

RYSZARD DOMAŃSKI

Akademia Ekonomiczna w Poznaniu

**PRZYCZYNEK DO MODELOWANIA
ROZWOJU ZRÓWNOWAŻONEGO
W DŁUGIM OKRESIE**

Abstract: Contribution to the Modelling of Sustainable Development in Long Term. There are many problems of interest for economic geographers and regional scientists which require long term approach. The methods of getting through these problems are developing, however not sufficiently as yet. Methodological insufficiency reveal particularly when the system under study displays chaotic behavior. This occur very often in nonlinear dynamic system. The forces of attraction and repulsion inhere then not in equilibrium points or in limit cycles. Besides attractors of these two types, a third type appears, namely the strange attractors. These are subspaces of phase space of differential and difference equations describing the behavior of systems, which attract trajectories from contiguous environment (basins, regions). The attribute which makes them strange is their sensitivity to initial conditions and critical values of parameters. The characteristic feature of nonlinear systems is the occurrence of co-existing attractors (points of equilibrium, limit cycles, strange attractors). The trajectories of such systems may tend to various attractors. Their behavior is then called metastable. It enlarges the area of uncertainty. This paper aims at bringing a new element to the discussion on sustainable development, namely the concept of attractors. They are discussed here in monmathematical manner. For the moment we consider them as an inspiring idea and try to accommodate to the research in empirical disciplines.

Key words: nonlinear dynamic systems, attractors, sustainable development in long term, evolution of landscape.

Wstęp

Jest wiele ważnych problemów interesujących geografów ekonomicznych i ekonomistów przestrzennych, które wymagają ujmowania w długim okresie, np.:

- a) rozwój zrównoważony w różnych fazach i w różnych skalach przestrzennych;
- b) społeczno-gospodarcze i przestrzenne konsekwencje zmian klimatycznych;
- c) prace nad *Koncepcją Przestrzennego Zagospodarowania Kraju* na lata 2008-2033;
- d) zainicjowanie przez b. Ministerstwo Nauki i Informatyzacji *Narodowego Programu Foresight Polska 2020*;
- e) potrzeba nawiązania do nurtów i organizacji naukowych rozwijanych w różnych krajach dla badań wyprzedzających (*think tanks*).

Metodologia potrzebna do rozwiązywania zagadnień, jakie wynikają z tych tendencji jest niewystarczająca. Ma jednak dobre podstawy w koncepcjach już opracowanych, które sprzyjają dalszemu postępowi. Za takie można uznać metody budowania prognoz demograficznych, prognoz ekonometrycznych i strategii planowania rozwoju społeczno-gospodarczego. W ostatnich latach inspirujące idee formułowane są w nowej teorii ewolucji.

Rozwój społeczno-gospodarczy i przestrzenny stwarza wciąż nowe potrzeby. W Polsce aktualne jest zagadnienie prognozowania rozwoju w nowych warunkach, jakie powstały po przystąpieniu do Unii Europejskiej. Jak

Tabela 1

Prognoza wzrostu PKB (w %)

	2005-2006	2007-2013	2014-2020
NPR, wersja – styczeń 2005 (a)	4,9	5,5	5,0
NPR, wersja – wrzesień 2005 (b)	3,9	5,3	5,0

Źródło: a) *Wstępny Projekt...* (2005), s. 13; b) *Projekt Narodowego...* (2005), s. 12 (tab.1-3).

Tabela 2

Prognoza wzrostu konsumpcji i inwestycji (w %)

	2005-2006	2007-2013	2014-2020
Konsumpcja			
wersja – styczeń 2005	3,9	5,3	5,0
wersja – wrzesień 2005	2,9	5,0	5,0
Inwestycje			
wersja – styczeń 2005	12,7	8,7	4,7
wersja – wrzesień 2005	6,8	8,2	4,7

Prognoza wzrostu eksportu i importu (w %)

	2005-2006	2007-2013	2014-2020
Eksport			
wersja – styczeń 2005	11,5	7,7	6,6
wersja – wrzesień 2005	5,7	7,1	6,6
Import			
wersja – styczeń 2005	12,0	8,3	6,4
wersja – wrzesień 2005	3,6	7,5	6,4

bardzo jest to zagadnienie aktualne i jak pilna jest potrzeba jego rozwiązania niech świadczy przykład prognoz wykonanych w 2005 r. w związku z opracowaniem *Narodowego Planu Rozwoju*. W roku tym opracowano dwie prognozy uwzględniające rozwój kraju po przystąpieniu do Unii Europejskiej. Pierwszą wykonano na etapie *Wstępnego Projektu Planu* (styczeń 2005), drugą – na etapie *Projektu* (wrzesień 2005). Przedmiotem prognoz był wzrost PKB, konsumpcji i inwestycji, importu i eksportu. Mimo niedługiego odstępu czasu między obiema prognozami i zaawansowanej już realizacji planu rozwoju w 2005 r., uzyskane wyniki różnią się istotnie. Ilustrują to tabele 1-3.

1. Systemy nieliniowe o wysokiej złożoności

Są przynajmniej dwie przyczyny trudności w modelowaniu rozwoju w długim okresie, w jego przewidywaniu lub wręcz nieprzewidywalności: złożoność procesów rozwoju i ich nieliniowość. W sposób nieliniowy narastają np. potrzeby ludności względem wzrostu dochodów, dochody względem postępu naukowo-technicznego, innowacyjność gospodarki względem nakładów na badania i rozwój oraz edukację. Niektóre zjawiska społeczno-gospodarcze i przestrzenne rozwijają się w sposób bliski liniowemu, dlatego często w badaniach zarówno teoretycznych, jak i praktycznych stosuje się modele liniowe. Ich przydatność spada jednak, gdy przechodzimy do badania systemów o wysokiej złożoności, w których z reguły występują nieliniowości oraz wielość sprzężeń zwrotnych trudnych do odwzorowania (Dechert 2001).

Wysokiej złożoności nie można utożsamiać z komplikacją (skomplikowaniem) rozumianą jako ilościowa eskalacja tego, co jest teoretycznie redukwalne. Przykładami komplikacji (skomplikowania) mogą być jednokierunko-

we struktury hierarchiczne i okrężne oddziaływania. Na systemy o wysokiej złożoności natomiast składa się duża liczba elementów, powiązanych ze sobą nieodłącznie, przy czym każdy z elementów wchodzi nieliniowo w interakcje z wieloma innymi elementami. Systemów takich nie można więc redukować do elementów prostych, na wzór atomów w materii chemicznej. Przykładami są jednostki ludzkie, mózgi, ekosystemy, gospodarka, miasta i regiony. Oba wymienione terminy są tłumaczeniem angielskich wyrazów: *complication* i *complexity* (*complexity theory*, *complexity systems*). W literaturze z naszej dziedziny znaczenie tych terminów nie zawsze jest wyraźnie rozgraniczane.

Jeśli systemy o wysokiej złożoności rozpatruje się w sposób ścisły, ilościowy, wymagają one innej matematyki niż systemy o niskiej złożoności i innych możliwości obliczeniowych. Zanim wymagania te zostały spełnione, systemów o wysokiej złożoności nie można było rozpatrywać na poziomie operacyjnym. Możliwości takie powstawały i zwiększały się wraz z rozwojem matematyki nieliniowej i informatyki. Nadal jednak rozważania i dyskusje naukowe, zwłaszcza w naukach społecznych, w tym ekonomii, prowadzone są przeważnie na poziomie abstrakcyjnym.

Gdy problematykę wysokiej złożoności staramy się wprowadzić do nowych obszarów badawczych, zwykle nie jesteśmy w stanie zastosować wyrafinowanych metod matematycznych i musimy poprzestawać na analogiach i metaforach inspirowanych przez teorię ewolucji, ekologię matematyczną, analizę systemów. W ten sposób staramy się też rozpatrywać, w perspektywie wysokiej złożoności, problemy rozwoju zrównoważonego (podtrzymywalnego), gospodarki przestrzennej i geografii ekonomicznej.

Istotnym wymiarem systemów o wysokiej złożoności jest czas, zwłaszcza gdy mają one charakter ewolucyjny i długookresowy. Teoria wysokiej złożoności jest w coraz większym stopniu rozważana jako istotny krok w kierunku nowego, alternatywnego modelu ewolucji. Przez analogię można przyjąć, że jest to również krok w kierunku alternatywnej koncepcji zrównoważonego (podtrzymywalnego) rozwoju miast, regionów i przestrzennego zagospodarowania kraju, który z natury rzeczy jest długookresowym procesem ewolucyjnym.

Za punkt wyjścia do bliższych rozważań przyjmuje następującą tezę: zrównoważony (podtrzymywalny) rozwój miast, regionów i przestrzennego zagospodarowania jest sekwencją zmian napędzanych przez nieliniową dynamikę ludności, gospodarki i środowiska przyrodniczego (ludność może być okresowo w stanie stacjonarnym). Jego badanie, oprócz samej sekwencji zmian, obejmuje właściwości złożonych systemów wyłaniających się z niestabilnych trajektorii.

Potrzeba zdefiniowania wysokiej złożoności i jej związku z ewolucją stanowi wyzwanie dla wyjaśniającej mocy wszystkich teorii opartych na idei równowagi ekonomicznej. Równowaga jest stanem, w którym system ekonomiczny pozostaje w spoczynku, a siły oddziałujące na ten system równoważą się, wskutek czego nie wykazuje on tendencji do zmiany. Równowaga jest myślą przewodnią wszystkich ortodoksyjnych wyjaśnień wzrostu gospodarczego. Utrzymuje się w nich, że w gospodarce nie ma stanów atrakcyjności, do których zmierza ona w długim, nieokreślonym czasie. Idea równowagi może być z pożytkiem stosowana w analizach i modelowaniu ekonomicznym, jednak pod warunkiem, że zakładamy jej chwilowy, przemijający charakter. W rozważaniu wysokiej złożoności i ewolucji systemów za bardziej odpowiedni niż „chwilowa równowaga” uważa się termin „chwilowy porządek”.

Na tym tle warto nawiązać do terminu „rozwój zrównoważony” (zrównoważony rozwój miast, regionów, przestrzennego zagospodarowania kraju itd.). Z punktu widzenia teorii wysokiej złożoności i teorii ewolucji jest to termin niewłaściwy. Jeśli bowiem równowaga oznacza stan spoczynku i brak tendencji do zmiany, to nie może występować rozwój zrównoważony. Pojawienie się terminu „rozwój zrównoważony” wiąże się z trudnością nie budzącego zastrzeżeń tłumaczenia angielskiego terminu *sustainable development*. Autor tego opracowania, rozumiejąc tę trudność, proponował od dawna tłumaczenie dosłowne, tj. rozwój podtrzymywalny. Jeśli ze względów językowych jest to termin nie trafny, innym tłumaczeniem może być rozwój trwały. W ekonomii matematycznej zdefiniowano koncepcję stanu wzrostu zrównoważonego, ale ma ona inne znaczenie niż w teorii wysokiej złożoności i ewolucji. Oznacza mianowicie taki stan, w którym wszystkie zmienne ujęte w modelu ekonomicznym (inwestycje netto, kapitał i praca) mają identyczne stopy wzrostu. Takie pojmowanie wzrostu jest czymś innym niż zrównoważony rozwój miast, regionów, przestrzennego zagospodarowania kraju.

2. Atraktory

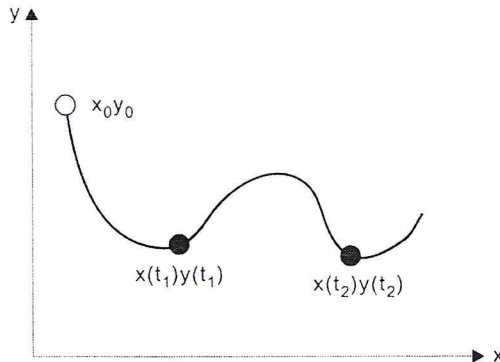
Jak można sobie radzić, przynajmniej w pewnym zakresie, z nielinowością i wysoką złożonością? Chciałbym przedstawić jeden z kierunków myśli o rozwoju zrównoważonym w długim okresie, mianowicie kierunku metodologicznym. Jest on proponowany przez teorię systemów wysoko zorganizowanych (wielkich systemów) i współczesną teorię ewolucji. Rozpocznię od tego, co oferują matematycy. Nie będzie to jednak wywód matematyczny.

Zaczerpnę tylko jedną ideę dynamiki systemów nieliniowych, którą następnie będę analizował w sposób werbalny, mianowicie ideę atraktora.

Systemy nieliniowe są opisywane i analizowane za pomocą równań różniczkowych (lub różnicowych). Układy tych równań wyrażają zmienność systemów w czasie, służą więc badaniu ich dynamiki (Frenken 2006). Rozwiązania układu równań różniczkowych w kolejnych chwilach są wartościami zmiennych zależnych i niezależnych, wyznaczającymi trajektorię systemu, jego drogę rozwoju.

W konstruowaniu modeli dbamy o to, aby opisywały one zasadnicze cechy dynamicznego zachowania i wskazywały formy wyrażające to zachowanie (a w modelach operacyjnych także procedury obliczeniowe). Wskazane jest rozpoczynanie budowy modeli od znalezienia prostego układu równań różniczkowych, który ma numerycznie stabilne rozwiązania. Rozwiązanie takie można często przedstawić graficznie w dwuwymiarowej przestrzeni fazowej (ryc. 1).

W badaniu dynamicznego zachowania prostego układu równań, który można przedstawić w przestrzeni dwuwymiarowej, pierwszym krokiem jest określenie punktu równowagi, nazywanego też punktem stałym. Dalszym krokiem jest określenie stabilności położenia tego punktu. Punkt równowagi nazywa się stabilnym, jeśli zmienne układu, które ten punkt wyznaczyły (trajektoria) z biegiem czasu nie oddalają się od niego lub oddalają się na dopuszczalną odległość, po czym mogą powracać do położenia pierwotnego. Gdy jednak od-



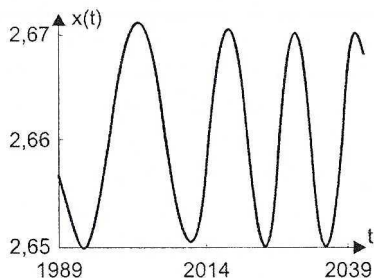
Ryc. 1. Graficzna prezentacja rozwiązania równań różniczkowych w dwuwymiarowej przestrzeni fazowej.

Krzywa przedstawia wyniki rozwiązań równań różniczkowych w kolejnych chwilach.

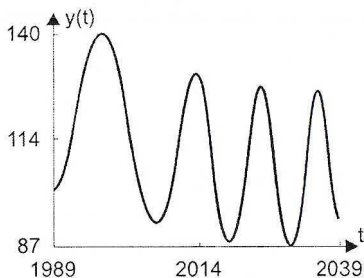
Początkowe wartości zmiennych oznaczono przez x_0, y_0 , a stan układu w kolejnych chwilach przez t

Źródło: Opracowanie własne (ryc. 1, 2, 6, 7).

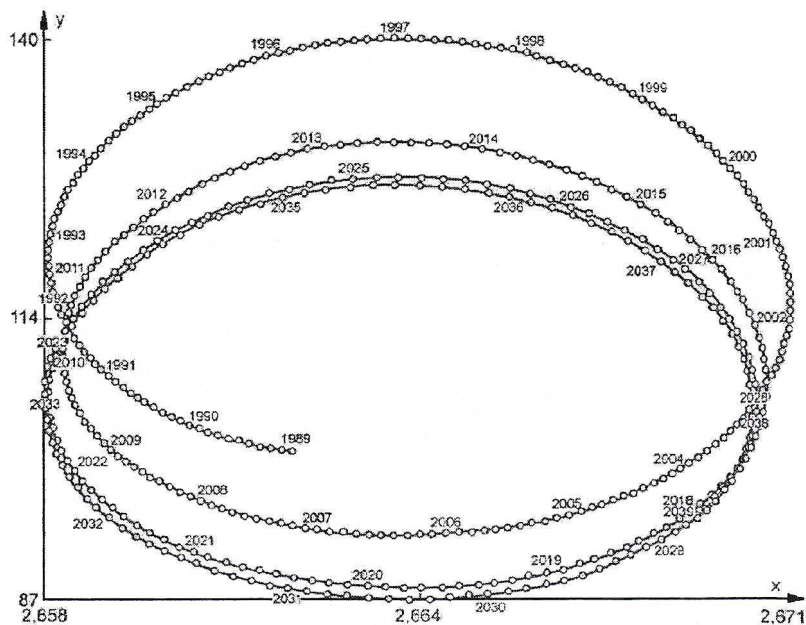
dalenie przekracza dopuszczalną odległość, układ traci cechę stabilności, staje się układem niestabilnym. W systemach o wysokiej złożoności niestabilność przejawia się bardzo często i ma istotne znaczenie w ich ewolucji.



A. Wahania $x(t)$ jako funkcja czasu



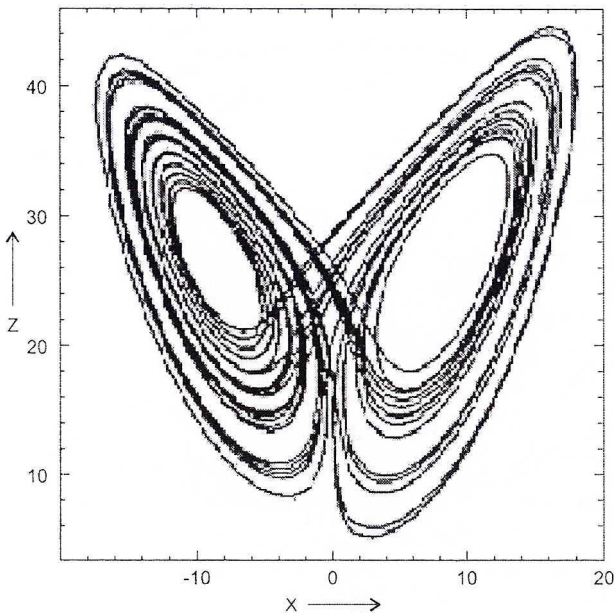
B. Wahania $y(t)$ jako funkcja czasu



Ryc. 2. Wahania okresowe i trajektorie w postaci cyklu granicznego. Zmienna $x(t)$ oznacza udział woj. lubelskiego w zaludnieniu kraju jako funkcję czasu, zmienna $y(t)$ – sprzedaż detaliczną towarów na 1 mieszkańca jako funkcję czasu. Przebieg trajektorii uzyskano z rozwiązań równań różniczkowych. (1989-2039 lata okresu symulacji)

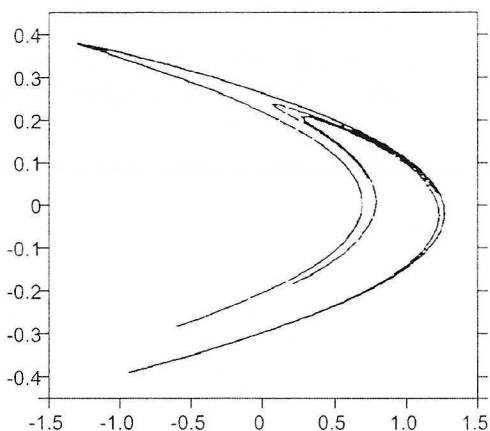
Właściwość punktu równowagi (stałego) powodująca przyciąganie trajektorii układu sprawiła, że został on nazwany atraktorem. Punkt taki nie jest jedynym typem atraktora występującym w systemach o wysokiej złożoności. Drugim typem są cykle graniczne (ryc. 2) występujące wtedy, gdy w dynamice systemów występują wahania okresowe (periodyczne). W ostatnich latach w dyscyplinach naukowych korzystających z metod matematycznych wzrosło zainteresowanie trzecim rodzajem atraktorów, mianowicie atraktorami dziwnymi. Pojawiają się one wtedy, gdy systemy wykazują zachowania chaotyczne. Chaos ma w języku potocznym wydźwięk negatywny, ale w teorii rozwoju i ewolucji odgrywa pozytywną rolę operacyjną przez to, że stwarza nowe przestrzenie możliwości, wymusza zachowania adaptacyjne i jest impulsem pobudzającym samoorganizację systemów oraz ich nowych struktur i funkcji.

W literaturze ekonomicznej i geograficznej zdarzają się niejasności co do znaczenia terminu *chaos*. Autorzy nie zawsze rozgraniczają z dostateczną precyzją dwojakie znaczenie tego terminu. W matematyce chaos jest jedną z właściwości nieliniowego modelu dynamicznego, która pojawia się wtedy, gdy model spełnia określone warunki dotyczące stanu początkowego i kry-



Ryc. 3. Projektcja atraktora Lorenza

Źródło: Lorenz (1963), s. 130-141, według Nijkampa i Reggiani (1992), s. 158.



Ryc. 4. Atraktor Hénona

Źródło: Hénon (1976), s. 73, według Nijkampa i Reggiani (1992), s. 156.

tycznych wartości parametrów. Tak rozumianego chaosu nie można utożsamiać z gwałtownymi zakłóceniami w przebiegu zjawisk w świecie realnym, których nie można, przynajmniej na razie, wyjaśnić przyczynowo.

Druga niejasność w posługiwaniu się terminem „chaos” wynika z niezbyt precyzyjnego rozgraniczania twierdzeń teorii chaosu i modeli, które buduje się na ich podstawie. Otóż z tego, że modele opierają się na twierdzeniach teorii chaosu nie wynika, że chaos rzeczywiście musi wystąpić. Możemy tylko spodziewać się, że w modelach pojawią się nieregularne zachowania dynamiczne, natomiast chaos, jak wspomniano, wystąpi wtedy, gdy wartości zmiennych stanu początkowego i krytycznych parametrów znajdują się w określonym przedziale.

Dziwny atraktor można określić w uproszczeniu jako minimalną podprzestrzeń fazową równania lub część większej przestrzeni fazowej, przyciągającą trajektorię z sąsiedniego otoczenia (basenu, regionu). Właściwością, która czyni atraktor dziwnym jest jego wrażliwość na warunki początkowe oraz krytyczne wartości parametrów. Sprawia ona, że mimo kurczenia się zwoju atraktora, długości nie kurczą się we wszystkich kierunkach, w konsekwencji punkty, które są początkowo dowolnie blisko oddalają się od siebie wykładniczo w dość długim czasie (Nijkamp, Reggiani 1998, rozdz. 2.2). Wskutek tego atraktor przybiera dziwne kształty (ryc. 3). Rozważania przejawów porządku w chaosie i przewidywalności rozwoju nieliniowych systemów dynamicznych powinna poprzedzać identyfikacja atraktorów i ich wła-

ściwości. Identyfikacja atraktorów umożliwia wykonywanie eksperymentów prognostycznych przynajmniej krótkookresowych. Praktyczne próby prognozowania rozpoczyna się zwykle od analizy atraktorów zidentyfikowanych przez Lorenza (ryc. 3) i Hénona (ryc. 4).

Atraktor Hénona jest bardziej pogładowy, dlatego nasze rozważania rozpoczynamy od niego. Hénon odkrył dziwny atraktor w dwuwymiarowym kwadratowym odwzorowaniu. Zidentyfikował go jako wolumen przepływów o złożonej strukturze zmniejszającej się wykładniczo z upływem czasu. Wewnątrz atraktora trajektorie błędzą w sposób nieobliczalny. Ruchy te są bardzo wrażliwe na warunki początkowe.

Hénon wychodzi od następującego układu równań różnicowych opisujących dynamiczny system fizyczny, chemiczny lub biologiczny z dwiema zmiennymi x oraz y :

$$x(t+1) = y(t) + 1 - ax^2(t)$$

$$y(t+1) = bx(t)$$

gdzie: a oraz b są parametrami.

Przyjmując $x(0)$, $y(0)$ i wybierając konkretne wartości dla a oraz b ($a = 1,4$; $b = 0,3$), zdołał określić atraktor składający się z pewnej liczby mniej lub więcej równoległych krzywych (ryc. 4).

Identyfikacja atraktorów i ich właściwości jest trudnym zagadnieniem matematycznym. Trudności wynikają z nieliniowości układów równań opisujących zachowania systemów dynamicznych. Dla takich systemów trudno jest wyprowadzić analitycznie właściwości układów równowagi. Trzeba się wtedy uciekać do eksperymentów symulacyjnych, które przybliżają strukturalne układy zachowań.

Interesujące eksperymenty z zakresu regionalistyki i geografii ekonomicznej wykonali Nijkamp i Reggiani (1998, rozdz. 6). Należą do nich m.in. eksperymenty dotyczące systemów sieciowych rozumianych jako złożone systemy czasowo-przestrzenne powstające w celu powiększenia korzyści dla wszystkich uczestników sieci dzięki efektom synergii.

Niżej przedstawiono wynik jednego z eksperymentów Nijkampa i Reggiani (1998, s. 167-175). Dotyczy on identyfikacji atraktora w modelu systemu dynamicznego o następującej strukturze:

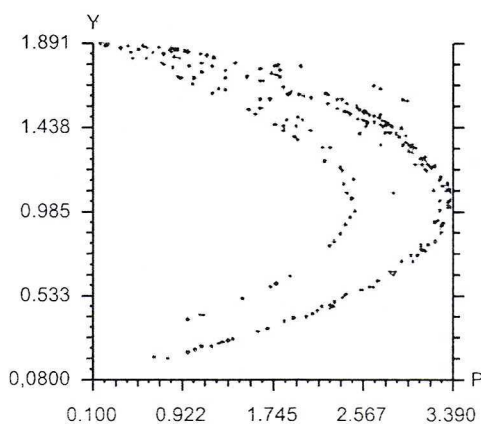
$$F_{t+1} = F_t(a - bF_t - cP_t + gY_t)$$

$$P_{t+1} = P_t d - lP_t + fF_t - hY_t$$

$$Y_{t+1} = mF_t + nP_t$$

Małe litery oznaczają parametry zmiennych niezależnych. Zmiennymi niezależnymi w funkcji produkcji Y_{t+1} są: zdolność produkcyjna P_t oraz pozostałe czynniki efektywności sieci F_t . Zakłada się, że zdolność produkcyjna P wzrasta według stopy wzrostu logistycznego. Pomiędzy zdolnością produkcyjną P_{t+1} oraz F_{t+1} zachodzi relacja typu drapieżca-ofiara, co wynika z odpowiednich równań. Zdolność produkcyjna P może być rozumiana jako drapieżca, zaś pozostałe czynniki F jako ofiara. Oznacza to, że zdolność produkcyjna P wzrasta wraz z pozostałymi czynnikami efektywności sieci F , ale pozostałe czynniki efektywności sieci F maleją, gdy zdolność produkcyjna P rośnie. Relacja typu drapieżca-ofiara zawiera efekt symbiozy drapieżców. Symbioza sprawia, że w funkcji produkcji Y wzrost jednego czynnika zwiększa dostępność drugiego czynnika (nie ma konkurencji). W końcowej fazie eksperymentu autorzy uzyskali wynik zbliżony do atraktora Hénona (ryc. 5).

Charakterystyczną cechą układu nieliniowego jest występowanie atraktorów współistniejących (Kapitaniak 2006, s. 9-11). Układ tego rodzaju, zależnie od warunków początkowych i przy danych wartościach parametrów może dążyć do różnych atraktorów. Takie zachowanie układu nazywa się multistabilnością. Aby je zrozumieć i opisać, trzeba określić baseny (regiony) przyciągania dla każdego atraktora współistniejącego.



Ryc. 5. Relacja, typu Hénona, między Y oraz P wyłaniająca się z dynamiki modelu drapieżca-ofiara

Źródło: Nijkamp, Reggiani (1998), s. 188.

Jeśli ewolucja układu dynamicznego jest zdominowana przez jeden z atraktorów, który następnie ulega rozpadowi, wytwarza się sytuacja nieoznaczoności dynamicznej. Wtedy nie można przewidzieć, do którego z pozostałych atraktorów będzie się zbliżać trajektoria układu. Rozpad jednego atraktora przy istnieniu co najmniej dwóch innych nazywa się bifurkacją wielokrotną.

W dowolnym otoczeniu jednego atraktora mogą występować punkty należące do basenu drugiego atraktora. Występowanie takich punktów nie jest obojętne. Znaczą one podziurawienie basenu pierwszego przez basen drugi. Podziurawione baseny rozszerzają możliwości występowania niepewności dynamicznej. W takich warunkach może dochodzić, nawet pod wpływem małego zaburzenia zewnętrznego, do przełączenia atraktorów i zmian trajektorii. Matematycy i fizycy nie poddają się pesymizmowi co do możliwości przewidywania ewolucji systemów wykazujących zachowania chaotyczne. Swoją optyzmizm opierają na spostrzeżeniu, że trajektorie układu pewnego rodzaju, mianowicie układu dysypatywnego, który podlega tarcia, opisujące ewolucję tego układu zbliżają się asymptotycznie do pewnego niezmienniczego zbioru, tj. dziwnego atraktora przejawiającego ukryty w chaosie porządek (Macek 2006, s. 16-17).

3. Atraktory w procesie długiego trwania. Historyczne badania ewolucji krajobrazu

Zagadnienie atraktorów nie jest jeszcze dobrze opanowane nawet na gruncie matematyki i fizyki, zwłaszcza na poziomie operacyjnym. Ze zrozumiałych względów pojęcie atraktora nie może być stosowane w naukach ekonomicznych i geograficznych jako wyrażenie matematyczne lub fizyczne. Jednak już od końca XIX w. dokonuje się przepływ do nauk społecznych idei leżących u podstaw nauk ścisłych i przyrodniczych. W geografii ekonomicznej i gospodarce przestrzennej od końca lat 20. ubiegłego wieku operuje się np. równaniem grawitacji. Od lat 70. ubiegłego wieku zaczęło się przyswajanie, za pośrednictwem biologii, skomplikowanych modeli dynamicznych Volterra-Lotka. Pojęcie atraktora należy do najnowszych inspiracji przyjętych z zainteresowaniem przez geografów ekonomicznych i ekonomistów przestrzennych. Ze względu na trudności operacyjne związane z jego zastosowaniem, na razie owocne mogą być próby wykorzystania ogólnej definicji atraktora i określania jego konotacji, tj. treści przekazywanych przez ten wyraz, nie należących do definicji, lecz wynikających z wiedzy i doświadczenia zakumulowanego w geografii ekonomicznej i gospodarce przestrzennej.

Garnsey i McGlade (2006, rozdz. 3.1) proponują, w odniesieniu do systemów społeczno-ekonomicznych, formułę, którą zwięźle można przedstawić następująco. Atraktory są zbiorami zachowań, które są wewnętrznie zorganizowane i spoiste, a jednocześnie wykazują podatność na nagłe zmiany (Garnsey, McGlade 2006, rozdz. 1 i 4). Są one uwarunkowane przez konstelacje siły, wiedzy i przestrzeni, które określają porządek przestrzenno-czasowy. Odmienne niż systemy konwencjonalne, których trajektorie zbiegają się w punktach lub są cyklami granicznymi, atraktory nie określają punktów końcowych trajektorii systemów. Są one jednostkami, które rozwijają swoją strukturę, organizują się i mają zdolność do nagłych zmian. Właściwe więc jest ich pojmowanie jako atraktorów strukturalnych.

W innej pracy McGlade (2006, rozdz. 4) wykonał empiryczne badania ewolucji krajobrazu. Są to badania historyczne należące do nurtu *longue durée*. Ich terenem jest region Empordà w północno-zachodniej Hiszpanii. Autor odchodzi od schematu historii rozumianej jako sekwencja oddzielnych zdarzeń stanowiących elementy chronologii oraz służących konstruowaniu narracji i opisowi stopniowego rozwoju (gradualizm). Nie dąży też do opisywania roli, jaką w historii odegrały wybitne jednostki (władcy, dowódcy, odkrywcy). Nawiązuje do idei radykalnej zmiany historii rozpowszechniającej się w środowisku historyków od końca XIX w. Zwolennicy radykalnej zmiany historii, zamiast ustalenia chronologii wydarzeń, przebiegu rozwoju i opisywania roli wybitnych jednostek, proponują badanie powiązań i interakcji między materialnymi, społecznymi i umysłowymi czynnikami kształtującymi rozwój społeczeństw. Nie zrywają jednak całkowicie z chronologią kulturową, gdyż większość prac, na których się opierają ma taki właśnie charakter. Kto więc chce posuwać badania naprzód, musi zaczynać od istniejącego dorobku historycznego, a w dodatku uwzględniać wielorakość punktów widzenia na przeszłość (pluralizm narracji).

McGlade stawia sobie za cel zbadanie, w jakim zakresie strukturalizacja przestrzeni społecznej regionu Empordà, w perspektywie długookresowej, może być wyjaśniona przez istniejącą chronologię kulturową, która opiera się na identyfikacji serii zmian technologicznych dokonujących się w miarę rozwoju materialnej kultury społeczeństwa, ale także – przez procesy, których synonimem jest wzrastająca złożoność społeczno-polityczna. Dla osiągnięcia tego celu przedstawia krajobraz w specyficznej perspektywie ewolucyjnej, umieszczając swoje rozważania w szerszym kontekście obejmującym formowanie się porządku, chaosu i strukturalnej stabilności. Przeprowadzony wy-

wód zmierza do udowodnienia, że przez skonstruowanie trajektorii opartej na pojęciach i metodach zaczerpniętych z dyskursu na temat systemów o wysokiej złożoności, będzie możliwe stworzenie alternatywnych ram ujmujących nieliniową dynamikę, która jest uwikłana w pojawianiu się nowych struktur i długookresowych przekształceniach krajobrazu społecznego.

Procedura badawcza, którą autor zastosował w odtwarzaniu ewolucyjnej struktury systemów społecznych w regionie Empordà jest dość skomplikowana. Posługując się w tym miejscu jego badaniem jedynie dla celów poglądowych wybieramy z tej procedury tylko najważniejsze kroki. Po pierwsze, założenie wyjściowe pozostaje w opozycji wobec schematu stopniowego rozwoju i dominacji chronometrycznego porządkowania zdarzeń, które stworzyły wiedzę wcześniejszą o regionie. Po wtóre, rdzeniem proponowanej, nowej strukturalizacji mającej na celu alternatywne odczytywanie drogi rozwoju w długim okresie jest pojęcie ekohistorycznego reżimu (ustroju). Autor dowodzi, że długookresowa historia badanego krajobrazu jest naznaczona i rozgraniczona serią odmiennych ekodynamicznych piętn, znamion, które nazywa ekohistorycznymi reżimami. Rozumie przez to biofizyczne, materialne, kulturowe i społeczne przejawy specyficznych społecznych i politycznych form organizacyjnych. Stanowią one koewolucyjną konstelację czynników społecznych, ekonomicznych i środowiskowych, które określają specyficzne baseny przyciągania w krajobrazie społeczno-przyrodniczym. Jednak w przeciwieństwie do atraktorów punktowych i cykli granicznych, do których dążą konwencjonalne systemy dynamiczne, reżimy ekohistoryczne nie wyznaczają długookresowego zachowania lub końcowego punktu trajektorii systemu. Są one raczej jednostkami samoorganizującymi z właściwością nagłego wyłaniania nowych struktur. Stosowne jest więc ich rozumienie jako atraktory strukturalne.

Ekohistoryczne reżimy są więc systemami porządkującymi zdarzenia albo planami zmaterializowanymi w regionie, w których samowzmacniające relacje łączą wiedzę, produkcję, zasoby i specyficzne stosunki produkcji. Przedstawiają okresowe umiejscowienie społeczno-przyrodnicze spójności określonej przez dominujący zbiór wartości i często pojawiają się jako systemy ideologiczne.

Tak jak w przypadku innych wysoko zorganizowanych systemów, granice między reżimami ekohistorycznymi są ruchome, przenikalne bez bezwzględno wymiaru czasowo-przestrzennego. Występowanie nieliniowości w relacjach społeczno-przyrodniczych tworzy system, który jest w pewien

sposób metastabilny. Oznacza to, że w powiązaniu z wieloma systemami fizycznymi i ekologicznymi, trajektoria społeczna przemieszcza się między wielością możliwych stanów przyciągania. Jest to przyczyną pojawiania się nagłych zmian w zachowaniach podmiotów i nowych atraktorów. Nowe atraktory strukturalne rozwijają się, gdy system ulega bifurkacji i restrukturyzacji, wywołując zasadnicze zmiany w stosunkach sił.

Podsumowując, atraktory strukturalne lub reżimy ekohistoryczne przedstawiają konstelacje siły, wiedzy i przestrzenności, które określają porządek czasowo-przestrzenny. Ponadto, określają złożone układy czasowych rozciągłości, od powolnych procesów biogeofizycznych do corocznych lub wieloletnich rytmów właściwych systemom ekologicznym i biologicznym. Na tę zawiłą sieć czasową nakładają się czasowe rozciągłości niższego rzędu wynikające z codziennych prac domowych, biologicznej reprodukcji ludności, podejmowanych decyzji i procesów poznawczych.

Rozwijając to rozumowanie, autor doszedł do ustalenia pięciu reżimów ekohistorycznych w ponadpięciotysiącletniej historii regionu Empordà (tab. 4).

Nasuwa się pytanie, jakie jest uzasadnienie czasowo-przestrzennych granic wyznaczonych w celu przedstawienia kolejnych etapów ekodynamicznego rozwoju społeczeństw? Przede wszystkim należy stwierdzić, że każdy reżim ekohistoryczny rozpoczyna się od wystąpienia bifurkacji w biofizycznych, społecznych i politycznych wymiarach tworzących poszczególne atraktory, w którym osadzony jest system społeczny. Trzeba przy tym zadać drugie pytanie: jak wyznaczony nową metodą schemat ma się do istniejącej chronologii historycznej? Otóż, w przeciwieństwie do konwencjonalnej chronologii

Tabela 4

Atraktory strukturalne (ekohistoryczne reżimy)
i ich relacje z konwencjonalną chronologią archeologiczną

Atraktory strukturalne	Chronologia konwencjonalna
Pierwszy reżim ekohistoryczny	Neolit – późny brąz: ok. 5000 p.n.e.-1100 p.n.e.
Drugi reżim ekohistoryczny	Późny brąz – wczesna epoka żelaza: ok. 1100 p.n.e.-650 p.n.e.
Trzeci reżim ekohistoryczny	Wczesna epoka żelaza – epoka późnoiberijska: ok. 650 p.n.e.- 200 p.n.e.
Czwarty reżim ekohistoryczny	Epoka późnoiberijska – epoka późnoromańska: ok. 200 p.n.e.- 470 n.e.
Piąty reżim ekohistoryczny	Epoka późnoromańska – późna starożytność: ok. 470 n.e.-700 n.e.

Źródło: McGlade (2006), s. 91.

historycznej, która dzieli długi okres na krótsze okresy, w których występują zmiany technologiczne i związane z nimi zmiany społeczne, przejście od jednego reżimu ekohistorycznego do następnego nie jest związane ze zmianami kultury materialnej. Autor omawianej pracy poszukuje raczej nagłych zmian w strukturalnej spójności systemów społecznych napędzanych przez przesunięcia w stosunkach władzy i społecznych stosunkach produkcji. Zmierza do ustalenia punktów bifurkacji w trajektorii społecznej, tj. momentów, w których panujący porządek lub zakorzeniona tradycja ulega przekształceniu w wyniku wewnętrznych zmian ideologicznych lub działania dynamiki koewolucyjnej. Przekształcenia pojawiają się jako radykalne zmiany organizacji społecznej oraz sposobów i stosunków produkcji lub też jako przesunięcia w symbolicznym porządku dokonujące się pod wpływem rewizji horyzontu poznawczego, w którym system społeczny jest usytuowany. Mogą też być wynikiem dyfuzji nowych idei i wymiany handlowej albo włączenia regionów do innego systemu społecznego i gospodarczego o wyższym prestiżu. Ewolucja jest sekwencją takich przekształceń, których pojawianie się nie jest wprawdzie określone jednoznacznie (jest niepewne), ale zawsze zależy od wcześniejszej drogi rozwoju.

Na wyróżnione reżimy ekohistoryczne i koewolucyjną dynamikę określającą ich rozwój trzeba jeszcze spojrzeć z punktu widzenia zgodności z głównym kryterium istnienia systemów o wysokiej złożoności. Kryterium tym jest podtrzymywanie strukturalnej stabilności systemów możliwe dzięki ich dwóm właściwościom: odporności i wielorakości (skomplikowania) powiązań. Trwałość systemów społeczno-ekonomicznych w długim okresie jest funkcją posiadanej przez nie odporności w sensie zdolności do absorbowania zmian i perturbacji bez doznawania wielkich zmian strukturalnych lub upadku. Co do wielorakości (skomplikowania) powiązań to można zauważyć, że im jest ona większa tym mniejsze jest prawdopodobieństwo stabilności systemu. I na odwrót, jeśli system jest luźno powiązany, jego spójność może być łatwo zniszczona, może on podzielić się na części, co oznaczałoby redukcję odporności. Badania regionu Empordà wykazały, że w wielu przypadkach utrata odporności powodowała popadnięcie dominującego systemu społeczno-ekonomicznego w stan niepewności i rosnącej niestabilności, a w konsekwencji przejście do basenu kolejnego atraktora. Widać w tym zasadniczą różnicę między dwoma modelami postrzegania rzeczywistości: zwróconym ku równowadze i metastabilności. Model równowagi uwypukla nie tylko stałość w czasie, ale także jednorodność przestrzeni i prostą, szeregową przyczynowość. W modelu tym niestabilność traktowana jest jako coś niepożądane-

go, co należy kontrolować lub czemu należy przeciwdziałać. W przeciwieństwie do tego postrzegania, ujęcie metastabilne uwypukla istnienie więcej niż jednego stanu stabilnego. W niestabilności dostrzega się nie patologię, lecz warunek podtrzymywania stabilności. Jest on spełniany przez różnorodność podmiotów i działań, zróżnicowanie przestrzenne i nieliniową przyczynowość. Właściwość metastabilności jest kluczem do zrozumienia funkcjonowania i trwałości wszystkich systemów społeczno-ekonomicznych.

4. Antecedencje

Złożoność procesów zachodzących w przestrzeni geograficznej była zawsze uwypuklana w literaturze z zakresu gospodarki przestrzennej i geografii ekonomicznej. Nie zawsze jednak opisywano i wyjaśniano stopień tej złożoności. W rozważaniach zarówno historycznych, jak i prognostycznych przyjmowano założenie, że istnieje wzajemne oddziaływanie między dynamiką sektorową i regionalną w gospodarce oraz między gospodarką a środowiskiem przyrodniczym. Uwzględniano także zależność teraźniejszości i przyszłości od drogi rozwoju w przeszłości oraz wpływ czynników demograficznych, społecznych i kulturowych na zagospodarowanie przestrzenne i rozwój regionalny.

Były to jednak rozważania wizyjne o niskim stopniu dowodności i sprawdzalności. Ich wartość zależała głównie od kompetencji naukowych i doświadczeń praktycznych autorów. Szczęśliwą okolicznością było to, że II wojnę światową przeżyła grupa młodych naukowców, którzy podjęli pracę w zakresie planowania przestrzennego, a gdy to przestało okresowo istnieć, przeszli do pracy naukowej w pokrewnych dziedzinach w wyższych uczelniach i w Polskiej Akademii Nauk. Gdy w drugiej połowie lat 50. pojawiła się możliwość odnowienia i nawiązywania kontaktów naukowych z zagranicą, wykorzystali ją dla zaktualizowania naszej wiedzy z wiedzą światową. Dzięki tym okolicznościom powstawały wartościowe prace na coraz wyższym poziomie. Wysunięta w latach 70. koncepcja wielośrodkowej, umiarkowanej koncentracji ludności i gospodarki jest dziś powszechnie uznawaną koncepcją planowania przestrzennego w Unii Europejskiej.

Istnieje jednak nadal potrzeba wzmocnienia teoretycznych podstaw gospodarki przestrzennej i geografii ekonomicznej, weryfikacji wielu hipotez oraz operacjonalizacji modeli i metod badania, przewidywania i poszukiwania rozwiązań optymalnych lub zadowalających (*The World Bank* 2004).

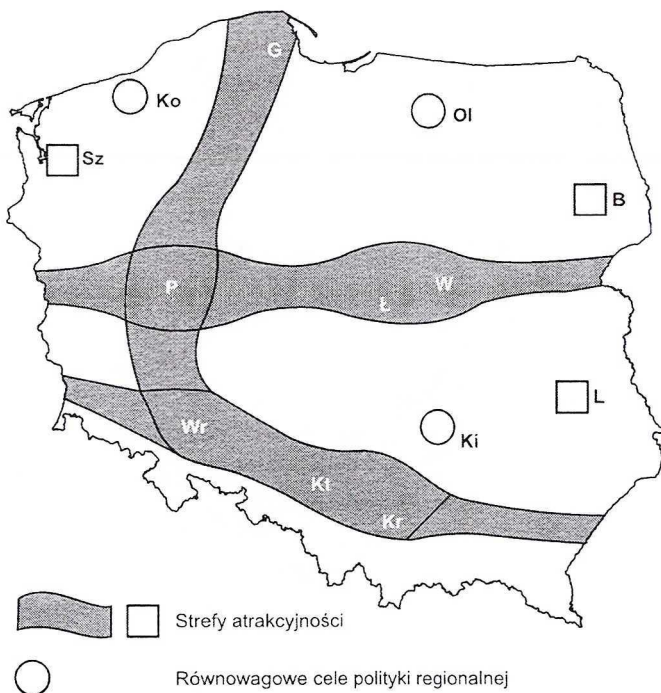
Ostatnio dokonano przeglądu wizji przestrzennego zagospodarowania Polski zaprezentowanych w minionych dziesięcioleciach (Bański 2007). Są one pomysłowymi konstrukcjami geometrycznymi uwzględniającymi układy głównych aglomeracji i powiązań komunikacyjnych oraz autorskie wnioski co do przyszłego rozwoju. Choć różną się one od siebie, brakuje argumentacji, która pozwoliłaby na uzasadnienie różnic oraz ocenę dobroci ich konstrukcji.

Wyraźnie odmienną propozycję przedstawił Domański (1997, rozdz. 23). Autor postawił sobie jako cel ograniczenie zakresu subiektywizmu wizji i zwiększenie rygorystyki naukowego. Przyjął założenie, że wysiłek w tym kierunku opłaca się także wtedy, gdy na tej drodze można robić tylko małe kroki. Podstawą obliczeniową proponowanych scenariuszy rozwoju są dane statystyczne o stanie gospodarczym województw i działających już czynnikach rozwoju. Odmiennosc jego propozycji polega na tym, że uwzględnił ponadto potencjał województw (V) oraz składnik losowy, który obliczył za pomocą prostej techniki Monte Carlo. Autor uważa, że połączenie danych rzeczywistych, potencjału i losowości powinno dać wyniki o zadowalającym stopniu prawdopodobieństwa.

Dane statystyczne wzięte do obliczeń są dwojakiego rodzaju i charakteryzują: 1) stan gospodarki województw i czynników ich rozwoju oraz 2) zasoby ludnościowe i położenie województw w przestrzeni kraju (względem aglomeracji, głównych dróg transportowych i granic państwowych). Pierwszy zbiór danych charakteryzuje dziedziny podatne na zmiany i nadające gospodarce województw dynamikę, drugi – bardziej stabilne determinanty rozwoju. Rozkład czynnika losowego zależy od tych danych i zmienia się wraz z nimi.

Oba zbiory danych uzupełniono następnie o dodatkowy czynnik, mianowicie potencjał (V), obliczony na podstawie liczby pracujących w gospodarce narodowej w układzie wojewódzkim. Potencjał jest miarą, która ma pewne cechy właściwości, mianowicie wiele zjawisk społeczno-gospodarczych wykazuje współzależność z nimi. Dodanie go do innych miar charakteryzujących stan i czynniki rozwoju urealnia przewidywania, sprawia że scenariusze w wielu elementach trzymają się bliżej trwałych podstaw rozwoju. Powstały w ten sposób dwa scenariusze przestrzennego zagospodarowania kraju, każdy w dwóch odmianach. Z obu scenariuszy i ich odmian wyprowadzono jeden uogólniony scenariusz (hipotezę) przestrzennego zagospodarowania kraju (ryc. 6).

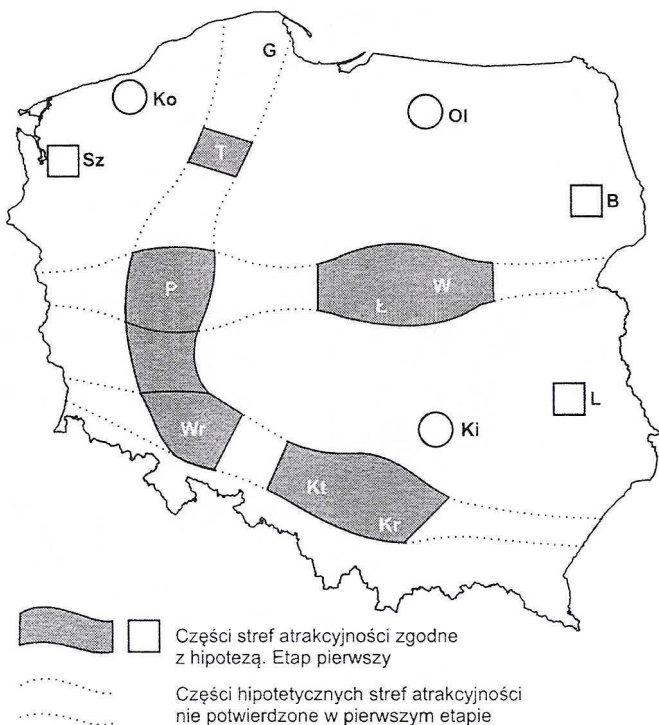
Od czasu opracowania tego scenariusza minęło przeszło 10 lat. Warto więc przypomnieć go ze względu na utrzymującą się wciąż odmiennosc, a ponadto na możliwość oszacowania, w jakim zakresie sprawdził się w tych latach. Rycina 7 ilustruje w sposób przybliżony realizację hipotezy o praw-



Ryc. 6. Uogólniony scenariusz przestrzennego zagospodarowania kraju.
Strefy atrakcyjności i dodatnich względnych przesunięć gospodarki

dopodobieństwie przesunięć przestrzennych. Widać z niej, że dotychczasowy etap realizacji hipotezy potwierdza ją. Jeśli się uwzględni, że jest to etap pierwszy, zrozumiałe jest, że strefy atrakcyjności i dodatnich względnych przesunięć nie wypełniły jeszcze w całości stref hipotetycznych (zaciemnionych). Są jednak z nimi zgodne i można przypuszczać, że w drugim etapie stopień wypełnienia będzie większy i również zgodny z hipotezą.

Przedstawiony scenariusz przestrzennego zagospodarowania kraju ujmuje czynniki zarówno dynamizujące, jak i stabilizujące gospodarkę, a także potencjał rozwojowy i składnik losowy. W stosunku do koncepcji atraktora wykazuje pewne podobieństwa, np. zbiór działań (zagregowanych), czynniki podatne na zmiany, uwarunkowania przestrzenne, niewystępowanie punktów końcowych. Pozostają jednak duże różnice, np. brak uwarunkowania działań przez konstelację siły i wiedzy oraz takich właściwości systemowych, jak rozwój struktury, samoorganizacja i bifurkacja.



Ryc. 7. Realizacja hipotezy przedstawionej na ryc. 6 w okresie 1993-2004

Dojście do metodologii, którą już opracowano w zakresie nauk o systemach wysoko zorganizowanych i jej przystosowanie do budowania koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju w długim okresie, wymaga nowych badań ukierunkowanych intencjonalnie na ten cel. Jest to zadanie trudne, tym bardziej, że atraktor jako narzędzie osiągania tego celu wymagałby reorientacji od rekonstrukcji reżimów ekohistorycznych do konstrukcji nowej wizji przestrzennego zagospodarowania kraju, ku której trajektorie podmiotów działających zbiegałyby się asymptotycznie, tworząc nowy porządek czasowo-przestrzenny.

Zakończenie

Jest wiele problemów interesujących geografów ekonomicznych i ekonomistów przestrzennych, które wymagają ujmowania w długim okresie. Sposoby radzenia sobie z takimi problemami rozwijają się, ale są jeszcze

niewystarczające. Postęp zaznaczył się w prognozowaniu demograficznym, modelowaniu ekonometrycznym i budowaniu długookresowych scenariuszy rozwoju miast, regionów, kraju. Opanowano na poziomie operacyjnym budowę modeli dynamicznych z punktem osobliwym lub punktem równowagi typu węzeł i typu ognisko przyciągającymi lub odpychającymi trajektorie systemu. Zmienne modelu przedstawione na wykresie jako funkcje czasu mają różny przebieg zależny od typu punktu osobliwego. Gdy punkt ten jest węzłem, zmienne zbliżają się lub oddalają się od punktu równowagi, gdy jest ogniskiem – nawijają się na punkt osobliwy lub rozwijają się z niego. Budowane są także modele dynamiczne, w których obrazie występuje nie punkt osobliwy, lecz krzywa przyciągająca lub odpychająca trajektorię. Krzywą taką nazywa się cyklem granicznym. Zmienne wykreślone jako funkcje czasu mają wtedy przebieg oscylacyjny (bez zmiany amplitud pod wpływem zmiany warunków początkowych).

Problem komplikuje się, gdy system wykazuje zachowania chaotyczne. W nieliniowych systemach dynamicznych występują one bardzo często. Siły przyciągające lub odpychające tkwią wówczas nie w punktach stałych (równowagi) ani w cyklach granicznych. Oprócz atraktorów tych dwóch typów występuje typ trzeci, mianowicie atraktory dziwne. Są one minimalnymi podukładami fazowej przestrzeni równań różniczkowych lub różnicowych opisujących zachowania systemu, które przyciągają trajektorie z sąsiedniego otoczenia (basenu, regionu). Właściwością, która czyni atraktor dziwnym jest jego wrażliwość na warunki początkowe i krytyczne wartości parametrów.

Charakterystyczną cechą układu nieliniowego jest występowanie atraktorów współistniejących (punktów stałych, cykli granicznych, atraktorów dziwnych). Układ tego rodzaju może dążyć do różnych atraktorów. Takie zachowania układu nazywa się multistabilnym. W dowolnym otoczeniu jednego atraktora mogą występować punkty należące do basenu drugiego atraktora. Dochodzi wówczas do „podziurawienia” basenu pierwszego przez drugi basen. Jego konsekwencją jest rozszerzenie zakresu niepewności dynamicznej, utrudniającej i bez tego skomplikowane przewidywanie ewolucji systemu.

Celem prezentowanego opracowania jest wniesienie do dynamiki naukowej na temat zrównoważonego rozwoju systemów w długim okresie nowego elementu, mianowicie pojęcia atraktora. Jest ono tu rozważane w języku niematematycznym. Nie ma bowiem jeszcze w matematyce metod numerycznych w postaci, która mogłaby być wykorzystana w badaniach geograficzno-ekonomicznych i przestrzenno-ekonomicznych. Na razie można

więc rozważać przystosowanie tego pojęcia do empirycznych obszarów badań jako inspirującą ideę. Możliwość takiego przystosowania wykazali historycy prowadzący pracę nad rekonstrukcją krajobrazu Empordà w północno-zachodniej Hiszpanii. Osobiście rozpocząłem próbę wyprowadzenia z tego pojęcia autorskiej koncepcji przestrzennego zagospodarowania kraju na lata 2008-2033. We wcześniejszej książce pt. *Przestrzenna transformacja gospodarki* (Domański 1997) niepewność przebiegu przestrzennego rozwoju Polski starałem się zmniejszyć przez wprowadzenie czynnika losowego obliczonego za pomocą prostej techniki Monte Carlo.

Literatura

- Bański J., 2007, *Koncepcje rozwoju struktury przestrzennej w Polsce – polaryzacja czy równoważenie?* Przegląd Geograficzny, t. 79, z. 1, s. 45-77.
- Dechert W.D., 2001, *Growth Theory, Nonlinear Dynamics and Economic Modelling*. Edward Elgar, Cheltenham.
- Domański R., 1997, *Przestrzenna transformacja gospodarki*. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa.
- Frenken K., 2006, *Innovation, Evolution and Complexity Theory*. Edward Elgar Cheltenham.
- Garnsey E, McGlade J. (red.), 2006, *Complexity and Co-evolution*, E. Elgar, Cheltenham.
- Hénon M.A., 1976, *A Two Dimensional Mapping with Strange Attractor*. Communications in Mathematical Physics, t. 50, s. 69-77.
- Kapitaniak T., 2006, *Niestabilne jak wahadło*. Academia nr 3 (7), s. 9-114.
- Lorenz E. N., 1963, *Deterministic Non-periodic Flow*. Journal of the Atmospheric Sciences, t. 20, nr 2, s. 130-141.
- Macek W., 2006, *Multifraktalny wiatr słoneczny*. Academia nr 3 (7), s. 16-17.
- McGlade J., 2006, *Ecohistorical Regimes and la Langue Durée: an Approach to Mapping Long-term Societal Change*, [w:] *Complexity and Co-evolution*, E. Garnsey, J. McGlade (red.). E. Elgar, Cheltenham.
- Nijkamp P., Reggiani A., 1992, *Interaction, Evolution and Chaos in Space*. Springer-Verlag, Berlin.
- Nijkamp. P., Reggiani A., 1998, *The Economics of Complex Spatial Systems*. North-Holland, Elsevier, Amsterdam.
- Projekt Narodowego Planu Rozwoju 2007-2013*, wrzesień 2005, Warszawa.
- Responsible Growth for the New Millennium. Integrating Society, Ecology and the Economy*, 2004, The World Bank, Washington, D. C.
- Wstępny Projekt Narodowego Planu Rozwoju 2007-2013*, styczeń 2005, Warszawa.