

Aleksander Jakimowicz, Źródła niestabilności struktur rynkowych

Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2010

Małgorzata Pawłowska*

Nadesłany: 6 sierpnia 2010 r. Zaakceptowany: 30 września 2010 r.

Rzeczywistość ekonomiczna jest opisywana głównie przez zależności liniowe. Powoduje to jej znaczne upraszczanie, ponieważ współczesne gospodarki i rynki zalicza się do najbardziej złożonych systemów dynamicznych, a postęp techniczny powoduje nieustanny wzrost ich złożoności. Sprzeczność ta powoduje, że we współczesnej ekonomii mamy do czynienia z luką poznawczą. Celem książki Aleksandra Jakimowicza pt. *Źródła niestabilności struktur rynkowych* jest próba wypełnienia tej luki przez wykazanie, że zastosowanie dynamiki nieliniowej do znanych od dawna modeli mikroekonomicznych pozwala przybliżyć teorię ekonomii do współczesnej rzeczywistości. Pozwala wyjaśnić, dlaczego w pewnych sytuacjach rynki są stabilne i przewidywalne, natomiast w innych – zmienne i podatne na zaburzenia. Zdaniem Autora dzięki dynamice nieliniowej możemy uzyskać nowe spojrzenie na wiele zagadnień uważanych dotychczas za nierozwiązywalne.

Ekonomia XX w. opierała się głównie na paradygmacie liniowym, który polegał na założeniu, że każdy bodziec wywołuje proporcjonalną do jego siły reakcję. Tymczasem rynki rzadko bywają uporządkowane, w najmniej spodziewanym momencie reakcja staje się niewspółmierna do bodźca i nabiera charakteru wykładniczego, co jest istotą nieliniowości (Peters 1997). Światowy kryzys gospodarczy oraz jego konsekwencje potwierdziły słuszność teorii wielu współczesnych ekonomistów (m.in. Wojtyła 2008; de Soto 2009), którzy uważali, że w nauce o gospodarowaniu potrzebny jest przełom. Recenzowana publikacja wychodzi naprzeciw tym oczekiwaniom dzięki zastosowaniom w ekonomii modeli nieliniowych oraz dorobku naukowego interdyscyplinarnej dziedziny nauki: ekonofizyki (Mantegna, Stanley 2001).

Rosnąca złożoność struktur rynkowych (współczesnych rynków i gospodarek), wynikająca z postępu technologicznego, spowodowała konieczność dostosowania istniejących instytucji do nowych wyzwań oraz nowego spojrzenia na prawa współczesnej ekonomii. Aleksander Jakimowicz w kolejnych rozdziałach swojej książki podejmuje próbę udowodnienia tezy, którą formułuje

* Narodowy Bank Polski, Instytut Ekonomiczny; e-mail: malgorzata.pawlowska@nbp.pl.

w zakończeniu, że: „na skutek racjonalnego zachowania się podmiotów gospodarczych, struktury rynkowe zmierzają do stanu zwanego krawędzią chaosu” (s. 258). Autor definiuje struktury rynkowe jako zachowania podmiotów gospodarczych uczestniczących w poszczególnych typach rynku, zróżnicowanych pod względem konkurencji (s. 11).

Recenzowane opracowanie składa się ze wstępu, siedmiu rozdziałów oraz zakończenia. Na końcu każdego rozdziału, zawierającego dane empiryczne, znajduje się podrozdział podsumowujący najważniejsze wyniki, zaprezentowane w tym rozdziale. Książka zawiera aneks matematyczny, w którym Autor szczegółowo wyjaśnia pojęcia podstaw teorii chaosu deterministycznego¹. Publikację zamyka obszerna bibliografia i indeks pojęć. Opracowanie zawiera wykresy ilustrujące wyniki obliczeń numerycznych; pokazano na nich własności układów dynamicznych: wykresy bifurkacyjne², przedstawiające nagłe jakościowe zmiany rozwiązań występujące przy zmianie parametrów układu, atraktory³ oraz wykresy chaosu. W publikacji zaprezentowano wykładniki Lapunowa⁴ szacowane z pochodnych cząstkowych danego procesu.

Aleksander Jakimowicz we wstępie do recenzowanej publikacji wyjaśnia, że w dynamice nieliniowej, stanowiącej sumę teorii chaosu deterministycznego i teorii złożoności, dużą rolę odgrywają obliczenia. Stwierdza, że „moc obliczeniowa systemów, oznaczająca ich zdolność do gromadzenia i przetwarzania danych, osiąga maksimum między zachowaniem periodycznym a zachowaniem chaotycznym” (s. 9–10). Autor wyjaśnia również pojęcie krawędzi chaosu (*edge of chaos*), które „jest jedną z najczęściej używanych w nauce definicji złożoności” (s. 9). Pojęcie to oznacza przejście pomiędzy porządkiem a nieporządkiem, stabilnością a chaosem. Układy uporządkowane i stabilne poza dążeniem do równowagi nie są w stanie wygenerować nic nowego; również układy losowe, które nie mają zarysowanej struktury, są bezpostaciowe i nie są w stanie wykreować nowych zjawisk. Złożoność może pojawić się tylko na granicy między uporządkowaniem a przypadkowością, pomiędzy równowagą a ciągłą zmianą. Stan na krawędzi chaosu umożliwia osiągnięcie korzyści, jakie oferuje stan chaosu – np. elastyczności i innowacyjności; z kolei obecność struktury pozwala uzyskać stabilność.

Według Autora hipoteza krawędzi chaosu, mimo że początkowo krytykowana, nabiera znaczenia. Ponadto Autor stwierdza, że w naukach ekonomicznych była już wykorzystywana m.in. w badaniach nad transformacją gospodarczą Hockuby (1995) oraz w badaniach strategii konkurencji (Nestorowicz 2001; Mesjasz 2004). W przypadku przedsiębiorstwa stan na krawędzi chaosu oznacza, że jest ono w stanie stymulować innowacyjność, a jednocześnie ma struktury umiające efektywnie wykorzystać wyniki tej kreatywności. Według Nestorowicza (2001) gospodarka wolnorynkowa zdaje się być systemem na krawędzi chaosu. Wolna konkurencja zapewnia odpowiedni poziom innowacyjności. Z drugiej strony interwencja państwa, polityka fiskalna oraz polityka monetarna banków centralnych nakładają na rynek pewne rygory i ograniczenia, co zapobiega

¹ Chaos deterministyczny to nieliniowy system dynamiczny, którego wyniki wyglądają na losowe, jednak są skutkiem określonych ścisłych praw naukowych. System chaotyczny jest wrażliwy na zmiany warunków początkowych (por. Peters 1997, s. 242).

² W układach dynamicznych wykres ukazujący punkty krytyczne, w których dochodzi do bifurkacji, oraz kolejne możliwe rozwiązania systemu (por. Peters 1997, s. 246).

³ Zbiory w przestrzeni fazowej, do których w miarę upływu czasu zmierzają trajektorie rozpoczynające się w różnych obszarach przestrzeni fazowej; obszar poziomu równowagi w nieliniowych szeregach czasowych (por. Peters 1997, s. 242).

⁴ Miary dynamiki atraktora; w innym ujęciu wykładnik Lapunowa wyraża tempo, w jakim tracimy zdolność przewidywania przyszłych zachowań systemu (por. Peters 1997, s. 246).

nadmiernym fluktuacjom i ogranicza skutki gwałtownych zmian. Z dążenia rynków do krawędzi chaosu bezpośrednio wynika prawidłowość, którą Autor nazywa „prawem postępującej złożoności” (s. 10). Zakłada ono występowanie takich zjawisk, których wcześniej nie obserwowano, a których przykładem może być ostatni globalny kryzys finansowy. Dlatego, zdaniem Autora, „skoncentrowanie badań na źródłach zawodności rynków wydaje się być pilną potrzebą współczesności” (s. 11).

Celem rozdziału pierwszego jest porównanie klasycznego modelu pajęczyny, znanego od początku lat 30. XX w., z jednym z najbardziej znanych ujęć nieliniowych – modelem Hommesa. Model pajęczyny w tradycyjnej postaci jest według Autora jednym z najprostszych ekonomicznych modeli dynamicznych opisujących dynamikę cen oraz ilości dóbr na pojedynczym rynku; nazwę „pajęczyna” zawdzięcza swojemu kształtowi (s. 20). Prezentację wyników numerycznych poprzedza przedstawienie tła historycznego oraz najnowszych osiągnięć związanych z tym zagadnieniem. Dla Autora punktem wyjścia jest klasyczna wersja liniowa; następnie – zgodnie z ujęciem nieliniowym Hommesa – wprowadza do niej dodatkowe elementy „w postaci oczekiwań adaptacyjnych i nieliniowej, sigmoidalnej funkcji podaży” (s. 38). W modelu Hommesa zgodnie z własnościami funkcji \arctg wzrost podaży jest powolny zarówno dla niskich, jak i dla wysokich cen; „w pierwszym przypadku z uwagi na koszty z uruchomieniem produkcji oraz koszty stałe, natomiast w drugim ograniczenia zdolności produkcyjnej przedsiębiorstwa” (s. 38). Liniowa funkcja popytu razem z nieliniową funkcją podaży i oczekiwaniami adaptacyjnymi pozwala na opis ilościowych i jakościowych różnic w porównaniu z wersją tradycyjną. Autor przeprowadził badania numeryczne modelu pajęczyny w czterowymiarowej przestrzeni parametrów (a , b , λ , w). Zmiana parametru a powoduje, że funkcja popytu przesuwa się w górę. Celem Autora jest natomiast określenie dynamiki systemu dla wybranych parametrów λ , który wyznacza stromość funkcji podaży przy stałych parametrach b i w , określających (odpowiednio) nachylenie liniowej funkcji popytu oraz współczynnik oczekiwań (s. 40). Badania numeryczne wersji nieliniowej pozwoliły Autorowi zweryfikować wyniki uzyskane przez Hommesa oraz uzupełnić je wykreśleniem diagramów bifurkacyjnych, wyliczeniem wykładników Lapunowa oraz wyjaśnieniem roli parametru λ , odpowiedzialnego za stromość funkcji podaży. Wyniki analizy wykazały, że wraz z przesunięciem się funkcji podaży dynamika cen staje się na przemian periodyczna (okresowa) i chaotyczna (tzn. o trajektoriach niestabilnych i ograniczonych, wrażliwa na małe zmiany parametrów układu), przy czym liczba pasm chaotycznych zwiększa się wraz ze wzrostem parametru λ , regulującego stromość funkcji podaży. Reasumując, Autor stwierdza, że „na skutek przesunięć funkcji popytu oraz tego, że ludzie są omylni mechanizm rynkowy działa w taki sposób, że cała struktura jest spychana w kierunku krawędzi chaosu” (s. 79). W tradycyjnym modelu pajęczyny z liniowymi funkcjami popytu i podaży oczekiwania adaptacyjne stabilizują system, natomiast w układzie nieliniowym ich oddziaływanie jest dwojakie. Z ilościowego punktu widzenia stabilizują ceny, natomiast z jakościowego punktu widzenia destabilizują je, prowadzą bowiem do zachowań chaotycznych.

W rozdziale drugim Autor poddaje analizie ekonomicznej znany z biologii populacyjnej model Rickera. Wskazuje na pewne błędy klasycznej teorii wyboru konsumenta, która opiera się na znacznych uproszczeniach zachowań konsumentów; m.in. stwierdza, że założenie o liniowości funkcji popytu jest nierealistyczne ze względu na wypukłość krzywych obojętności. Następnie Autor opisuje model optymalnego wyboru konsumenta z preferencjami typu Cobba-Dougłasa jako „punkt wyjścia do zaawansowanych badań nad złożonymi zachowaniami konsumenta” (s. 84) oraz prezentuje własne wyniki empiryczne. Głównym celem rozdziału jest wykazanie, że racjonalne

postępowanie konsumentów, którzy dążą do zwiększenia dochodów, może być przyczyną pojawienia się w układzie dynamiki chaotycznej. Niewątpliwie, zdaniem Autora, to zjawisko stawia nowe wyzwania przed tradycyjną teorią wyboru konsumenta, w której złożone zachowania są pomijane (s. 97–98). Zdaniem Autora w zaprezentowanym modelu konsumpcji działają także siły, które zapewniają stabilność, o ile parametry modelu nie są zbyt duże, tzn. odpowiadają sytuacji osoby, która nie jest zbyt bogata. Jednak w dłuższym okresie, potrzebnym jednostce do zwiększenia dochodu, te same siły będą spychały system ku krawędzi chaosu. Innymi słowy, popyt ludzi o wysokich dochodach jest bardziej złożony od popytu ludzi o niskich dochodach. Aleksander Jakimowicz stwierdza, że hipoteza krawędzi chaosu podważa tradycyjne myślenie ekonomiczne, ponieważ wzrost złożoności funkcji popytu wywołany przesłankami ekonomicznymi (tzn. naturalną skłonnością do zwiększania dochodów w celu podwyższenia stopy życiowej) stanowi uzasadnienie kontroli rynków, co jest sprzeczne z ideami wolnego rynku (s. 98). Ekonomiczna interpretacja modelu Rickera pozwala też, zdaniem Autora, „pozbyć się kłopotów z ewentualnym tautologicznym charakterem teorii zachowań konsumenta opartej na krzywych obojętności. Przenosząc idee i rozwiązania [...] z przyrodoznawstwa do ekonomii, możemy oprzeć się na homologiach logicznych i wyodrębnić w ekonomii tzw. twarde rdzeń” (s. 98).

Przedmiotem rozdziału trzeciego jest porównanie podręcznikowej wersji modelu monopolu z modelem Robinsona-Puu, w którym krzywa popytu jest miejscami wklęsła i miejscami wypukła (s. 103–105). W tym ostatnim przypadku mamy do czynienia ze różnicowaniem cen i równowagą wielokrotną. Problemem, przed którym stoi monopolista, jest znalezienie metody wyznaczania lokalnych punktów równowagi i zidentyfikowanie globalnego maksimum zysku, przy „niepełnej wiedzy o rynku” (s. 105). Wyniki badań numerycznych wykazały zachowania chaotyczne oraz „współistnienie atraktorów chaotycznych i periodycznych” (s. 107). Nagłe zmiany atraktorów chaotycznych, wywołane zmianami wartości parametrów, nazywane są kryzysami. W modelu monopolu Robinsona-Puu Autor zidentyfikował m.in. „kryzys typu III, polegający na łączeniu się atraktorów” (s. 141). W omawianym rozdziale Autor wykazał złożoność zachowań monopolu dzięki wykorzystaniu dynamiki nieliniowej. Stwierdził, że nieliniowość wprowadza nową jakość do modelu i powoduje uruchomienie w układzie dodatkowych sił oraz że taka struktura prędzej czy później znajdzie się na krawędzi chaosu (s. 141).

Rozdział czwarty zawiera przegląd badań nad teorią oligopolu zapoczątkowaną przez Cournota, który w 1883 r. skonstruował jeden z pierwszych modeli matematycznych w ekonomii. Autor stwierdził, że model duopolu Cournota jest „pierwszym modelem ekonomicznym, w którym chaos deterministyczny odkryto *explicite*. Dokonał tego Rand (1978) odwołując się do dwóch przykładów funkcji reakcji powodujących występowanie równowagi wielokrotnej” (s. 147). Na zakończenie bardzo szczegółowego przeglądu historycznego Autor przedstawił najnowsze wyniki z zakresu złożonej dynamicznej teorii oligopolu. Na uwagę zasługuje cytowane przez Autora opracowanie Richtera i Stolka (2004), w którym wykazano „możliwość kontroli chaosu w modelu triopolu typu Cournota przez sterowanie układem, tak aby przechodził od jednego atraktora do innego” (s. 156).

W rozdziale piątym Autor analizuje dynamikę duopolu z krzywą popytu o jednostkowej elastyczności cenowej. W pierwszej kolejności rozważa prosty model duopolu zaproponowany przez Puu (1997; 2000) i przedstawia postać matematyczną modelu; następnie analizuje rozwinięcie modelu podstawowego oraz jego dalsze modyfikacje. Rozpatrywane są trzy warianty modelu: z oczekiwaniami adaptacyjnymi i bez nich oraz realistyczne sformułowanie z dolnymi ograni-

zeniami wielkości produkcji. Wyniki numeryczne zaprezentowane przez Autora wykazały, że „jedynie w krótkim okresie zaobserwowano zgodność z twierdzeniami ekonomii. W długim okresie następuje dryft po punktach równowagi w kierunku krawędzi chaosu, co wynika z dążenia każdego z producentów do obniżenia kosztu krańcowego” (s. 197). Zdaniem Autora siły prowadzące duopol do krawędzi chaosu mogą wynikać zarówno z tendencji do obniżania kosztów krańcowych, jak i ze zmiany współczynników oczekiwania, a wprowadzanie do modelu podstawowego kolejnych elementów (takich jak oczekiwania adaptacyjne czy dodatkowa nieliniowość wynikająca z ustalenia dolnej granicy wielkości produkcji) zwiększało prawdopodobieństwo złożonych zachowań polegających na zmianie typu bifurkacja (s. 198).

W rozdziale szóstym Autor bada triopol, wprowadzając do modelu duopolu Cournota-Puu dodatkowego producenta. W analizie triopolu Autor przyjął takie same założenia, jak w przypadku modelu duopolu. Na podstawie wyników numerycznych stwierdził, że wprowadzanie trzeciego producenta zmienia dynamiczne właściwości systemu. W przestrzeni parametrów obszar odpowiedzialny za równowagę jest ograniczony, co oznacza, że każdy wytwórca ma mniejszą swobodę działania niż przedsiębiorstwa duopolistyczne. W triopolu, podobnie jak w duopolu, działają dwa rodzaje sił rynkowych: siły pierwszego rodzaju prowadzą w krótkim okresie do powstania stanu równowagi, a siły drugiego rodzaju przesuwają cała strukturę w kierunku krawędzi chaosu (s. 233). Ponadto Autor prezentuje ciekawy przypadek oligopolu, gdy koszty krańcowe dwóch producentów są takie same. Struktura taka nazywa się wirtualnym duopolem; została zaobserwowana na rynkach finansowych i nazwana „wirową zasadą giełdową” (s. 234). Na końcu rozdziału Autor przedstawia wirową zasadę giełdową dla indeksu WIG 20 na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie w przestrzeni trójwymiarowej (R^3_+). Zdaniem Autora dynamikę giełdy można opisać jako „przechożenie od stanów laminarnych do stanów spiralnej turbulencji” (s. 236).

W rozdziale siódmym Autor przedstawił podsumowanie wyników empirycznych najnowszych badań w zakresie wykrywania nieliniowości i chaosu deterministycznego w szeregach czasowych. Postuluje tu wykorzystanie teorii chaosu w ekonomii. Twierdzi, co prawda, że identyfikacja chaosu deterministycznego w szeregach czasowych jest „źródłem wielu kontrowersji” (s. 237), jednak obecnie dysponujemy coraz większą liczbą dowodów na istnienie chaosu i występowanie nieliniowości w strukturach rynkowych (s. 237). W dynamice nieliniowej, stanowiącej sumę teorii chaosu deterministycznego i teorii złożoności, dużą rolę odgrywają obliczenia numeryczne. Ponadto Aleksander Jakimowicz za Oskarem Lange twierdzi, że istnieją podobieństwa między funkcjonowaniem rynków a procesami obliczeniowymi zachodzącymi w komputerach, co zostało przez niego wykazane we wstępie do omawianej publikacji. Na końcu rozdziału Autor prezentuje w obszernej tabeli wybrane wyniki badań empirycznych dotyczących nieliniowości i chaosu w ekonomicznych szeregach czasowych (s. 246–252). Z zawartego w tabeli przeglądu prac, w których wykorzystano nieliniowe modele ekonomiczne, wynika, że występowanie chaosu stwierdzono na wielu rynkach, m.in. na rynku transakcji terminowych, rynkach paliw płynnych, rynku złota oraz na rynkach finansowych i kapitałowych, a niektóre z przedstawionych badań były opublikowane na początku lat 90. Według Autora definitywny brak chaosu w danych obserwacyjnych musiałby zostać zinterpretowany jako istotna wada wielu ważnych modeli ekonomicznych i zmuszałby do podjęcia nowych poszukiwań teoretycznych (s. 245).

W zakończeniu recenzowanej książki Autor podsumowuje wyniki własnych badań numerycznych, które były zaprezentowane w kolejnych rozdziałach, i podejmuje próbę syntezy zaprezen-

wanych wywodów. Po pierwsze twierdzi, że dynamika nieliniowa jest odpowiednim narzędziem odkrywania nowych praw ekonomicznych i korygowania istniejących. Wyniki badań numerycznych równań nieliniowych wykazały, że systemy gospodarcze cechują się naturalną skłonnością do dążenia do krawędzi chaosu, gdzie złożoność jest optymalna, co Autor wykazał na modelu rynkowym pajęczyny, wprowadzając nieliniową funkcję podaży. Wynik ten jest sprzeczny z twierdzeniami klasycznej ekonomii, która podkreśla znaczenie stabilności i równowagi. Po drugie, Autor ma zastrzeżenia do teorii konsumenta. Wzrost dochodu nie przyczynia do jakościowej zmiany zachowań konsumenta, przesuwa się tylko linia ograniczenia budżetowego, na skutek czego wyznaczony zostaje nowy punkt równowagi. Dynamika nieliniowa wykazuje, że takie zachowanie jest raczej wyjątkiem, a nie normą. Racjonalny wybór może prowadzić do pojawienia się jakościowych zmian w zachowaniu konsumenta, gdy ich dochody będą się zwiększać. Ponadto Autor wykazał, że „popyt ludzi o wysokich dochodach jest bardziej złożony, od popytu ludzi o niskich dochodach” (s. 255). Po trzecie, Autor stwierdził, że ważnym czynnikiem w ekonomii mogą być badania interdyscyplinarne oraz że szersze spojrzenie na problemy ekonomiczne umożliwia nowoczesna ogólna teoria systemów złożonych. Po czwarte, zdaniem Autora wyniki badań numerycznych (modeli monopolu, duopolu i triopolu) prowadzą do odmiennych wniosków dotyczących zachowań struktur rynkowych niż te, które pochodzą z tradycyjnej wiedzy ekonomicznej. Zgodnie z tradycyjną ekonomią dążenie przedsiębiorstw do maksymalizacji zysku przyczynia się do stabilizacji struktur rynkowych, co się wyraża w osiągnięciu równowagi Cournota-Nasha. Jednak według Autora położenia struktur rynkowych dążą do krawędzi chaosu. Zdaniem Autora „hipoteza krawędzi chaosu wspiera tezę George’a Sorosa (2008, s. 105), że mechanizmy rynkowe są zawodne, gdyż rynki nie dążą automatycznie do stanu równowagi” (s. 259). Autor kończy publikację mocnym stwierdzeniem, że „koncepcja wolnego rynku powinna być ponownie przemyślana” (s. 259).

Recenzowane opracowanie wydaje się być ciekawym głosem w dociekaniach ekonomistów o przyczynach istniejącego kryzysu, opartym na teorii chaosu⁵. Zaprezentowane wyniki badań dowodzą, że regulacja rynków jest jednym z najważniejszych wyzwań, jakie stoją przed współczesną ekonomią. Wywody w kolejnych rozdziałach książki stanowią próbę dowodu twierdzenia sformułowanego przez Autora, że chaos deterministyczny dotyczy każdej struktury rynkowej (od czystego monopolu, duopolu, oligopolu, po konkurencję monopolistyczną oraz konkurencję doskonałą), a zastosowanie teorii chaosu pozwala zwiększyć wiedzę o procesach rynkowych. Autor starał się wykazać, że tradycyjne metody poznawcze są niepełne i zawodzą w badaniach współczesnych rynków, gdyż pomijają wiele ważnych cech procesów gospodarczych. Tymczasem stopień złożoności systemów ekonomicznych ze względu na postęp cywilizacyjny i technologiczny ciągle wzrasta. Autor starał się oprzeć swoje rozważania na teorii zwanej ekonomią złożoności, która traktuje gospodarkę jako złożony system adaptacyjny (Wojtyna 2008, s. 28). Przedstawił ekonomię złożoności jako „całościowe spojrzenie na klasyczną mikroekonomię, organizację i zarządzanie oraz strategie marketingowe wraz z wykorzystaniem nieliniowych metod naukowych oraz chaosu deterministycznego” (s. 14). Autor stawia również pytanie, w jaki sposób wyjaśnić istnienie chaosu w systemach mikroekonomicznych, ponieważ standardowe teorie ekonomiczne nie dostarczają odpowiedniej interpretacji tego zjawiska. Według niego najnowsze badania potwierdzają, że uczucia mogą być źródłem złożonej dynamiki, a kolektywny sposób podejmowania strategicznych decyzji

⁵ Autor wyraźnie rozróżnił wykorzystywanie pojęcia „chaos” w znaczeniu potocznym i naukowym, w tym w literaturze ekonomicznej (s. 266).

w sferze ekonomii i polityki rodzi współzależności prowadzące do złożonych zachowań i chaosu. Autor cytuje za Sprott (2004), że „modele oparte na równaniach różniczkowych są odpowiednie do badań związków uczuciowych łączących ludzi, ponadto połączenie rozsądku z uczuciem tworzy niepewność prowadzącą do zachowań chaotycznych” (s. 17).

W recenzowanej książce Autor wykazuje, że wiele klasycznych modeli mikroekonomicznych może przyczynić się do nowego spojrzenia na procesy gospodarcze – ekonomii złożoności, a zaprezentowane wyniki empiryczne wykazują, że większość stanów gospodarczych w sposób naturalny zmierza do stanu zwanego krawędzią chaosu (*edge of chaos*). Idea ta uzupełnia tradycyjne podejście, wskazujące, że działanie sił ekonomicznych sprowadza układy dynamiczne do stanu równowagi, ponieważ te same siły są także źródłem złożonych zachowań. Na skutek zmiany parametrów kontrolnych obiekty mogą przechodzić przez wiele pozycji równowagi, aż nastąpi bifurkacja, która oznacza nagłą jakościową zmianę. W obszarze przejściowym między porządkiem a chaosem układy wykazują największą sprawność w przetwarzaniu informacji, liczba stanów jest wtedy ogromna i można spośród nich wybrać takie, które najlepiej odpowiadają wyzwaniom otoczenia.

Zdaniem Autora w naukach przyrodniczych i ekonomii zidentyfikowano wiele homologii logicznych, które pozwalają na transfer modeli z jednej nauki do innej, a korzyści z takiego transferu odnosi nauka mniej rozwinięta. Według Autora postępowanie takie jest zgodne z twierdzeniem Kurta Gödla o niezupełności – wyjaśnienie niesprzeczności teorii naukowej nie jest możliwe na gruncie tej teorii, lecz wymaga przejścia do teorii ogólniejszej. Tą teorią, zdaniem Autora, jest ekonomia złożoności. Należy zauważyć, że zgodnie z drugim twierdzeniem Gödla w systemie wyższego rzędu (którym w tym przypadku jest ekonomia złożoności) jego niesprzeczności również nie można dowieść w ramach niego samego, zatem ekonomia złożoności nie da odpowiedzi na wszystkie postawione przez Autora pytania. Jednak generalnie twierdzenia Gödla skłaniają do ufności w potęgę twórczą umysłu ludzkiego, wskazują bowiem, że dzięki nowym konstrukcjom pojęciowym może się on uporać z problemami, których nie da się rozwiązać za pomocą żadnych wcześniej opracowanych metod i technik poznawczych⁶.

Recenzowane opracowanie ma charakter specjalistyczny, stosowane są w nim złożone narzędzia analityczne, zawierające algorytmy wykorzystujące formuły dynamiki nieliniowej. Może być to zatem trudna lektura dla Czytelnika pragnącego śledzić wszystkie wywody Autora. Z drugiej strony pewne ułatwienie stanowi aneks matematyczny dotyczący podstaw teorii chaosu deterministycznego. Autor zdefiniował w nim większość pojęć matematycznych wykorzystywanych w opracowaniu (m.in. chaos, atraktor, efekt motyla itd.). Aneks został przystępnie napisany i może zachęcić nawet mniej wyspecjalizowanych Czytelników, by sięgnęli po tę pozycję.

Tezy postawione w prezentowanej książce mogą budzić pewne kontrowersje wśród ekonomistów będących zwolennikami tradycyjnego podejścia do ekonomii. Z modelami liniowymi pracuje się bowiem o wiele łatwiej niż z nieliniowymi, a korzyści wynikające z ich prostoty przeważają nad potencjalnymi niebezpieczeństwami wynikającymi z ich ograniczeń. Należy jednak zauważyć,

⁶ K. Gödel udowodnił wiele twierdzeń matematycznych, jednak przez pojęcie twierdzenie Gödla najczęściej rozumie się twierdzenie o niezupełności (udowodnione w 1931 r.). Można je wyrazić następująco: istnieją prawdziwe zdania systemu S, które nie są twierdzeniami tego systemu (tj. nie dadzą się wywieść z aksjomatów systemu S). Drugie twierdzenie, udowodnione w tej samej pracy, można wyjaśnić w ten sposób, że udowodnienie niesprzeczności takich systemów wymaga posłużenia się konstrukcjami, które nie mają reprezentacji w ramach tej teorii. Aby taki dowód przeprowadzić, niezbędny jest system wyższego rzędu, którego niesprzeczności w ramach niego samego również nie da się dowieść; por. *Mała encyklopedia logiki* (1988, s. 210).

że Aleksander Jakimowicz już w swojej wcześniejszej publikacji twierdził, że od dłuższego czasu można zaobserwować lukę poznawczą między dogmatami głównego nurtu ekonomii a funkcjonowaniem rzeczywistych systemów gospodarczych. Wzorcem poznawczym ekonomii jest termodynamiczny układ zamknięty dążący do stanu równowagi, który był podstawą fizyki XIX w. Obecnie powinno się jednak wykorzystywać dorobek fizyki i biologii XXI w., wprowadzając nieliniowość, systemy otwarte, chaos deterministyczny i różne formy złożoności (Jakimowicz 2009).

Z drugiej strony teoria chaosu oraz hipoteza krawędzi chaosu były już wykorzystywane, m.in. w badaniach nad transformacją gospodarczą, w badaniach strategii konkurencji oraz rynku finansowego. Teoria chaosu jest już praktycznie wykorzystywana od końca lat 80. przez inwestorów na rynku kapitałowym i w połączeniu ze statystycznym podejściem do analizy danych stworzyła narzędzie wspomagania decyzji inwestycyjnych zwane profilem rynku. Pozwala on wychwycić dynamikę zmian szeregów czasowych szybciej niż przy zastosowaniu innych metod (Nowakowski, Borowski 2005). Autor omawianej publikacji twierdzi, że ostatnie badania nad szeregami zmiennych finansowych w sposób oczywisty „kwestionują hipotezę efektywności rynku” (s. 242). Należy jednak zauważyć, że hipoteza efektywności rynku była już podana w wątpliwość w pracach innych autorów (m.in. Peters 1997). Dodatkowo, globalny kryzys finansowy spowodował, że swój stosunek do złożoności będą musiały przewartościować takie szkoły, jak monetaryzm, nowa klasyczna makroekonomia, szkoła realnego cyklu koniunkturalnego czy nowa szkoła keynesowska (Jakimowicz 2009).

Recenzowane opracowanie jest bardzo interesującym i dobrze zwizualizowanym – dzięki zaawansowanym narzędziom analitycznym i metodom numerycznym – *case study* o zastosowaniach teorii chaosu w ekonomii. Stanowi interesującą lekturę dla współczesnego ekonomisty posługującego się rozwiniętym aparatem matematycznym. Jednak w mojej opinii, po zapoznaniu się z wnioskami płynącymi z recenzowanego opracowania, wiele pytań stojących przed współczesną ekonomią nadal pozostaje otwartych, co powinno tylko zmobilizować Autora do pogłębiania studiów nad zastosowaniem teorii chaosu w naukach ekonomicznych.

Bibliografia

- Hockuba Z. (1995), *Droga do spontanicznego porządku. Transformacja ekonomiczna w świetle problemu regulacji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Jakimowicz A. (2009), O niektórych implikacjach nieliniowości w keynesizmie, *Ekonomista*, 1, 15–48.
- Mała encyklopedia logiki* (1988), W. Marciszewski (red. nauk.), Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław.
- Mantegna R.N., Stanley H.E. (2001), *Ekonofizyka – wprowadzenie*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Mesjasz C. (2004), *Organizacja jako system złożony*, „Zeszyty Naukowe”, 652, Akademia Ekonomiczna w Krakowie.
- Nestorowicz P. (2001), *Organizacja na krawędzi chaosu. Konkutowanie w warunkach ciągłej zmiany i niepewności*, Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Kraków.

- Wojtyna A. (2008), Współczesna ekonomia – kontynuacja czy poszukiwanie nowego paradygmatu?, *Ekonomista*, 1, 9–32.
- Nowakowski J., Borowski K. (2005), *Zastosowanie teorii Carolana i Fischera na rynku kapitałowym*, Difin, Warszawa.
- Peters E.E. (1997), *Teoria chaosu a rynki kapitałowe*, WIG Press, Warszawa.
- de Soto J.H. (2009), *Pieniądz, kredyt bankowy i cykle koniunkturalne*, Instytut Ludwiga von Misesa, Warszawa.

