

RYSZARD DOMAŃSKI

czł. rzecz. PAN

em. prof. Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu

EMERGENCJA ZŁOŻONOŚCI SYSTEMÓW PRZESTRZENNYCH

Abstract: The Emergence of Complex Spatial Systems. This paper is an attempt to explain the concept of emergence of spatial systems. It indicates basic features of this concept, such as: coevolution, selforganization, patterns, sudden changes, hierarchy. The emergence of complex systems is very fruitful approach to the theoretical reconstruction of the processes of space economy. It should be included in the discussion on evolutionary economics and geography. Recently, in both disciplines creative research is carried out on this subject matter.

Keywords: Complexity, emergence, selforganization, sudden changes.

Wprowadzenie. Emergencja i złożoność

Emergencja może być zdefiniowana jako powstawanie nowych i spójnych struktur i właściwości w toku procesu samoorganizacji w złożonych systemach [Corning 2002: 18-30]. Wspólnymi cechami emergencji są: 1) radykalna nowość, 2) spójność lub korelacja w zintegrowanych całościach, które utrzymują się w pewnym czasie, 3) poziom globalny lub makro wykazujący cechy całości, 4) jest efektem procesu dynamicznego, rozwijającym się, 5) może być postrzegana, uchwytna i rozumiana.

Emergencja może być słaba lub silna [Saviotti 2011: 141-142]. Słaba jest wtedy, gdy w systemie powstają właściwości w wyniku interakcji na poziomie elementarnym. Silna, gdy system ma właściwości nie odnoszące się bezpośrednio do jego elementów. Innymi słowy, właściwości emergentne nie są redukowalne do poziomu elementarnego. Nowa całość jest nie tylko większa od sumy jej części, lecz ponadto jest nieredukowalna do nich. Pojęcie emergencji, zwłaszcza w jej silnej odmianie, jest ściśle związane z wieloma pojęciami stosowanymi w ekonomii innowacji i wiedzy. Do pojęć tych należą: 1) zmiana jakościowa, 2) nieciągłość, 3) paradygmat, 4) technologiczne trajektorie.

Stwierdzenie, że rozwój ekonomiczny charakteryzuje się zmianą jakościową oznacza, że w jego procesie wyłaniają się nowe jednostki, które są nieporównywalne, a przez to nie dające się wyjaśnić lub zredukować do jednostek istniejących wcześniej. Powstawanie takich jednostek prowadzi do nieciągłości procesu. Jest to ten typ nieciągłości, który jest zawarty w pojęciu *paradygmatu naukowego i technicznego*. Rozwój paradygmatu rozpoczyna się od fazy rewolucyjnej, w której pojawia się nowa problematyka lub nowe metody badawcze. Po niej następuje faza inkrementalna (przyrostowa), w której nowe zasady paradygmatu znajdują zastosowanie w coraz szerszym zakresie. W geografii ekonomicznej za zmianę paradygmatu można uznać przejście do geografii teoretycznej, ilościowej i współcześnie ewolucyjnej.

Emergencja nieciągłości i zmiany jakościowej jest ściśle związana z wieloma pojęciami, takimi jak kreatywność, kreatywna reakcja, gradualizm i saltacjonizm, równowaga przerywana.

Jeśli zmiana strukturalna zwiększa rzeczywistą wielkość zewnętrznych efektów wiedzy i interakcji, zachodzą procesy samonapędzania. Jak długo dodatkowe zmiany wzmacniają tę dynamikę i konsolidują sieć, proces zyskuje przyspieszenie.

Zmieniająca się organizacja i architektura struktury sieci wewnątrz i pomiędzy sektorami, klastrami i filiami jest rezultatem zbiorowego procesu. Każda firma może przesunąć się w takiej przestrzeni wiedzy i stworzyć nową wiedzę korzystając z większej bliskości i wzmocnienia kanałów informacji i interakcji z innymi firmami wewnątrz koalicji wiedzy skupiających się w węzłach, gdzie komplementarność wiedzy mogą być bardziej docenione. W rezultacie nowe systemy innowacji oparte na koalicji i węzłach oraz spójnej komplementarności wyłaniają się (inne upadają), zaś kierunek wiedzy jest kształtowany przez dążność ku zbiorowej zbieżności strategii badawczej każdej firmy. Wyłaniające się w tym procesie poziomy organizacji złożoności systemu ekonomicznego są endogeniczne i same są właściwością emergentną.

Wyłanianie się nowych poziomów organizacji i złożoności dokonuje się pod wpływem nowych systemów interakcji. Jednak same interakcje zdecentralizowanych i rozproszonych aktorów nie wyjaśniają tworzenia się nowego, wyżej zorganizowanego porządku. Porządek taki pojawia się, gdy aktorzy mają odpowiednią zdolność absorpcji i tworzenia spójnych całości z elementów wiedzy [Robert, Yoguel 2011: 417-447].

Pojęcie emergencji, zwłaszcza emergencji silnej, związane jest z wieloma pojęciami stosowanymi w ekonomice innowacji i w koncepcjach rozwoju gospodarczego, takimi jak: struktury dysypatywne, atraktory, przejścia fazowe, hierarchie podmiotów gospodarczych i jednostek przestrzennych.

1. Struktury dysypatywne

Systemy ekonomiczno-geograficzne są systemami dysypatywnymi. Właściwość tę wykazują w wymiarze zarówno przestrzennym, jak i środowiskowym. W

obu przypadkach rozpraszają materię i energię, wykazują współzależne zachowania, nadają rozproszonym zasobom strukturę w postaci morfologicznego zróżnicowania i funkcjonalnej specjalizacji, nabywają nowe właściwości, mają zdolność rozwijania się ku wyższym formom złożoności.

W geografii ekonomicznej, podobnie jak w innych naukach, badania systemowe wygodnie jest zaczynać od stanów równowagi. To uproszczenie ułatwia opis systemów, uchwycenie istotnych związków, a następnie przejście do analizy aspektów dynamicznych. Podkreślenia wymaga różnica między równowagą termodynamiczną a równowagą przestrzenną i środowiskową. Nawiązanie do równowagi termodynamicznej jest niezbędne, gdyż teoria struktur dysypatywnych rozwinęła się najpierw na gruncie termodynamiki i przejęła wiele jej terminów. Układ termodynamiczny jest w stanie równowagi, gdy określające go parametry (ciśnienie, objętość, temperatura) nie zmieniają się z upływem czasu. Jeśli w procesie termodynamicznym, przy przechodzeniu od stanu początkowego do końcowego, wszystkie stany pośrednie można uważać za stany równowagi, to proces taki nazywa się procesem zrównoważonym. W przeciwnym razie jest to proces niezrównoważony. Procesy zrównoważone są z reguły odwracalne, umożliwiają powielanie stanów równowagi.

Termodynamika klasyczna badała przebieg procesów w układach izolowanych cieplnie. Zgodnie z jej drugą zasadą, żaden systematyczny proces w takim układzie nie może zachodzić tak, aby entropia malała. W końcowej fazie procesu układ osiąga maksimum entropii. Jest to stan równowagi, w którym materia jest równomiernie rozmieszczona, nie ma różnic temperatury lub zagęszczenia (gradientów), w konsekwencji nie ma też struktury i organizacji. Dlatego nazywa się go stanem maksymalnego wymieszania, nieuporządkowania, chaosu.

2. Atraktory

W języku matematycznym atraktor jest zbiorem wartości w przestrzeni fazowej, do którego system migruje w czasie [Macek 2006]. Każdy atraktor ma basen (zbiornik) przyciągania, tj. region w przestrzeni fazowej, który obejmuje zbiór wszystkich początkowych punktów zmierzających ku atraktorowi. Banaszak *et al.* [2017] definiują pojęcie atraktora w następujący sposób: *Atraktor jest obszarem, w którym zbiegają się trajektorie systemu dynamicznego, rozpoczynające się w różnych punktach przestrzeni fazowej. Atraktor grawitacyjny jest obszarem przyciągania trajektorii, którego źródłem jest siła grawitacji.* Pojęcie atraktora wraz z nieliniowością i złożonością systemów prowadzi do idei tworzenia się układów i struktur. Pojawienie się układu wewnątrz danego systemu wynika z działania atraktorów. Lokalne atraktory sprawiają, że dynamiczny system nie migruje w czasie przez wszystkie możliwe części przestrzeni fazowej, lecz zajmuje tylko jej ograniczoną część. Lokalne atraktory przedstawiają zbiór możliwych stanów przyjmujący postać szeregow czasowych wy-

tworzonych przez system dynamiczny. Jest to wynik, jaki system dynamiczny może w końcu osiągnąć. W tym ujęciu proces nie jest deterministyczny, gdyż wpływają nań nie tylko warunki początkowe, lecz także jego funkcja iteracyjna. Zatem w teorii złożoności wrażliwość zarówno na warunki początkowe i zdarzenia losowe czyni proces dynamiczny procesem stochastycznym odmiennym od procesu deterministycznego [Colombelli, Tunzelmann 2011: 108-117].

Nasuwa się pytanie, jak atraktor może być wybrany, gdy z upływem czasu powstają różne możliwe trwałe atraktory? Decydować może historia. Gdy możliwe są różne wyniki, zdarzenia losowe powiększają się wskutek dodatnich sprzężeń zwrotnych i skierowują system ku właściwemu wyborowi. Dodatnie sprzężenia zwrotne powiększają efekty małych przesunięć w systemie. Istnieje więc samowzmacniający się mechanizm, który skierowuje system do nowej konfiguracji. Małe lub losowe zdarzenia, perturbacje lub historyczne przypadki w czasie krytycznym, przełomowym wpływają na to, który wynik jest wyselekcjonowany i ten wybrany może mieć większą energię niż wszystkie inne możliwe stany. Wcześniejsze perturbacje stają się ważne w selekcji struktur.

Wybrany stan ustalony jest określony nie tylko przez arbitralne warunki początkowe, lecz także przez zdarzenia losowe, które zachodzą w przebiegu procesu. Zdarzenia, które pojawiają się wzdłuż szlaku są nieodwracalne. Procesy zależne od szlaku są więc charakteryzowane przez lokalne nieodwracalności.

Jak długo system zajmuje ten sam region w przestrzeni fazowej? Gdy atraktor został wybrany, wyłania się nowa struktura systemu. Ponieważ nowa struktura podlega trwałym samowzmacniającym się mechanizmom, trudno jest go zmienić. Każdy atraktor ma swój basen przyciągania, który stanowi region w przestrzeni fazowej stworzonej przez zbiór wszystkich punktów, które przyciągają system do atraktora. Gdy system wejdzie na orbitę jednego atraktora, może w końcu osadzić się w nowej konfiguracji.

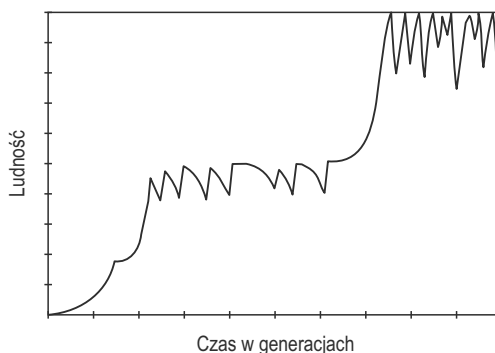
Jednak nowa konfiguracja systemu dynamicznego może zmieniać się ciągle, jeśli impuls do zmiany pochodzi z wnętrza systemu i wskutek tego proces zmiany jest endogeniczny. System może dostosowywać się i rozwijać, jednak tylko w granicach określonego zbioru możliwości. Ponieważ porusza się on wokół atraktora, może rozwijać się w kierunku nowej konfiguracji, która jest podobna, lecz nie taka sama jak poprzednie.

Kiedy złożony dynamiczny system przesuwa się od jednego do innego atraktora? Gdy powstają nieciągłe i radykalne perturbacje, istniejąca konfiguracja staje się nieatrakcyjna. System przesuwa się w sposób nieprzewidywalny i nieodwracalny od poprzedniego atraktora, gdy jego rozwój jest ograniczony wewnątrz postępującego zawężania się zakresu możliwości prowadzącego do upadku. Innymi słowy, gdy umiejscowione cechy (właściwości) budowane w czasie przesuują się od korzystnych ku barierom przyszłego rozwoju i barierom zmian systemu, może on zostać wypchnięty z dawnego do innego atraktora.

3. Fazy i przejścia

Day i Walter [1993] przedstawili model wzrostu gospodarczego w bardzo długim okresie. Jego podstawowe założenia, po konkretyzacji, mogą być pomocne w budowaniu modelu ewolucji aglomeracji miejskich. W ujęciu autorów wzrost gospodarczy w bardzo długim okresie może być opisany jako wielofazowy, dynamiczny proces z potencjalnie złożoną dynamiką w czasie przejść między kolejnymi fazami. Przyjmując założenie, że skuteczne stosowanie technologii określonej generacji opiera się na współwystępującym systemie społecznym, który obejmuje infrastrukturę kierowniczo-administracyjną i środki przeznaczone na ochronę zdrowia, opiekę społeczną i obronę. Infrastruktura kierowniczo-administracyjna oddziałuje na stopę urodzeń, umieralność i produktywność gospodarki. Społeczeństwo przyjmuje okresowo efektywną strukturę kierowniczo-administracyjną i prognozuje populację swoich następców.

Społeczeństwo składa się z grup mniej lub więcej niezależnych. Każda grupa jest zorganizowana wewnątrz zespolonego systemu technologiczno-społecznego, który nazywa się techno-strukturą. Jakkolwiek ekspansja wewnątrz grupy jest ograniczona wskutek negatywnych efektów wewnętrznych, związanych z wielkością grupy, wzrost może występować przez reorganizację społeczeństwa w nowy układ grup. Nie może on jednak trwać wiecznie z powodu negatywnych efektów zewnętrznych związanych z populacją jako całością. Wyjście polega na przyjęciu nowej technologii i związanej z nią infrastruktury społecznej. Jednak prawdopodobieństwo odejścia od starego reżimu (ustroju) nie musi być łagodne. Odejściu mogą towarzyszyć nagłe zwroty, a w przypadkach łagodnych – reformy zaakceptowane przez społeczeństwo. Mimo to, w pewnych warunkach, społeczeństwo może wpaść w pułapkę skomplikowanego układu wzrostu, wahań, upadku lub powrotu do starego reżimu i wznowionego wzrostu.



Ryc. 1. Dynamika systemu powiązana ze skokiem w procesie rozwoju

Źródło: [Day, Walter 1993: 582].

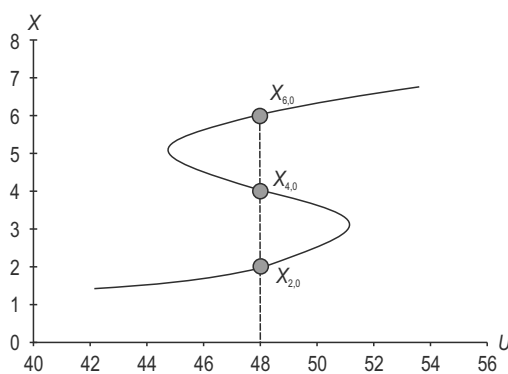
Wielofazowy dynamiczny proces kształtuje się w wyniku interakcji czynników rozwoju, tj. ludności, produktywności, technologii i infrastruktury społecznej. Autorzy cytowanego artykułu przedstawiają poglądowe wykresy ilustrujące wzrost, wahania, przeskoki i nawroty.

Ryc. 1 ilustruje dynamikę systemu, w którym fluktuacje występują między reżimami ze spadkami i wzniesieniami pojawiającymi się w nieregularnych przedziałach czasu, po których występuje trwały zwrot połączony ze wzrostem w ramach kolejnego reżimu.

4. Zmiany skokowe

W dyskusjach naukowych często pojawia się pytanie o zdolność gospodarki polskiej do dokonywania szybkich zmian. Ważne są zarówno szybkie zmiany spowodowane przez napływ wielkich zasobów do jakiejś preferowanej gałęzi gospodarki lub regionu, jak i zmiany zapoczątkowane drobnymi przedsięwzięciami w wielu gałęziach i regionach, które następnie bardzo szybko przybierają na sile wskutek występowania nieliniowości, sprzężeń zwrotnych i procesów kumulacyjnych. Ten ostatni rodzaj zmian nagłych powodowanych drobnymi przedsięwzięciami, przypominających procesy lawinowe wywoływane spadkiem małych kamieni, jest przedmiotem matematycznej teorii katastrof i bifurkacji. Mogą one polegać na nagłym wzroście lub nagłym spadku. W sytuacji korzystnej wzrost może dotyczyć produkcji i usług, spadek – redukcji zanieczyszczeń środowiska przyrodniczego.

W obecnej sytuacji Polski jest celowe badanie podatności poszczególnych systemów przestrzenno-gospodarczych na nagłe, skokowe zmiany. Jest to potrzebne tym bardziej, że systemom tego rodzaju przypisuje się cechę dużej bezwładności, inercji. Niezbędne jest jednak wyjaśnienie, które systemy są tą cechą obciążone, które zaś od niej wolne. Badań takich za pomocą aparatury naukowej oferowanej przez teorię ka-



Ryc. 2 Podatność systemu na zmiany skokowe

Źródło: Opracowanie własne.

tastrof i bifurkacji nie prowadzono dotąd w polskiej geografii społeczno-ekonomicznej. Znamy tylko wyniki testowania tej teorii z użyciem danych polskiej statystyki regionalnej. Wyniki te przedstawimy w skrócie.

Do nagłej, skokowej zmiany jakiegoś systemu przestrzenno-gospodarczego może dojść, gdy zależności między impulsami i efektami są niejednoznaczne. Mówiąc inaczej, przy impulsie o danej sile system powinien mieć zdolność reagowania z różną siłą. Widać to na ryc. 2. Impulsowi U o sile 48 odpowiadają trzy różne reakcje X : 2,0, 4,0 i 6,0.

Tego rodzaju badania przeprowadzono dla trzech następujących dziedzin geografii społeczno-ekonomicznej: 1) migracyjnego odpływu ludności wiejskiej do miast, powodującego w niektórych regionach wyludnianie się wsi; 2) zanieczyszczenia środowiska przyrodniczego przez przemysł; 3) sytuacji małych miast położonych w pierścieniu zwanym cieniem wielkiego miasta (badano oddziaływanie Poznania). Uzyskano następujące wyniki: 1) odpływ migracyjny i sytuacja małych miast wykazały podatność na szybkie zmiany, 2) zanieczyszczenie środowiska podatności takiej nie wykazało. Wyniki dotyczące zanieczyszczenia środowiska wymagają komentarza. W obliczeniach uwzględniono dane dla całego kraju, a więc silnie zagregowane. Gdyby badania przeprowadzono dla obszarów o różnym stopniu zanieczyszczenia, okazałoby się, że niektóre z nich są, a inne nie są podatne na nagłe zmiany. Badania tego rodzaju powinny więc być kontynuowane. Już jednak na podstawie tych fragmentarycznych wyników można wysunąć przypuszczenie, że systemy przestrzenno-gospodarcze nie są tak bezwładne, jak się powszechnie sądzi. Trzeba jednak przeprowadzić rozróżnienie między działalnością i trwałą zabudową tych systemów. Działalność jest bardziej elastyczna, zabudowa bardziej bezwładna.

5. Regiony relacyjne

Pojęcie *regionu* stało się na nowo przedmiotem zainteresowania nie tylko w dyskusjach akademickich, ale także w zarządzaniu, planowaniu i polityce. Stało się też ważnym elementem w rozumieniu sensu szybkiej transformacji w różnych skalach przestrzennych krajobrazu gospodarczego. Debaty i działania praktyczne na różnych poziomach organizacyjnych są tego dobrym przykładem [Jones, Passi 2013]. Terminy takie, jak *subregion*, *supraregion*, *regiony graniczne*, *ugrupowania regionalne*, pojawiają się często nie tylko w piśmiennictwie geograficznym, ale także w publicystyce, debatach politycznych i działaniach praktycznych, np. w porozumieniach międzyrządowych. W tych zjawiskach można wyróżnić kilka tendencji, mianowicie: 1) globalizacja gospodarki, kultury i świadomości coraz szerszych sfer społecznych (nie tylko elit), 2) dążenie do podniesienia konkurencyjności, większej spójności i zachowania tożsamości w rozwoju regionalnym, 3) zmiany w zarządzaniu na poziomie regionalnym wskutek decentralizacji władzy rządowej i współdziałania

między różnymi podmiotami publicznymi, podmiotami niepublicznymi oraz między podmiotami publicznymi i niepublicznymi, 4) budowanie porozumień regionalnych w różnych skalach przestrzennych, w tym w skali międzynarodowej, np. program współpracy regionów nadbałtyckich, 5) marketing regionalny i ustanawianie marek produktów regionalnych. Obecny wzrost zainteresowania zagadnieniami regionalnymi jest kolejną falą w przepływie idei społecznych przewidywaną już w XIX w. jako przeciwstawianie się przestrzennej centralizacji ówczesnych władz państwowych. Nowe tendencje występujące w regionalizmie na różnych poziomach przestrzennych stało się impulsem do debat naukowych w geografii, socjologii, kulturoznawstwie, politologii.

W Europie, regionalizm i integracje były generowane przez państwo, a w ostatnich dekadach zostały bardzo przyspieszone przez Unię Europejską. W Azji procesy integracyjne były napędzane bardziej przez rynek niż przez rządy. Kooperacja międzyrządowa była tam procesem relatywnie nowym. W niektórych krajach, np. w Finlandii, zainteresowanie i nacisk na sprawy regionalne odzwierciedlają długą, zmieniającą się powoli tradycję, w której regiony i granice regionalne były społecznie mało ważne, chociaż mogły być mobilizowane w celu rozwoju i planowania regionalnego. W innych krajach, np. w Hiszpanii i w Południowej Afryce regionalizm ma podłoże etniczno-kulturowe i ideologiczne.

Dyskusja i spór nt. zagadnienia: regiony terytorialne vs. relacyjne rozwinęły się najpierw w Wielkiej Brytanii. Można to tłumaczyć w ten sposób, że relacje w skali całego zintegrowanego kraju zdają się dominować nad systemem regionów (tendencje separatystyczne Szkocji mogą ten system zmienić). Spór łagodzi poglądy umiarkowane. Argumentuje się w nich, że koncepcje relacyjne i terytorialne są podejściami niesprzecznymi lecz uzupełniającymi się, a istniejące w rzeczywistości regiony są wynikiem walk i napięć między procesami tożsamościowymi (substancjalnymi) i sieciowymi (przeptywowymi). Zależnie od okoliczności i specyficznych sytuacji poszczególnych regionów, w analizach przestrzennych na czoło wysuwają się informacje inspirowane przez podejście terytorialne (i hierarchiczne) lub podejście relacyjne, w którym uwypukla się płaską ontologię sieciowych powiązań jako bardziej odpowiednią perspektywę, w której postrzega się regiony.

6. Emergencja hierarchii

Badania nad systemami hierarchicznymi rozwijały się w różnych kierunkach¹. Rozważono przyczyny pojawiania się systemów hierarchicznych, upatrując je w efektywności tych struktur. Ujmowano je w sposób statyczny i dynamiczny, włączając do ujęć statycznych zagadnienia formowania się, rosnącej złożoności i przekształceń.

¹ Przeglądu ważniejszych prac dokonali Isard i Liossatos [1979]. Koncepcje teoretyczne przedstawione niżej opierają się na tym przeglądzie.

Systemy hierarchiczne muszą nie tylko spełniać swoje funkcje, lecz także mieć zdolność adaptacji do zmieniających się warunków środowiska. W procesie formowania się i przekształcania ustala się równowaga między stabilnością funkcji a elastycznością, umożliwiającą adaptację do zmienionego otoczenia. Zdolności adaptacyjne są niezbędnym warunkiem przetrwania i ewolucji systemów.

Zauważono [Simon 1962; Laszlo 1972], że czas potrzebny do uformowania i przekształcania się skomplikowanego systemu jest krótszy, jeśli system jest złożony ze stabilnych podsystemów. Nowe struktury formują się nie od samego początku ze zbioru elementarnych składników, lecz przez nowe połączenie i modyfikację podsystemów już istniejących. Jeśli warunki zmieniają się, struktura może rozpaść się, lecz dezorganizacja zatrzymuje się na poziomie podsystemu, który jest odporny na zakłócenia. Z tego poziomu zaczyna się formowanie nowej struktury o nowych właściwościach i nowych funkcjach.

W objaśnianiu systemów hierarchicznych istotne znaczenie ma poznanie sposobu formowania się szczebli hierarchicznych. Podejmowano wiele prób opisanie, jak dochodzi do kształtowania się szczebli z poszczególnych elementów. Wspólną cechą nowych szczebli jest to, że nie są one prostą agregacją jednostek, a właściwości tych szczebli nie są sumą właściwości elementów. Wyższy szczebel, po ukształtowaniu się, uzyskuje względną niezależność od tworzących go elementów. Właściwość ta została nazwana niesumowalną całością. Co więcej, wyższy szczebel zyskuje kontrolę nad tymi elementami i nakłada na nie ograniczenia; staje się ich zwierzchnością.

Formowanie się wyższych szczebli organizacyjnych jest również interpretowane jako wynik zbieżnej integracji. W procesie rozwoju, na każdym szczeblu organizacji, podejmowane są eksperymenty i próby ulepszeń. Nowe rozwiązania, które najlepiej zdały egzamin, są utrwalane, stopniowo łączą się i tworzą nowy wyższy szczebel organizacyjny. Różnicowanie się elementów i interakcji zachodzi do pewnego punktu, do którego wzbogaca ono organizację i podnosi jej efektywność. Po przekroczeniu tego punktu różnicowanie ustępuje miejsca konwergencji, która umożliwia konsolidację ulepszonych elementów i interakcji. Proces taki występuje wyraźnie w warunkach, gdy szczupłość zasobów osiąga poziom krytyczny. Warunki te zmuszają społeczeństwa do połączenia ze sobą sił konkurencji i kooperacji i do tego, aby rozwijały się zbieżnie. Ta zbieżność sprzyja lepszemu wykorzystaniu ludzkiej inteligencji i tworzeniu bardziej efektywnych instytucji i struktur społecznych.

Perturbacje w funkcjonowaniu systemu wywołane przez środowisko mogą mieć różną siłę, a w związku z tym różny jest sposób adaptacji. Rozróżnia się adaptację samostabilizującą i adaptację samoorganizującą. Pierwsza zachodzi pod wpływem małych perturbacji, po których system może powrócić do stanu bliskiego równowadze. Jest to proces sprzężenia ujemnego, redukującego niewłaściwe odchylenia i korygującego działanie systemu. Jeśli jednak perturbacje przekraczają wielkość progową, uruchamiają adaptację samoorganizującą. System przechodzi na wyższy szczebel organizacji, aby oprzeć się zakłóceniom środowiskowym, równoważąc ich

destabilizacyjne oddziaływanie szerszym zakresem funkcji samostabilizujących [Laszlo 1972]. Ideę samoorganizacji w systemach fizycznych, chemicznych i biologicznych rozwinął Prigogine [Nicolis, Prigogine 1977]. Znalazła ona zastosowanie także na gruncie nauk społecznych.

W wyjaśnianiu przekształceń i rozwoju systemów hierarchicznych szczególnie płodna okazała się idea sprzeczności, sprzeczności tkwiących w samym systemie oraz zachodzących między systemem a środowiskiem. Formy, w jakich idea ta jest wyrażana, są różne. Jantsch [1975] nawiązuje do hipotezy, że w toku ewolucji występują następujące po sobie fale konkurencji pomiędzy jednostkami i koordynacji zachowań tych jednostek przez wyższe szczeble hierarchiczne. Sugeruje, że konkurencja o zasoby między jednostkami na jednym szczeblu hierarchii musi ostatecznie zostać zastąpiona przez koordynację. Jest to podyktowane wymogiem efektywności i przetrwania systemu. Przewyciężenie konkurencji przez koordynację na jednym poziomie prowadzi do ukształtowania się nowego, wyższego poziomu, na którym dochodzi znowu do konkurencji między jednostkami wyższego rzędu. Proces ten powtarza się na dalszych poziomach hierarchii. Konkurencja między jednostkami jest pożyteczna przez wnoszenie zróżnicowania i podwyższanie efektywności. Jeśli jednak jest nieograniczona, może doprowadzić do zniszczenia systemu jako całości. Dlatego musi być podporządkowana koordynacji.

Podobną koncepcję rozwija Layzer [1975]. Utrzymuje on, że w początkowych fazach adaptacji elementy systemu wykazują dużą zmienność. Przez tę zmienność system zmierza do osiągnięcia najlepszego dopasowania wewnętrznego i zewnętrznego. Gdy taki szczyt dopasowania zostaje osiągnięty, zmienność maleje. Jednak ograniczenie zmienności na danym szczeblu prowadzi do wzrostu amplitudy zmienności na następnym, wyższym szczeblu. Tworzenie wyższych szczebli jest wewnętrzną właściwością systemu, który ciągle poszukuje nowych form. Proces ten nie ma końcowego stadium.

Rzeczywisty rozwój systemów hierarchicznych, w tym także systemów społecznych, odbiega od teoretycznych modeli, których nie można zbudować bez posługiwania się metodą abstrakcji. W rzeczywistych procesach rozwoju, obok rozwiązań i działań trafnych, mogą występować rozwiązania i działania błędne, przy czym te ostatnie w warunkach zablokowania mechanizmów samokorygujących mogą się utrzymywać, powodując na dłuższy czas skrzywienie trendu rozwojowego, a wraz z tym niesprawność systemu i marnotrawstwo środków.

W każdej koncepcji ewolucji istotnym zagadnieniem jest relacja między wpływem środowiska a wewnętrzną zdolnością systemu do zmian i przekształceń. Bertalanffy [1952] akcentuje wewnętrzną zdolność systemu do rozwijania coraz bardziej złożonych struktur. Takie podejście dominuje, z natury rzeczy, w koncepcjach dotyczących rozwoju społeczeństwa ludzkiego. Boulding [1971] rozróżnia trzy motywacje, które sprawiają, że jednostki współdziałają i tworzą systemy. Są to: zagrożenie, korzyści wymiany oraz świadoma integracja. Systemy społeczne tym różnią się od biologicznych, że są motywowane przez dążenie do integracji także wówczas, gdy

nie występuje zagrożenie ani korzyści wymiany. Zbiorowości, których uczestnicy współdziałają tylko na zasadzie obrony przed zagrożeniem lub korzyści wymiany nie osiągają wyższych szczebli społecznej organizacji. Warunkiem osiągnięcia takich szczebli jest świadome dążenie do integracji, właściwe społeczeństwu ludzkiemu.

Jantsch [1975] rozwija podobną ideę. Utrzymuje, że zmiany decydujące dla rozwoju społecznego, których można oczekiwać i do których należy dążyć, będą zachodzić na poziomie organizacji kulturalnej. Będą to zmiany wartości i norm uznawanych przez systemy społeczne. Tym co stanowi o unikatowej pozycji społeczeństwa ludzkiego, jest jego zdolność do planowania swoich działań i kierowania rozwojem. Posługując się terminami teorii samoorganizacji autor stwierdza, że społeczeństwo ludzkie ma możliwość projektowania mutacji zamiast cierpieć z ich powodu, jak to najczęściej bywa w systemach biologicznych. Wraz ze zmianami w systemach wartości, tj. wraz z fluktuacjami na poziomie organizacji kulturalnej, możemy podejmować próby tworzenia nowych norm etyki społecznej, nowych instytucji i struktur społecznych oraz ustalać zasady i kierunki ich działania.

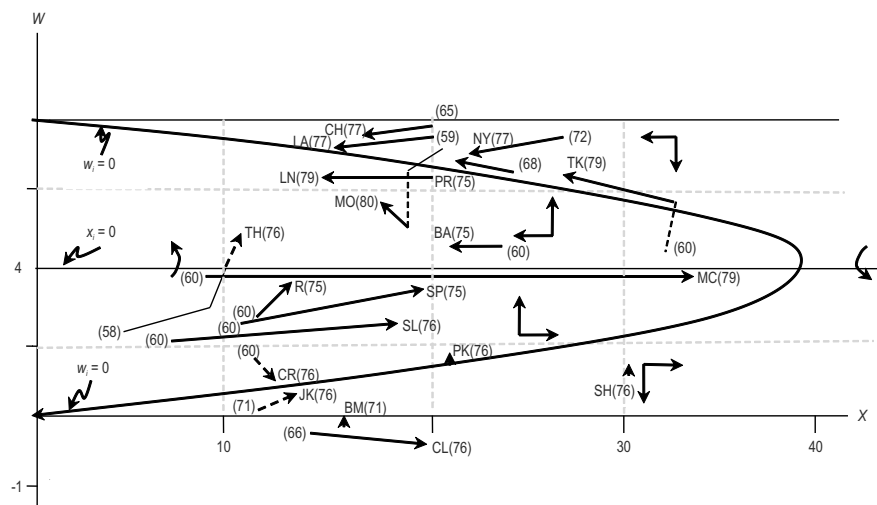
Zdolność społeczeństwa do planowania swych działań i kierowania rozwojem nie realizuje się samoczynnie. Urzeczywistnienie tej zdolności wymaga poznania prawidłowości rozwoju społeczeństwa, prawidłowego określenia celów, dostosowania stosunków społecznych do osiągniętego poziomu techniczno-gospodarczego i poziomu aspiracji społecznych, akumulacji środków realizacyjnych, ich umiejętnego wykorzystania itd.

Wielu autorów zastanawiało się, jakie warunki powinny być spełnione, aby systemy hierarchiczne działały efektywnie. Niektóre z tych warunków zestawiono niżej.

1. Względna samodzielność podsystemów.
2. Mała spójność.
3. Optymalna utrata szczegółowości informacji.
4. Relacje między korzyściami dużej skali a kosztami transportu.

7. Kod i dynamika systemu regionów

Dendrinós udowadnia hipotezę, że ewolucja każdego wielkiego obszaru metropolitalnego jest określona przez kod, który może być przypisany jej empirycznie. Kod ten jest wynikiem potencjałów wszystkich pozostałych obszarów metropolitalnych oraz rozważnych (skalkulowanych) indywidualnych i zbiorowych zachowań dynamicznych. Podstawową zasadą określającą ten kod jest względny parytet atrakcyjności przeważający w układzie krajowym i międzynarodowym. Ciągłe dążenie poszczególnych aglomeracji do osiągnięcia korzystnego parytetu atrakcyjności powoduje szybkie zmiany w ich strukturze społeczno-ekonomicznej w krótkim horyzoncie czasowym. W dłuższym horyzoncie, poziom względnego parytetu podlega tylko powolnej dynamice.



Ryc. 3. Zagregowany kod rozwojowy makrodynamiki miast.
 Kod jest zakreślony izoklinami $\dot{x}_i = 0$ oraz $\dot{w}_i = 0$ portretu fazowego

Oznaczenia: x – udział poszczególnych aglomeracji w globalnym zaludnieniu, w – stosunek dochodu na głowę w poszczególnych aglomeracjach do średniego dochodu osiąganego w globalnej gospodarce rynkowej. Pełne i skrótkowe nazwy badanych aglomeracji: BA (Buenos Aires), BM (Bombaj), CH (Chicago), CL (Kalkuta), CR (Kair), J (Dżakarta), LA (Los Angeles), LN (Londyn), MC (Mexico City), MO (Moskwa), NY (Nowy Jork), PK (Pekin), PR (Paryż), R (Rio de Janeiro), SH (Szanghaj), SL (Seul), SP (São Paulo), TH (Teheran), TK (Tokio).

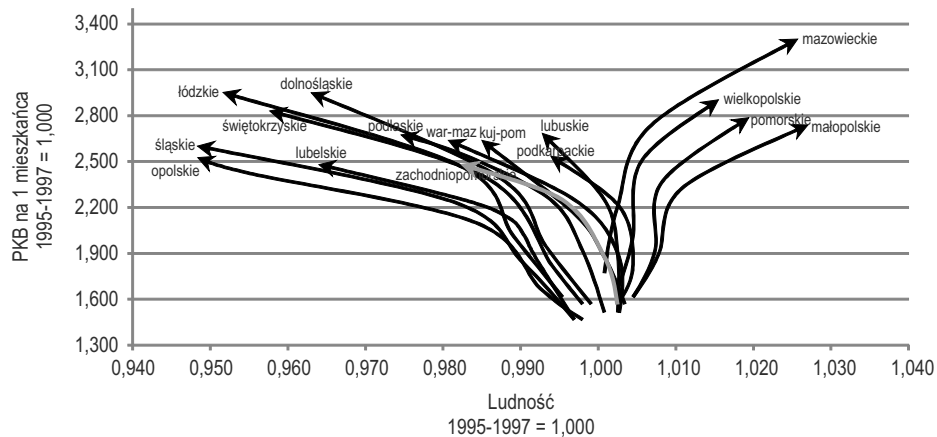
Źródło: [Dendrinos 1992: 182].

W części empirycznej Dendrinos bada dynamiczne ścieżki 19 światowych aglomeracji miejskich z ludnością powyżej 5 mln mieszkańców w ciągu 25 lat (trzecia ćwiartka XX w.). Wykreśla portrety fazowe i identyfikuje ich cechy jakościowe. Z połączenia tych cech wyłania się zagregowany kod rozwojowy (ryc. 3). Jest on podstawą dynamiki poszczególnych dziesięciu rozważanych aglomeracji. Autor wyznaczył analityczną postać kodu i wyraził ją w formie układu równań różniczkowych [Dendrinos 1992: 181, 185].

Rycinę 3 można odczytywać w następujący sposób. Rozważmy obszar metropolitalny MC (Mexico City). Obszar ten wykazuje stabilny poziom dochodu na głowę w stosunku do dochodu osiąganego w gospodarce globalnej, a zarazem szybki wzrost liczby ludności w stosunku do zaludnienia globalnego. Efektem tej współzależności jest koncentracja ludności i niski poziom dochodu na głowę co oznacza ubóstwo szerokich warstw ludności. Długość strzałek określa czas, w którym dokonana się zmiana rozważanych wielkości.

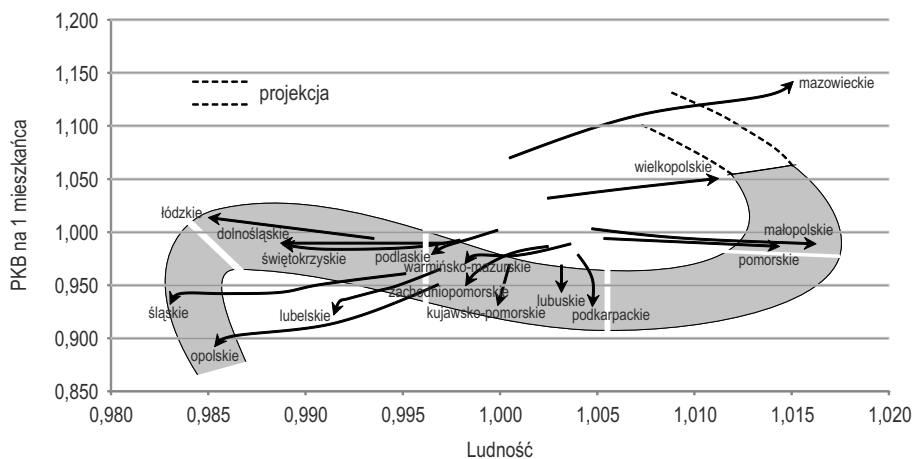
Wyniki uzyskane przez Dendrinos są interesujące i zachęcają do podejmowania dalszych prób w tym kierunku. Ostatnia część tego artykułu przedstawia wyniki eksperymentalnego badania społeczno-ekonomicznej dynamiki województw Polski.

Rycina 4 daje ogólny pogląd na tę dynamikę. Możemy jednak dokonywać dalszych przekształceń i uzyskiwać inne charakterystyki cech systemu regionalnego.

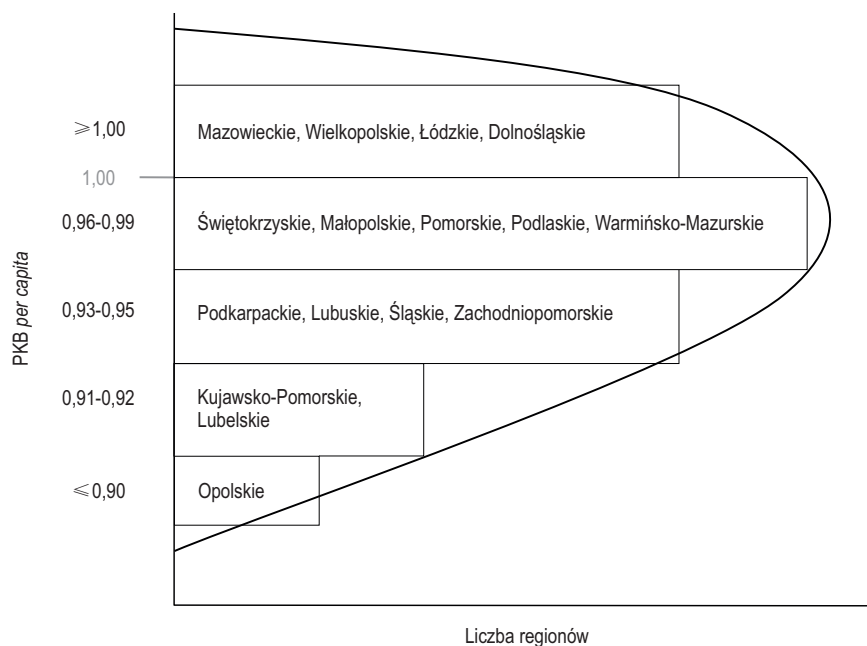


Ryc. 4. Zbiór trajektorii wykreślonych względem pierwszego trzylecia. 1995-1997=1,000
 Źródło: Opracowanie własne (ryc. 4-6).

W tym celu najpierw koncentrujemy uwagę na kierunkach, w których zmierzają trajektorie (ryc. 5) w szczególności na położeniu ich końcówek (grotów). Na ten układ nakładamy zaciemnione pasma zakreślone tak, aby w ich obrębie znalazło się jak najwięcej grotów. Łatwo zauważyć, że dokonując przemyślanej rotacji otrzymalibyśmy rozkład podobny do normalnego (ryc. 6). W rozkładzie tym najliczniej reprezentowane byłyby jednostki przestrzenne o wartościach średnich. Na krańcach rozkładu umiejscowiłyby się jednostki o wartościach największych i najmniejszych. Skośność wykresu w kierunku prawym mogłaby być impulsem do interpretacji, którym można by nadawać sensowne treści.



Rys. 5. Porządkowanie trajektorii przy zastosowaniu dwóch układów odniesienia: Polska=1,000; 1995-1997=1,000. Symptomy atraktorów



Ryc. 6. Krzywa rozkładu

Kod jest trwały, ma bowiem trwałe podstawy i trwałą organizację. Są to: względny parytet atrakcyjności regionów i determinizm społeczno-przestrzenno-ekologiczny. Względny parytet atrakcyjności zyskuje trwałość dzięki długiemu procesowi, w którym staje się wyselekcjonowanym makroukładem. W procesie tym eliminowane są z układu elementy przelotne i słabe, a dodawane elementy nowe, silne i osadzające się w wybranych miejscach. Determinizm z kolei oznacza, że wszystkie ruchy elementów systemu podlegają prawidłowościom przyczynowo-skutkowym i są wyznaczone przez ogół warunków, w jakich zachodzą.

Kod jest wzorcem odciskającym się na układzie społeczno-przestrzennym w następujących po sobie odcinkach czasu. Wytwarza trwałe tendencje, które jednak nie są wolne od niestabilności. Na skutek niestabilnej dynamiki makrozmiennych, które wiążą regiony, zmieniają się także potencjały regionów oddziałujące na względny parytet atrakcyjności systemu. Regiony w celu osiągnięcia parytetu uznanego za rozsądny i pożądany przystosowują się do otoczenia krajowego przez szybkie zmiany swej działalności i struktury.

8. Koewolucja i emergencja. Podsumowanie

Pojęcie *złożoności* jest szeroko używane w rozważaniu zjawisk fizycznych, biologicznych i społecznych, które charakteryzują się zbiorem zawiłych relacji zacho-

dzących w wyniku interakcji aktorów. Opierając się na idei, że te dziedziny są pełne systemów teoria złożoności odwołuje się do takich pojęć, jak: *relacje, emergencja, układy, częstotliwości*. Sugerują one, że chociaż procesy selekcji w przyrodzie są istotne, aktorzy (podmioty działające) współdziałają w ewolucji tych systemów i ich adaptacji do zmian zewnętrznych. Upowszechniła się koncepcja złożonego systemu adaptacyjnego, który jest dynamiczną siecią wielu aktorów działających równolegle i reagujących na to co robią inni aktorzy. Aktorzy oddziałują na siebie w nieprzewidywalny i nieplanowany sposób, jednak z tych interakcji wyłaniają się układy działające zwrotnie na system.

W koewolucyjnym podejściu stwierdza się, że złożone systemy adaptacyjne dostosowują się do zmian, lecz nie uczą się z tego doświadczenia, podczas gdy szersze pojęcie ewoluujących systemów złożonych odnosi się do tych systemów, które się uczą i wchłaniają bodźce z każdej zmiany co umożliwia im wpływ na otoczenie lub bardziej trafne przewidywanie prawdopodobnych zmian w przyszłości oraz stosowne przygotowanie się do nich. Procesy, które zachodzą u podłoża systemów złożonych są dynamiczne, nieliniowe i zależne od szlaku. W tych warunkach nabywają takie właściwości, jak emergencja, koewolucja i samoorganizacja, a także inne, jak: spójność, różnorodność i trwałość. Emergencja jako jedno z kluczowych pojęć w teorii złożoności odnosi się do zachowania i struktury powstającej z interakcji pomiędzy poszczególnymi aktorami, które zachodzą raczej w sposób losowy niż planowany lub sterowany. W rezultacie pojawiają się nowe właściwości systemu jako całości, które nie występują na poziomie poszczególnych aktorów lub składników, np. właściwość pamięci nieposiadana przez poszczególne synapsy. W niektórych przypadkach system musi osiągnąć pewien próg różnorodności, organizacji i spójności zanim emergentne działanie objawi się; innymi słowy, potrzebne są masy krytyczne.

Koewolucja odnosi się do połączeń między ewolucją systemu i jego otoczenia, gdzie zmiany w jednym członie powodują zmiany w innym. Samoorganizacja opiera się na idei, że nawet jeśli systemy złożone nie mają hierarchicznego sterowania, planowania czy zarządzania zachodzą w nich ciągłe procesy reorganizacji zmierzające do najlepszego dostosowania się do otoczenia. System jest układem ciągle samoorganizującym się przez procesy emergencji i sprzężeń zwrotnych. Procesy samoorganizacji przyczyniają się do powstawania nowości i spójnych, trwałych struktur, układów i właściwości. Na rozwój systemów złożonych silny wpływ wywierają warunki początkowe.

Kluczowymi cechami ewolucji układu mikroekonomicznego są: 1) powiązania determinują dynamiczne właściwości systemu lecz różne rodzaje powiązanych struktur różnią się ich właściwościami dynamicznymi, 2) dynamika powiązań i emergencja struktur wyższego rzędu są esencją zgeneralizowanego układu ekonomii ewolucyjnej, 3) występuje dualność elementów systemu, tzn. gdy system wyłoni się jako jedność, może on służyć jako jednostkowy blok wyższego poziomu. Definicja elementu lub systemu zależy od poziomu, na którym jest rozpatrywany. Prowadzi to do emergencji i hierarchii dwóch bliźniaczych zasad, na których opiera się konstrukcja

systemu wyższego rzędu i wynikająca stąd ich struktura i hierarchia. Struktura wyższego rzędu jest systemem, który łączy obie zasady. Rozważanie powyższe może być rozszerzone przez argumenty odnoszące się do emergencji porządku. Niektórzy ekonomiści dowodzą, że porządek i emergencja powstają w systemie ekonomicznym przez procesy selekcji i samoorganizacji. Samoorganizacja tworzy się spontanicznie, a porządek organizmu, w pewnym stopniu, może nie być wynikiem selekcji, lecz spontanicznego porządkowania samoorganizującego się systemu, ale gdy całość jest większa niż suma części, problem porządku wymaga emergencji i stabilności układu powiązań między elementami lub inaczej stawia pytanie, jak koordynacja przejawia się. W przeciwieństwie, inni ekonomiści dowodzą, że emergencja nowego porządku jest bardziej odpowiednia niż samoorganizacja, gdyż otwiera pole dla polityki. Emergencja otwiera nowy взгляд dla analizy koewolucji między nauką, techniką, edukacją i innowacjami oraz jej oddziaływań na rozwój gospodarki.

Literatura

- Banaszak M., Dziegielewska M., Nijkamp P., Ratajczak W., 2017, *Atraktory grawitacyjne a teoria miejsc centralnych*. Materiały konferencyjne powielane, UAM, Poznań.
- Bertalanffy L., 1952, *The Problem of Life*. Wiley, New York.
- Boulding K.E., 1971, *A Primer on Social Dynamics: History as Dialectics and Development*. Free Press.
- Colombelli A., von Tunzelmann N., 2011, *The Persistence of Innovation and Path Dependence*, [w:] *Handbook on the Economic Complexity of Technological Change*, C. Antonelli (red.). Edward Elgar, Cheltenham.
- Corning P. A., 2002, *The Re-emergence of Emergence: a Venerable Concept in Search for a Theory*. Complexity, t. 6: 18-30.
- Day R. H., Walter J-C, 1993, *Economic Growth in the Very Long Run: On the Multiple-phase, Interaction Population, Technology, and Social Infrastructure*, [w:] *Economic Complexity, Chaos, Sunspots, Bubbles, and Nonlinearity*, W. A. Barnett, J. Heweke, K. Shell (red.). Cambridge University Press: 253-289.
- Dendrinis D. S., 1992, *The Dynamics of Cities. Ecological Determinism, Dualism and Chaos*. Routledge, London – New York.
- Isard W., Liossatos P., 1979, *Spatial Dynamics and Optimal Space-time Development*. North-Holland Publ. Comp., New York – Amsterdam – Oxford.
- Jantsch E., 1975, *Design for Evolution*. Braziller, New York.
- Jones M., Passi A., 2013, *Guest Editorial: Regional World (s): Advancing the Geography of Regions*. Regional Studies, nr 1: 1-5.
- Laszlo E., 1972, *Introduction to Systems Philosophy*. Gordon and Breach, New York.
- Layzer D., 1975, *Genetic Variability and Biological Innovation*. Manuscript, Harvard University.
- Macek W., 2006, *Wiatr słoneczny*. AKADEMIA PAN, nr 3 (7): 16-18.
- Nicolis G., Prigogine I., 1977, *Self-organization in Nonequilibrium Systems*. Wiley & Sons, New York-London-Sydney-Toronto.

- Robert V., Yoguel G., 2011, *The Complex Dynamics of Economic Development*, [w:] *Handbook on the Economic Complexity of Technological Change*, C. Antonelli (red.). Edward Elgar, Cheltenham: 417-447.
- Saviotti P. P., 2011, *Technological Evolution, Variety and the Economy*. Edward Elgar, Aldershot.
- Simon H., 1962, *The Architecture of Complexity*. Proc. of the Amer. Phil. Soc. 106, 6.