. (2006), *Econophysics of Stock and other Markets*, Springer.
- Cho A. (2009), *Ourselves and our interactions: The ultimate physics problem? & Econophysics: Still controversial after all these years*, "Science", Vol. 325 (24 July).
- Colander D., Föllmer H., Haas A., Godber M., Juselius K., Kirman A., Lux T., Slot B. (2014), *The financial crisis and the systemic failure of academic finance*, w: *The Economics of Economists*, A. Lanteri, J. Vromen (eds.), Cambridge University Press, 2014.
- Davis D., Holt Ch. (1993), *Experimental Economics*, Princeton University Press, Princeton.
- Dosi G. (2001), *Innovation, Organization and Economic Dynamics: Selected Essays*, Elgar, Cheltenham.
- Fiedor P, Hołda A. (2014), „Współczesne uwarunkowania ekonofizyki w kontekście metodologii badań ekonomicznych” (artykuł w recenzji).
- Gallegati M., Keen S., Lux T., Ormerod P. (2006), *Worrying trends in econophysics*, "Physica A", Vol. 370, s. 1–6.
- Gingras Y., Schinckus Ch. (2010), *Institutionalization of econophysics in the shadow of physics*. "Journal of the History of Economic Thought", No. 34 (1), s. 109–130.
- Grech D., Mazur Z. (2004), *Can one make any crash prediction in finance using the local Hurst exponent idea?*, "Physica A", Vol. 344, s. 335–339.
- Grech D., Pamuła G. (2008), *The local Hurst exponent of the financial time series in the vicinity of crashes on the Polish stock exchange market*, "Physica A", Vol. 387, s. 4299–4308.
- Hodgson B. (2000), *Economics as Moral Science*, Springer Verlag, Berlin.
- Hołyst J.A. (2008), "Critical Events in Evolving Networks (CREEN)", Project of NEST Action in 6th EU Framework Programme.
- Hołyst J.A. (1999), *Metody fizyki w ekonomii i socjologii*, „Postępy Fizyki”, t. 50, s. 56–58.
- http://pl.wikipedia.org/wiki/Paradoks_petersburski

- Jovanovic F. (2008), *The Construction of the Canonical History of Financial economics*. "History of Political Economy", Vol. 40 (2), s. 213–242.
- Kahana E. (2005), *The history of the global financial crisis in the 20th century*, "Working Paper of the International Studies Association".
- Kasprzak A., Kutner R., Perello J., Masoliver J. (2010), *Higher order phase transitions on financial markets*, "European Physical Journal B", Vol. 76, s. 513–527.
- Keen S. (2003), *Standing on the toes of pygmies: why econophysics must be careful of the economic foundations on which it builds*, "Physica A", Vol. 324, s. 108–116.
- Keita D. (1992), *Science, Rationality and Neoclassical Economics*, University of Delaware Press, Baltimore.
- Keita D. (1997) *Neoclassical economics and the last dogma of positivism: is the normative-positive distinction justified?*, "Metaphilosophy", Vol. 28 (1&2), s. 81–101.
- Kitto K. (2006), *Modelling and Generating Complex Emergent Behaviour* (Rozprawa doktorska), University of South Australia.
- Kuhlmann M. (2006), *How do microscopic models of financial markets explain?* w: *Proceedings: Models and Simulations*, London.
- Kuhn T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago, (wyd. polskie: *Struktura rewolucji naukowych*, tł. Helena Ostromecka, wyd. I: Warszawa 1968, PWN; wyd II: 2001, Wydawnictwo Fundacji Aletheia).
- Kutner R., Grech D. (2008), *Report on Foundation and Organization of Econophysics Graduate Courses at Faculty of Physics of University of Warsaw and Department of Physics and Astronomy of the Wrocław University*, "Acta Physica Polonica A", t. 114 (3), s. 637–647.
- Kutner R. (2013), *Ekonofizyka w świecie baniek, krachów i emocji*, "Fizyka w Szkole", nr 5 (wrzesień/październik), s. 4–8.
- Kutner R. (2014), *Świat po przejściach*, "Fizyka w Szkole", nr 3 (maj/czerwiec), s. 41–43.
- Kutner R. (2015), *Niegaussowskie procesy stochastyczne w naukach przyrodniczych z elementami ekono- I socjofizyki* (<http://www.fuw.edu.pl/materialy-IV-V-rok.html>).
- Kwapien J., Drożdż S. (2012), *Physical approach to complex systems*, "Physics Reports", Vol. 515, s. 115–226.
- Lallement J. (2000), *Popper et le principe de rationalité*, "Economies et Sociétés", Vol. 21 (10), s. 25–40.
- Laplace P.S. (1814), *Essai philosophique sur les probabilités*, w: *A Philosophical Essay on Probabilities*, Truscott F.W., Emory F.L. (eds.), Dover.
- Majorana E. (1942), *Il valore delle leggi statistiche nella fisica e nelle scienze sociali*, "Scientia", Quarta serie, s. 58–66.
- Mandelbrot B. (2004), *The Misbehaviour of Markets*, Profile Group, London.
- Mantegna R.N. (1991), *Levy walks and enhanced diffusion in Milan stock exchange*, "Physica A", Vol. 179, s. 232–242.
- Mantegna R.N., Stanley H.E. (2001), *Ekonofizyka – wprowadzenie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- McCauley J. (2004), *Dynamics of Markets: Econophysics and Finance*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Mirowski P. (1991), *More Heat than Light: Economics as Social Physics, Physics as Nature's Economics*, Cambridge University Press, Cambridge.

- Miśkiewicz, J. (2007), *Econophysics in Poland*, "Science and Culture", Vol. 76(9–10), s. 395–398.
- Mongin P. (2002), *Le principe de rationalité et l'unicité des sciences sociales*, "Revue Economique", Vol. 53(2), s. 301–323.
- Mongin P. (2005), *L'apriori et l'aposteriori en économie*, "Cahiers de l'Ecole Polytechnique CNRS", No. 2005–025.
- Nadeau R. (1995), *Thomas Kuhn ou l'apogée de la philosophie historique des sciences*, w: Cometti J.-P., Tiercelin C. (ed.), *Actes du colloque du Centre Culturel International de Cerisy-la-Salle sur "Cent ans de philosophie américaine"*.
- O'Connor T., Wong H. (2006), *Emergent properties*, w: *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (<http://plato.stanford.edu>).
- Pęczkowski P. (2013), *Pytania o współczesną fizykę. Ekono- i socjofizyka cz. II*, „Fizyka w Szkole”, nr 1 (styczeń/luty), s. 14–17.
- Rickles D. (2007), *Econophysics for philosophers*, "Studies in the History and Philosophy of Modern Physics", Vol. 38(4), s. 948–978.
- Savoie G. (ed.), (2012), *Econophysics, 1st Edition, Background and Applications in Economics, Finance, and Sociophysics*, Elsevier.
- Schinckus Ch. (2009), *La finance comportementale ou le développement d'un nouveau paradigme*, "Revue d'Histoire des Sciences Humaines", Vol. 20, s. 131–157.
- Schinckus Ch. (2010), *Is econophysics a new discipline? The neopositivist argument "Physica A"*, Vol. 389, s. 3814–3821.
- Sippel R. (1997), *An experiment on the pure theory of consumer's behaviour*, "The Economic Journal", Vol. 107, s. 1431–1444.
- Smoluchowski M. (1906), *Zur kinetischen Theorie der Brownschen Molekularbewegung und der Suspensionen*, "Annalen der Physik", Vol. 326, s. 756–780
- Sornette D., Johansen A., Bouchaud J.-P. (1996), *Stock market crashes, precursors and replicas*, "J. Phys. I" (France), Vol. 6, s. 167.
- Stanley H.E., Afanasyev V., Amaral L.A.N., Buldyrev S.V., Goldberger A.L., Havlin S., Leschhorn H., Maass P., Mantegna R.N., Peng C.-K., Prince P.A., Salinger M.A., Stanley M.H.R., Viswanathan G.M. (1996), *Anomalous fluctuations in the dynamics of complex systems: from DNA and physiology to econophysics*, "Physica A", Vol. 224, s. 302–321.
- Stanley H., Amaral L., Gopikrishnan P., Lee Y., Liu Y. (1999), *Econophysics: can physicists contribute to the science of economics?* "Physica A", Vol. 269, s. 156–169.
- Stauffer, D. (2000), *Econophysics – a new area for computational Statistical Physics?*, "International Journal of Modern Physics C", Vol. 11 (6), s. 1081–1087.
- Vandewalle N., Boveroux Ph., Minguet A., Ausloos M. (1998), *The crash of October 1987 seen as a phase transition: amplitude and universality*, "Physica A", Vol. 255, s. 201–210.
- Wang et al. (2004), *Physics of econophysics* (Dokument roboczy), Beijing Normal University, No. 1025 (<http://arxiv.org/pdf/condmat/0401025.pdf>).
- Withley R. (1986), *The structure and context of economic as scientific field*, "Research in the History of Economic Thought and Methodology", Vol. 4, s. 179–209.

STRESZCZENIE

Autorzy prezentują nową dyscyplinę naukową powstającą na styku nauk fizycznych i nauk ekonomicznych: ekonofizykę. Prezentacja ta ukierunkowana jest na przybliżenie tego zagadnienia szerszemu gronu ekonomistów w Polsce. Przedstawiono w tym celu szeroki zarys historii użycia metod fizyki w ekonomii na świecie i w Polsce. Następnie zaprezentowano przegląd definicji ekonofizyki oraz wprowadzono definicję autorską. Opisany został proces instytucjonalizacji ekonofizyki w Polsce i na świecie oraz jej odrębność jako pola naukowego w stosunku do neoklasycznej ekonomii głównego nurtu, na tle metodologii nauk ekonomicznych. Taki przegląd stanowi wprowadzenie do szerszej współpracy ekonomistów i fizyków w zakresie ekonofizyki; współpraca ta jest w Polsce opóźniona względem trendów światowych.

Słowa kluczowe: ekonofizyka, przegląd, metodologia, finanse.

THE ESSENCE OF ECONOPHYSICS

ABSTRACT

The paper reviews econophysics studies with the aim of familiarising larger audience of Polish economists with the field. The first part outlines econophysics and its history in Poland and worldwide. A short review of definitions of econophysics follows, complemented with an original definition proposed by the authors. The process of institutionalization of econophysics in Poland and worldwide is presented along with its separation as a research field from the mainstream neoclassical economics, with reference to the methodology of economics.

Keywords: econophysics, review, methodology, finance.

JEL Classification: A12, B23, B41, B59, C02